

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«__» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ

«ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН І АВІАДВИГУНІВ»

**Тема: Дослідження трибомеханічних характеристик авіаційних пластичних
матеріалів**

Виконав: _____ **С.В. Терещенко**

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

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

охорона праці: канд. техн. наук, доц. _____ **О.М. Гунченко**

охорона навколишнього середовища:
канд. техн. наук, доц. _____ **Є.О. Бовсуновський**

Нормоконтролер _____

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет (заочна форма навчання)

Кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

канд. техн. наук, доц.

_____ О.В. Попов

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

ТЕРЕЩЕНКО СЕРГІЯ ВІТАЛІЙОВИЧА

1. Тема роботи: «Дослідження трибомеханічних характеристик авіаційних пластичних матеріалів» затверджено наказом ректора від 11.10.2021 року № 2197/ст.

2. Строк виконання роботи: з 25.10.2021 р. по 31.12.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: мастильна здатність авіаційних пластичних змазов ЭРА та Shell що використовуються в авіаційній промисловості для змащування конструкційних сталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: аналіз використання пластичних змазок в машинобудівництві; виготовлення та склад базових мастил та мастил спеціального призначення з специфічними властивостями; визначення характеристик авіаційних змазок при терті в нестационарних умовах роботи; аналіз охорони праці та навколишнього середовища при роботі з пластичними змазками.

5. Перелік графічного матеріалу: склад та виробництво мастил та пластичних змазок; використання пластичних змазок в авіації; дослідження властивостей пластичних змазок; визначення товщини мастильної плівки авіаційних змазок.

Графічний (ілюстративний) матеріал виконано з використанням Microsoft Office Excel, Power Point та представлено у вигляді презентацій.

6. Календарний план-графік

Завдання	Строк виконання	Відмітка про виконання
Видача завдання на дипломне магістерське досліджування	25.10.21 – 27.10.21	
Пошук матеріалу до дипломної магістерської роботи	28.10.21 – 30.10.21	
Аналіз технологічного процесу і обладнання виконання роботи	01.11.21 – 09.11.21	
Забезпечення охорони праці при виконання дослідження	10.11.21 – 14.11.21	
Дослідження мастильної дії авіаційних пластичних змазок	15.11.21 – 27.11.21	
Обробка результатів дослідження	28.11.21 – 30.11.21	
Оформлення дипломної магістерської роботи:	01.12.21 – 11.12.21	
Охорона праці та навколишнього середовища	12.12.21 – 14.12.21	
Основні висновки та рекомендації	15.12.21 – 20.12.21	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Канд. техн. наук, доцент Гунченко О.М.		
Охорона навколишнього середовища	Канд. техн. наук, доцент Бовсуновський Є.О.		

8. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 2021 року.

Керівник дипломної роботи _____ Мнацаканов Р.Г.

Завдання прийняв до виконання _____ Терещенко С.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Дослідження трибомеханічних характеристик авіаційних пластичних матеріалів»:

103 ст., 18 рис., 16 табл., 32 джерел

Метою роботи є кваліфікаційної роботи є дослідження протизносних властивостей авіаційних пластичних змазок ЭРА та Shell в парі з конструкційними сталями в умовах кочення з просковжуванням.

Об'єктом дослідження є процеси утворення масляної плівки пластичних змазок.

Предметом дослідження є властивості авіаційних пластичних змазок та формування на поверхнях конструкційних матеріалів вторинних структур.

Методи досліджень.

Для вирішення поставлених задач використовувались дослідження визначення товщини мастильного шару мастил та змазок. Застосовувалась методика яка дозволяє визначити характеристики мастил при нестационарних режимах роботи вузлів при коченні з просковжуванням.

Практичне значення результатів дипломної роботи визначається в використанні характеристик пластичних змазок у лабораторних роботах студентами, та у співвідношенні результатів експерименту до існуючих

АВІАЦІЙНІ ПЛАСТИЧНІ ЗМАЗКИ ЭРА та SHELL AERO GREASE 33, ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОЇ ПЛІВКИ, НЕСТАЦІОНАРНІ УМОВИ РОБОТИ, КОЧЕННЯ З ПРОСКОВЖУВАННЯМ, ПУСК-ЗУПИНКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ	
1.1 Тертя та його аспекти	11
1.2 Мастильні матеріали	15
1.3 Характеристики мастильних матеріалів	32
1.4 Пластичні мастильні матеріали	38
1.4.1. Склад, призначення та вимоги до пластичних матеріалів	38
1.4.2. Асортимент пластичних матеріалів	42
Висновки до розділу 1	48
РОЗДІЛ 2. МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ДІЇ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	
2.1 Методи оцінки основних показників та властивостей пластичних матеріалів	49
2.2 Методи визначення товщини змащувального шару в контакті тертя	56
2.3 Вимірювання властивостей пластичних матеріалів	58
Висновки до розділу 2	61
РОЗДІЛ 3. ВЛАСТИВОСТІ МАСТИЛ AERO SHELL GREASE 33 та ЭРА ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ 9ХС і 30ХГСА	
3.1 Постановка проблеми дослідження	62
3.2 Експериментальне дослідження режиму масляного голодування в умовах кочення в локальному контакті	63
3.3 Аналіз закономірностей кінетики зміни товщини мастильного шару в критичних умовах мащення	68
Висновки до розділу 3	72

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1	Небезпечні та шкідливі фактори при обробці статистичних даних на комп'ютерах при дослідженні змащувальної дії	73
4.2	Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих факторів при обробці статистичних даних на комп'ютерах при дослідженні змащувальної дії	74
4.2	Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при обробці статистичних даних на комп'ютерах при дослідженні змащувальної дії	86
	Висновки до розділу 4	89

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1	Аналіз екологічної безпеки експлуатації та ремонті літака	90
5.2	Розрахунок контрольного параметру емісії двигуна Д-30КУ на відповідність емісійним вимогам ІСАО	91
	Висновки до розділу 5	99

	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ З РОБОТИ	100
--	---------------------------	-----

	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
--	----------------------------	-----

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

API	- американський інститут нафти
ВПН	– вимірювальне падіння напруги
ВЧ ПРА	– високочастотні пускорегулюючі апарати
ГСК	– генератор постійного струму
ДСанПіН	– Державно-санітарні правила і норми
ЕОМ	– електронно-обчислювальна машина
ЕПВ	– електронний потенціометр
КГТЗ	– контактно-гідродинамічна теорія змащування
КПО	– коефіцієнт природньої освітленості
МВС	– Міністерство внутрішніх справ
МОЗ	– Міністерство охорони здоров'я
НРБУ	– норми радіаційної безпеки України
НТП	– науково-технічний прогрес
НТР	– нормальний тліючий розряд
ПАР	– поверхнево-активні речовини
ПУЕ	– правила устрою електроустановок
САІ	– авіаційна акумуляторна батарея
СМЦ	– машина тертя
СН	– санітарні норми
СНіП	– санітарні норми і правила
СОП	– самогенеруюча органічна плівка
УЕБ	– управляючий електронний блок

μ	– в'язкість мастила
t°	– температура мастила
P	– тиск
$V_{\text{ков.}}$	– швидкість ковзання
V_{Σ}	– сумарна швидкість кочення
h_0	– товщина змащувального шару в початковий момент
μ_0	– в'язкість мастила при його об'ємній температурі
h_{min}	– мінімальна товщина змащувального шару
h_{max}	– максимальна товщина змащувального шару
λ	– характеристика режиму змащування
$P_{\text{пог.}}$	– погонне навантаження
α	– п'єзокоефіцієнт в'язкості
E'	– приведений модуль пружності
ρ	– приведений радіус кривизни
h	– товщина змащувального шару
M	– момент тертя
E_k	– кинетична енергія
ω_0	– кутова швидкість обертаючих деталей
Δt	– величина часу
F	– площа контакту зразків, які труться
n	– число атомів вуглецю в молекулі
t_p	– температура початку руйнування
Δ	– товщина змащувального шару
λ_0	– довжина молекул рідини
σ_n	– контактна напруга робочих роликів

ВСТУП

Процес технічного переозброєння, що відбувається, в усіх галузях народного господарства України енергонасиченої і високопродуктивною технікою нерозривно зв'язаний з розробкою і застосування нових сортів мастильних матеріалів, що забезпечують надійну і довговічну роботу машин і механізмів.

Однчасне застосування нових сортів масел вимагає вишукування оптимальних режимів їхнього використання. Ці задачі можна, вирішити тільки при оволодінні знаннями по хімії і технології мастильних матеріалів, обліку реальних умов роботи машин і науково обґрунтованому виборі режимів використання мастильних матеріалів.

Великий внесок у розвиток вітчизняної науки по цій галузі внесли праці російських учених Н.И. Черножукова, С.Е. Крейна, К.К. Папок, К.С. Рамайя, Г.В. Виноградова, Б.В. Лосікова, Е.Г. Семенідо і багатьох інших. При їхній участі були створені мастила нових сортів і присадки до них, розроблені нові методи і прилади для оцінки експлуатаційних властивостей олій, вивчений вплив хімічного складу на їхню якість, досліджені процеси окислювання і впливу цих продуктів на роботу двигуна.

Розвиток виробництва нових мастил нерозривно зв'язано з працями по теорії і конструюванню двигунів і машин учених академіків В. Н. Болтонского й Е. А. Чудакова, професорів Д. Н. Вирубова, А. С. Орлина, М. М. Вихерта, И. М. Леніна і др. У зв'язку з різноманіттям моделей двигунів і різних умов експлуатації питання розробки, підбора і використання мастильних матеріалів для забезпечення високої експлуатаційної надійності і довговічності являються досить важливими й одночасно складними. У зв'язку з цим знання питань закономірностей поведження моторних олій у взаємозв'язку з характером роботи і технічним станом двигунів представляє важливу задачу для створення нових перспективних сортів олій.

Найбільш частий вихід із строю деталей, що труться, і найбільші зношення спостерігаються при цілком певних умовах роботи. До таких умов,

насамперед, відносяться неусталені режими роботи, особливо при пусках і зупинках, при зміні температури. Такі неусталені режими роботи і різкі зміни температури характерні для вузлів тертя гелікоптерів, здійснюючи польоти малої тривалості і в різко змінюючих режимах.

Для деталей, що труться, з локальним контактом (зубчаті передачі і підшипники кочення) характерне періодичне прикладання навантаження і температур до кожної ділянки робочої поверхні. При усталеному режимі роботи циклічні зміни, що повторюються є стаціонарними, при неусталеному режимі роботи мають змінну амплітуду і частоту. Тому дослідження в неусталених умовах являє собою дослідження впливу нестаціонарних перемінних напружень і температур на змащувальну дію змащувальних шарів окремих вуглеводневих рідин, які твердіють у навантаженому локальному контакті. Для пластичних змазок подібні дослідження досить планомірно не проводились. Отримані при цьому оцінки пластичних змазок який зберігає свої робочі властивості дозволяє отримувати досить об'єктивні дані про поведінку змащувального матеріалу в таких високовідповідальних і працюючих у широкому діапазоні умов пар тертя, як зубчаті передачі та підшипники шарнирів несучих гвинтів гелікоптерів.

Змазки ЭРА та SHELL AERO GREASE 33 це найбільш розповсюдженні змазки в авіації.

РОЗДІЛ 1

ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Тертя та його аспекти

При роботі різних вузлів і механізмів відбувається взаємне переміщення дотичних поверхонь деталей, при якому виникає тертя. Тертю у свою чергу супроводжує знос деталей. Оскільки сила тертя спрямована по дотичній до поверхні тертьових деталей і убік протилежну рухові, то вона є шкідливою. Від величини сили тертя, на подолання якої затрачається енергія, буде залежати коефіцієнт корисної дії механізму, а від характеру тертя величина зносу поверхонь і термін служби механізму.

У залежності від характеру відносного переміщення деталей розрізняють тертя ковзання, що відноситься до тертя першого роду і тертя катання, що відноситься до тертя другого роду. Розрізняють також статичне тертя, що перешкоджає початкові руху і динамічне тертя – сила, що виникає при русі поверхонь.

Тертя ковзання по наявності і розподілові на тертьових поверхнях мастильного матеріалу може бути:

- сухе – між тертьовими поверхнями відсутнє мастильна речовина;
- рідинне – тертьові поверхні цілком раз ділені шаром мастильної речовини і тертя відбувається не між тертьовими поверхнями, а між частками самі речовини, що змазує;
- граничне – тертьові поверхні розділені найтоншим молекулярним шаром адсорбованих на них мастильних речовин;
- змішане – котре може бути напівсухим, що є перехідним між сухим і граничним тертям і напіврідинним, що є перехідним між рідинним і сухим або рідинним і граничним тертями [1].

Сухе тертя є вкрай небажаним, тому що воно приводить до різкого підвищення зносів тертьових поверхонь, зростанню затрачуваної енергії на

подолання тертя, а високі температури, що розвиваються при цьому викликають задирки поверхонь, виплавку підшипників і т.д.

Сила при сухому терті може бути визначена, виходячи з закону Амонтона-Кулона, по формулі

$$F = f \cdot P \quad (1.1)$$

де f – коефіцієнт тертя, що залежить від матеріалу і якості обробки поверхонь, рівний $0,1 \dots 0,9$;

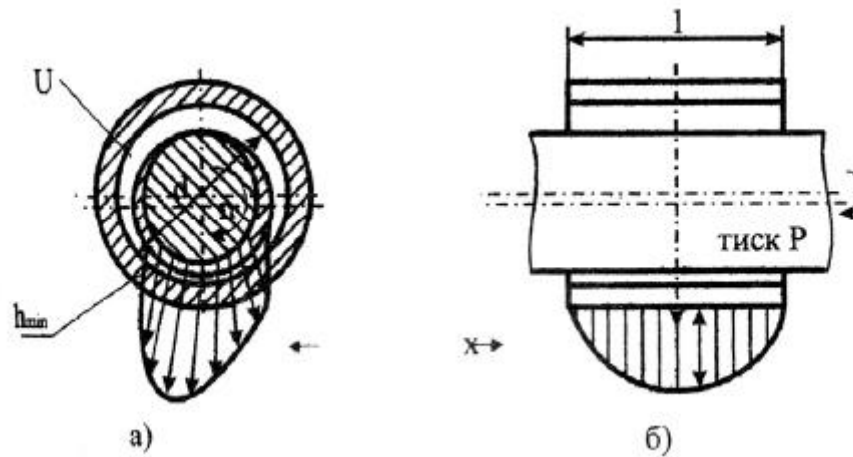
P – навантаження, нормальне до поверхні тертя.

Коефіцієнт тертя – це відношення сили тертя двох тіл до нормальної сили, що притискає ці тіла одне до іншого.

Рідинне тертя на відміну від сухого, при роботі вузла забезпечує різке зменшення зносу і нагрівання деталей, скорочує втрати енергії на тертя, а також підвищує надійність і довговічність у роботі машин і механізмів. Рідинне тертя обумовлюється насамперед в'язкістю мастильної речовини, що знаходиться в зазорі між тертьовими поверхнями.

Проф. Н. П. Петров установив, що поведження мастильної речовини в шарі при взаємному переміщенні робочих поверхонь в умовах рідинного тертя підкоряється законам гідродинаміки.

Розроблена в 1882 р. і потім підтверджена працями вітчизняних учених (Е.Е. Жуковським, С.А. Чаплигіним і ін.) гідродинамічна теорія змащування, з'явилася величезною подією в розвитку техніки і практиці застосовування мастил. Завдяки цій теорії можна визначати умови, що забезпечують рідинне тертя, значення сили тертя, кількість теплоти, що відводиться мастилом, і т.д. Рідинне тертя, відповідно до гідродинамічної теорії, можливо за рахунок несучої здатності масляного шару, що виникає в результаті гідродинамічного тиску в масляному клиновому зазорі (рисунок 1.1).



а – у поперечному перерізі; б – у поздовжньому перетині;
 P – навантаження, X – епюра тисків усередині масляного шару;
 U – область розрядження

Рисунок 1.1 - Розподіл тисків усередині масляного шару підшипника:

При обертанні вала, масло, що знаходиться в зазорі підшипника, захоплюється їм, і в зазорі, що звужується, виникає тиск, під дією якого вал як би спливає. Зі збільшенням швидкості обертання вала, клинова дія масляного шару усе більш підвищується і вал прагне прийняти центрове положення в підшипнику, а мінімальний шар масла (h_{min}) зростає при цьому і тертьові поверхні цілком розділяються мастильним шаром.

Тиск усередині масляного шару залежить від опору витіканню масла, що зв'язано з довжиною шляху його руху по підшипнику, рисунок 1.1 б. Зі збільшенням шляху руху масла по підшипнику його тиск буде вище. У застосовуваних підшипниках машин, тиск усередині масляного шару в 2,5...3,0 рази більше середнього питомого тиску на підшипник. Чим тиск, що вище розвивається, у масляному шарі, тим велике навантаження може витримувати масляний шар без зіткнення тертьових поверхонь.

При однакових товщині масляного шару і відносній швидкості руху тертьових поверхонь, великі тиски, що розвиваються, усередині масляного шару будуть мати місце для масла з більшою в'язкістю.

Необхідний мастильний шар, що розділяє третю поверхню, буде забезпечуватися в тому випадку, коли тиск, що розвивається маслом в масляному шарі, буде вищий питомого навантаження на підшипниках. Отже, при малих швидкостях обертання вала і при невисоких значеннях в'язкості масла умови для забезпечення рідинного тертя не створюються [2].

Граничне тертя. Для забезпечення надійної і довговічної роботи автотракторних двигунів необхідно створювати умови для рідинного тертя. Однак у ряді випадків двигун може короткочасно працювати в несприятливих умовах (різке зростання навантаження, значне зниження частоти обертання колінчастого вала, перегрів двигуна, надмірне зниження в'язкості масла тощо), при яких гідродинамічний шар масла порушується і рідинне тертя переходить у граничне. При граничному терті взаємодіють найтонші шари орієнтованих полярних молекул масла, що утримуються на третю поверхнях. У цьому випадку несуча здатність масла залежить від дії не гідродинамічних, а адсорбційних сил молекул. Тут проявляється нова, відмінна від в'язкості властивість мастила - маслянистість (яку іноді називають його змащувальною здатністю).

Значення коефіцієнтів тертя при різних видах тертя

Ковзання:

- сухе 0,15...0,90
- граничне 0,08...0,15
- рідинне 0,007...0,03

Кочення:

- кулькові підшипники 0,001...0,003
- роликові підшипники 0,002...0,007

Під маслянистістю розуміють властивість мастила, обумовлену наявністю в ньому полярно-активних з'єднань, що дає змогу досить міцно утворювати та утримувати адсорбовані шари орієнтованих молекул на третю поверхнях. Адсорбований шар мастила не ідентичний шарові мастила при рідинному терті і до нього не можуть бути застосовні закони гідродинаміки.

Маслянистість масла не однакова для різних металів і станів тертьових поверхонь, тому що молекули адсорбуються по-різному. Ця обставина обґрунтовує необхідність підбору для умов граничного тертя відповідних тертьових пар по металу, обробці тощо. Товщина шару адсорбованих молекул масла на тертьовій поверхні досить незначна і знаходиться в межах від 0,1 до 1 мкм. Гранична плівка здатна витримувати досить значні навантаження, знижувати опір зрушенню та охороняти тертьові поверхні від сухого тертя.

Значення коефіцієнта граничного тертя знаходиться в межах 0,01...0,1. Маслянистість масла може бути підвищена введенням у нього спеціальних полярно-активних речовин, молекули яких містять групи атомів з явно вираженою полярністю. Для мінеральних масел такими речовинами є масла, сірчасті з'єднання, деякі органічні кислоти тощо.

Напівсухе або напіврідинне тертя, варто вважати перехідним і короткочасним, тому що в основному воно виникає при пуску і зупинці двигуна, при перегріві, не відповідності в'язкості мастила. Щоб зменшити тертя і супутній йому знос, необхідно застосовувати такі масла, молекули яких міцно адсорбуються на тертьових поверхнях.

Тертя кочення. Під тертям кочення розуміють силу, що виникає при перекочуванні одного твердого тіла, що має криволінійну поверхню, по поверхні іншого твердого тіла.

Сила тертя кочення завжди менше сили тертя ковзання, тому для тих вузлів, де це можливо, застосовують підшипники кочення. Це обумовлюється ще і тим, що при виході з ладу, підшипник кочення завжди можна легко замінити на новий, не розбираючи машину.

1.2 Мастильні матеріали

Призначення мастильних матеріалів та пред'явлені до них вимоги

Для забезпечення надійної і довговічної роботи вузла, механізму, двигуна, машини досить важливе значення має якість застосовуваного масла, що призначається для забезпечення наступних основних функцій:

– запобігання або зменшення зношування тертьових по-безпечувати при нормальних умовах роботи рідинне тертя, а на перехідних режимах при граничному терті можливі мінімальні зноси;

– зменшування тертя між сполученими поверхнями, з метою сприяння скороченню непродуктивних втрат енергії, а отже, і підвищенню коефіцієнт корисної дії (ККД). У цьому відношенні масло повинне мати меншу в'язкість, але цілком достатню для забезпечення рідинного тертя. Одночасно з цим масло повинно володіти пологою кривою в'язкості, тобто в меншому ступені змінювати в'язкість із зміною температури, що особливо важливо при пуску двигуна і тим більше при мінусових температурах навколишнього повітря;

– відведення тепла від тертьових сполучень і деталей, що нагріваються, не допускаючи їх перегріву, що сприяє погіршенню умов роботи як деталей, так і мастила;

– захищення робочих поверхонь деталей від корозії, в результаті впливу різних факторів (води, кислотного середовища тощо);

– перешкоджання прориву робочої суміші і продуктів згоряння в картер двигуна, тобто погіршення компресії циліндро-поршневої групи;

– змивання з тертьових поверхонь деталей продуктів зносу та інших забруднень, переводячи їх у зважений стан і потім фільтрування;

– захищення поверхонь деталей від утворення на них смолистоакових відкладень і нагарів, що погіршують тепловіддачу від деталей і інші функції.

Класифікація мастильних матеріалів

Вироблені і застосовувані мастильні матеріали класифікуються на цілий ряд груп, в залежності від ряду ознак, таких як: походження або вихідна сировина для одержання; зовнішній стан; призначення, вихідні умови застосування й ін.

За походженням або вихідною сировиною розрізняють такі мастильні матеріали:

– мінеральні або нафтові, які виробляються шляхом відповідної переробки нафти і є основною групою вироблених мастил (більш 90 %). Вони у свою чергу в залежності від способу одержання класифікуються на дистилятні, залишкові і компаундировані або змішані;

– рослинні і тварини, що мають органічне походження.

Рослинні масла одержують шляхом переробки насіння певних рослин, у числі яких найбільш широке застосування в техніці одержали касторове, гірчичне і ріпакове. Тваринні масла одержують шляхом переробки тваринних жирів, серед яких знаходять застосування такі як: бараняче і яловиче сало, технічний рибацький жир, кісткові і спермацетові масла й ін. Слід зазначити, що органічні масла мають більш високі змащувальні властивості, але мають низьку термічну стійкість у порівнянні з нафтовими маслами. У зв'язку з цим їх застосування обмежене і частіше за все їх використовують у суміші з нафтовими;

- синтетичні, які одержують з різної вихідної сировини різними методами, серед яких: каталітична полімеризація рідких або газоподібних вуглеводнів як нафтової, так і не нафтової сировини; синтез кремнійорганічних з'єднань (полісиліконів), одержання фторвуглеродних - масел і т.д. Синтетичні масла мають задані властивості і застосовуються для цілого ряду високовідповідальних вузлів тертя, але в силу високої вартості їх виробництва, вони мають обмежене застосування.

За зовнішнім станом мастильні матеріали поділяються на:

- рідкі мастила, що у звичайних умовах є рідинами, які володіють плинністю (нафтові і рослинні масла);

- пластичні або консистентні масла, що у звичайних умовах знаходяться в мазеподібному стані (технічний вазелін, солідмасла, консталіни, жири й ін.). У свою чергу пластичні мастила підрозділяються на антифрикційні, консерваційні, ущільнювальні й ін.;

- тверді мастильні матеріали, що не змінюють свого стану навіть під дією ряду факторів (температури, тиску тощо). До них відносяться графіт, слюду,

тальк, які звичайно застосовують у суміші з рідкими або пластичними мастильними матеріалами.

За призначенням мастильні матеріали поділяються на:

- моторні масла, призначені для двигунів внутрішнього згорання, що у свою чергу підрозділяються на масла для карбюраторних, дизельних, авіаційних і ін. двигунів;

- трансмісійні масла, призначені для мастило механізмів трансмісії тракторів, автомобілів, комбайнів, самохідних машин;

- індустриальні масла, призначені для гідравлічних систем різних машин;

- компресорні, приладові, циліндрові, електроізоляційні, вакуумні й ін.

В свою чергу розглянуті масла можуть бути підрозділені на:

- низькотемпературні, які застосовуються як мастило для вузлів при температурних умовах не вище 50...60 °С (приладові, індустриальні масла й ін.);

- середньотемпературні, які застосовуються при температурах 150...200 °С (турбінні, компресорні, циліндрові й ін.);

- високотемпературні, які застосовуються для вузлів, що піддаються впливу температур до 300 °С и більше (головним чином моторні масла).

Базові масла і способи їх отримання

Базові масла в залежності від складу можуть бути нафтовими, синтетичними або напівсинтетичними [3].

Нафтові базові масла – одержують із залишку (мазуту), що утворюється після атмосферної перегонки нафти і видалення з нього бензинових і дизельних фракцій. Цей залишок піддається подальшій переробці, яка включає вакуумну перегонку, очищення, деасфальтизацію, депарафінізацію та інші процеси нафтопереробки:

- вакуумна перегонка дозволяє позбутися високо киплячих компонентів (гудрон) і розділити продукт, що переробляється, на ряд фракцій (дистилятів), які мають різну температуру кипіння, а значить і різну молекулярну масу,

склад і властивості (щільність, в'язкість, індекс в'язкості, температуру спалаху тощо);

– очищення (селективне сернокислотне, гідроочищення, адсорбційне і ін.) проводиться для видалення небажаних компонентів (сірчистих і киснеутримуючих з'єднань, неграничних вуглеводнів тощо), які у процесі роботи масел можуть робити негативний вплив. Зазначені вище методи очищення в залежності від обраної технологічної схеми можуть застосовуватися як самостійно, так і в сполученні з іншими методами.

Нафтові базові масла, отримані за традиційними схемами виробництва та очищення, являють собою складні суміші вуглеводнів (ізопарафінових, нафтопарафінових, нафто-ароматичних, ароматичних різної ступені циклічності) з молекулярною масою 300...750 і утримуючих у складі молекул 20...60 атомів вуглецю, а також гетероорганічних з'єднань (утримуючих кисень, сірку, азот і деякі метали). Ці масла мають індекс в'язкості приблизно 90...100 одиниць.

– деасфальтизація проводиться для видалення з високов'язкого залишку після вакуумної перегонки асфальтенов – високомолекулярних продуктів, що викликають підвищене нагарої лакоутворення при роботі олій. Очищена масляна фракція (деасфальтизат) використовується як компонент базових масел.

– депарафінізація служить для видалення з дистилятів і деасфальтизатів високоплавких парафінов, що підвищують температуру загустіння масел.

Процеси виробництва та очищення базових масел можуть комбінуватися різними способами. Типова технологічна схема виробництва масла приведена на рисунок 1.2.

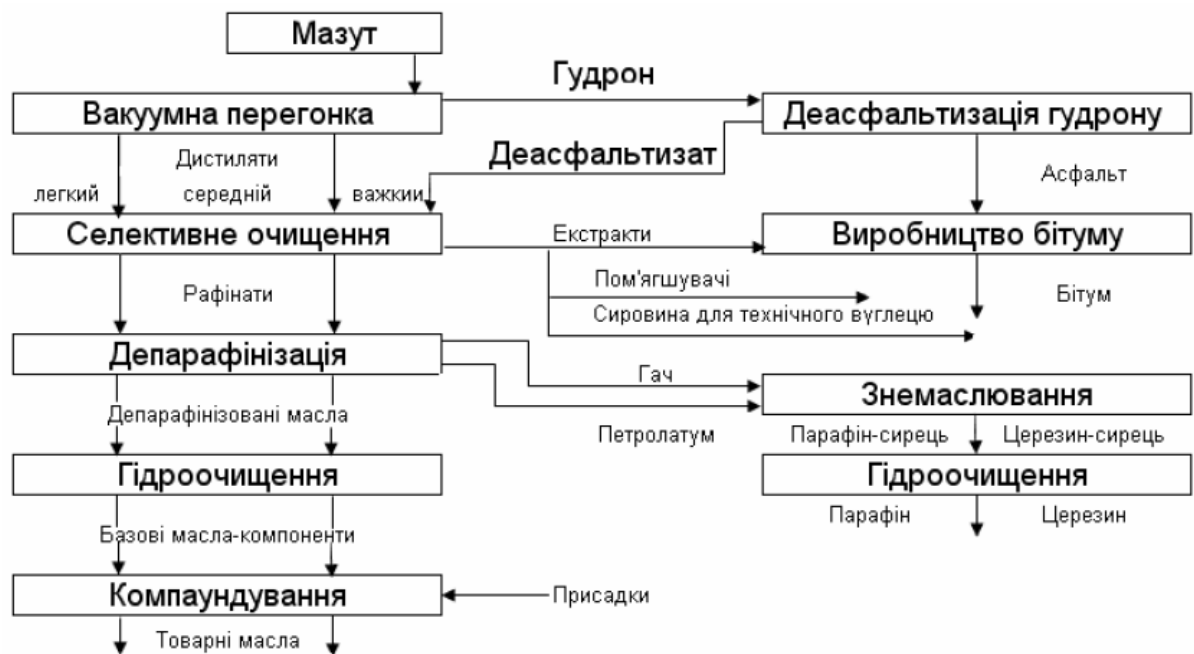


Рисунок 1.2 - Схема одержання масел

Дистилятні базові масла – компоненти звичайно одержують за схемою: мазут → вакуумна перегонка → селективне очищення → депарафінізація → гідроочищення.

А залишкові – за схемою: гудрон → деасфальтизація → селективне очищення → депарафінізація → гідроочищення

Компаундування базових масел одержують змішуванням дистилятних і залишкових компонентів. Змішування компонентів проводиться як для одержання заданої в'язкості, так і для досягнення необхідного вуглеводневого складу базових масел (таблиця 1.1).

Синтетичні базові масла одержують шляхом цілеспрямованого синтезу органічних і елементоорганічних з'єднань, що перевершують за своїми властивостями вуглеводні нафтові масла і являють собою суміші хімічних сполук однакової або різної структури. Найбільше поширення одержали синтетичні вуглеводні (поліолефіни, алкільовані ароматичні з'єднання), поліефіри, складні ефіри органічних і неорганічних кислот, складні ефіри

багатоатомних спиртів, полі-галогенпроізводні вуглеводні, силіксани й ін [4].

Таблиця 1.1 – Бажані і небажані компоненти базових масел

Компоненти нафтових базових масел	
бажані	небажані
Ізопарафінові вуглеводні	Тверді парафінові вуглеводні
Нафтово-парафінові вуглеводи	Поліциклічні ароматичні вуглеводні
Моно і біциклічні ароматичні вуглеводні з довгими бічними ланцюгами	Смолисті й асфальто-смолисті з'єднання
	Неграничні вуглеводні
	Елементоорганічні з'єднання

Розробка синтетичних масел почалася ще наприкінці XIX століття, а на початку 20-х років XX століття вони вже випускалися промисловістю. До цього ж часу відносяться і перші спроби їх використання в мастилах. Проте, їх широке використання почалося в останні три десятиліття. Синтетичні базові масла перевершують нафтові за низькотемпературними характеристиками, термічній стабільності і стійкості до окислювання, але уступають їм за вартістю.

Напівсинтетичні базові масла одержують, як правило, шляхом змішання синтетичних і нафтових компонентів, що дозволяє одержувати продукти, що сполучають у собі високі експлуатаційні характеристики мастил, що перевершують нафтові, і помірну їхню вартість.

В Україні синтетичні базові масла не виробляються. Особливе місце займають базові масла, отримані з використанням технології гідрокрекінгу (НС - синтез) нафтових масляних фракцій. У цьому процесі вуглеводні всіх груп і з'єднання всіх класів під дією водню (гідрообробки) у присутності специфічних катализаторів при підвищених температурах (360...420 °С) і тисках (10...20 МПа) піддаються глибоким перетворенням.

Застосування процесу гідрокрекінгу дозволяє забезпечити необхідну якість масла не за рахунок видалення небажаних компонентів, як це прийнято в традиційних процесах, а за рахунок хімічного перетворення небажаних компонентів у бажані. Сировиною для одержання масел служать висококип'ячі дистилати і деасфальтизатори, що є складними сумішами вуглеців різних груп, гетероз'єднань (утримуючих атомів сірки, азоту, кисню та інших елементів), а також високомолекулярних з'єднань (сммасластів, асфальтенів).

За своїми експлуатаційними характеристиками масла, отримані з використанням продуктів гідрокрекінгу, не поступаються традиційним синтетичним і напівсинтетичним маслами, але мають більш низьку ціну. В залежності від складу базові масла, отримані з використанням технології гідрокрекінгу, відносять до синтетичного або напівсинтетичного типів.

Американський інститут нафти (API) класифікує масла за трьома показниками – індексу в'язкості, вмісту сірки, масовій частці нафтопарафинових вуглеводнів (таблиці 1.2). Загальноприйняті специфікації на базові масла відсутні. Багато фахівців вважають, що в зв'язку з різноманіттям та суперечливістю вимог, які пред'являються до базових масел, однакових вимог до їх якості, придатних для виробництва всього асортименту товарних масел, сформульовано бути не може.

У країнах радянського союзу як компоненти базових масел використовують деякі спеціальні нафтові масляні фракції (ТУ 38.10152380, ТУ 38.1011261-89, ТУ 38.101355-73, ТУ 38.401-58-166-95, ТУ 38.401-58-167-96, ТУ 38.401117-91, ТУ 38.301-13-007-98, ТУ 38.301-20-23-90, ТУ 38.301-29-48-95, ТУ 38.301-29-27-89), індустриальні масла загального призначення без присадок (ТУ 38.101413-97) і трансмісійні масла без присадок (ТУ 38.101529-75, ТУ 38.101110-86). Деякі нафтопереробні заводи виробляють компоненти базових масел для власних потреб за стандартами підприємств.

Таблиця 1.2 – Класифікація мастильних матеріалів згідно API

Група	Вміст парафіно-нафтових вуглеводнів, % мас.	Вміст сірки, % мас.	Індекс в'язкості	Тип базового масла
I	< 90	> 0,03	80-120	масла селективного очищення
II	≥ 90	≤ 0,03	80-120	масла гідроочищення
III	≥ 90	≤ 0,03	≥ 120	високо індексні масла
IV	-	-	-	поліальфаолефінові масла
V	-	-	-	Інші базові масла, що не ввійшли в групи I, II, III і IV

Функціональні добавки до масел

В процесі роботи машин і механізмів відбувається зношування сполучених пар. Інтенсивність зношування і сила тертя залежать від цілого ряду факторів, обумовлених режимом тертя (температура, вологість і т.п.), а також складом і властивостями мастильних матеріалів, що застосовуються. Однак останні в процесі роботи (в залежності від умов експлуатації) самі перетерплюють значні перетворення, що виражаються у зміні їх хімічного складу. Ці зміни, в свою чергу, впливають на протизносні та антифрикційні властивості. Більшість мастильних матеріалів піддається окислюванню, в результаті якого в системі відбувається нагромадження кисневоутримуючих з'єднань, які при визначеному вмісті можуть поліпшувати протизносні властивості масел. Однак нагромадження їх в маслах в значній кількості (і особливо низькомолекулярних кислот) небажано, тому що різко підсилюється корозія і зношування тертьових пар.

З метою запобігання зміни складу і властивостей мастильних матеріалів і поліпшення їх експлуатаційних характеристик більшість масел і мастил містять

різні добавки. Маслорозчинні добавки органічного походження одержали назву присадки. Тверді нерозчинні речовини, як правило, неорганічного походження називають наповнювачами або антифрикційними добавками. Вводять їх у мастила в значних кількостях, більших за присадки (до 20...30 % проти 2...5 % відповідно).

Присадки підвищують стабільність масел проти окислювання, регулюють їх в'язкість і зменшують залежність в'язкості від температури, знижують температуру застигання, поліпшують триботехнічні властивості (знижують тертя і знос, запобігають схоплювання і задирам), захищають метали від корозії, перешкоджають відкладенню нагарів на деталях двигунів внутрішнього згоряння, перешкоджають емульгуванню води в маслах і спінюванню останніх. За функціональним призначенням присадки розділяють на антиокисні, в'язкостні, миючо-диспергуючі, антифрикційні, протизносні, депресорні, протипінні та інші.

Присадки вводять в масла в порівняно невеликих кількостях: від долів відсотка до декількох відсотків (у композиціях їх загальна концентрація може доходити до 15 % і більш).

Виключення складають в'язкостні присадки, що можуть додаватися до 20...30 % і більш, будучи в цьому випадку в більшому ступені компонентом масла, ніж присадкою. Більшість присадок поверхнево-активні речовини. Їх молекули складаються з однієї або декількох полярних груп йодної або декількох неполярних.

До складу полярних груп входять атоми кисню, сірки, галоїдів, фосфору, азоту або бору. Може бути присутнім один з цих атомів або тимчасово два-три.

Більшість присадок незалежно від свого функціонального призначення тією чи іншою мірою впливають на антифрикційні і протизносні властивості мастильних матеріалів. Цей вплив може виявлятися безпосередньо (прямий ефект) або через процеси, що протікають в маслі (побічний ефект). Так, антиокисні присадки знижують нагромадження в маслі продуктів окислення, що є поверхнево-активними речовинами.

За характером взаємодії з металом антиокисні присадки умовно поділяють на деактиватори і пасиватори. Деактиватори запобігають або знижують каталітичну дію з'єднань металів, що накопичуються в маслі. Пасиватори утворюють нерозчинну плівку на поверхні металу. Ця плівка блокує його поверхню від корозійної дії середовища (пасивує поверхню металу). Детергенти виявляють ефект власне миючої дії внаслідок утворення на поверхні металу подвійного електричного шару. Останній істотно впливає на тертя і знос. Вплив зольних миючих присадок підсилюється в зв'язку з тим, що вони вводяться в масла в значній кількості (3...5 % і більше). Дисперсанти також впливають на протизносні та антифрикційні властивості внаслідок своєї високої поверхневої активності.

Зниження корозійної активності мастильного середовища досягається шляхом підвищення антиокисних властивостей масла, а також додаванням до масел спеціальних антикорозійних присадок. Їх механізм заснований на хімосорбційній взаємодії з металом. При цьому поверхня металу захищається від дії навколишнього середовища та одночасно знижується каталітична дія металу на окислювання компонентів масла. Інтенсифікація атмосферної корозії, особливо у вологому середовищі, а отже, і зносу спряжених пар запобігається або зводиться до мінімуму введенням в масло інгібіторів корозії [5].

Підвищення в'язкості масла, у тому числі і шляхом його загущення в'язкостними (полімерними) присадками, знижує знос внаслідок переходу від граничного до еластогідродина мічного мащення.

В таблиці 1.3 приведені марки і хімічна назва присадок, найбільше широко використовуваних в маслах.

Антиокисні присадки поділяють на беззольні (які не містять металів у своєму складі) і зольні (до складу яких входить метал). До числа беззольних присадок відносять з'єднання фенольного й аміного типу. Широко розповсюдженою зольною антиокисною присадкою є дитиофосфати різних металів. Найбільше поширення серед них одержали дитиофосфати цинку.

Дитиофосфати металів виконують також функції протизносних і антикорозійних присадок. Для зниження корозійної агресивності масел стосовно міді і її сплавів при високих робочих температурах застосовують бензотриазол і його похідні, стосовно свинцю – пропіловий ефір галлової кислоти.

В якості миюче-диспергуючих присадок, які застосовуються в основному в моторних маслах, використовують з'єднання, що володіють детергентною і диспергуючою дією. До найбільш розповсюджених детергентів відносять сульфонати і саліцилати металів (зольні детергенти), переважно кальцію і барію. Крім сульфонатів і саліцилатів, знайшли застосування також феноляти металів. У якості диспергуючих присадок, або дисперсантів, використовують в основному беззольні з'єднання – сукцинимиди різної будови.

Таблиця 1.3 – Марки деяких функціональних присадок до мастил

Присадка	Хімічна назва
1	2
<i>Антиокисні</i>	
Іонол Агидол-2 ВНИИНП-354 ДФ-11 ДФ-1 ИХП-21	4-метил-2,6-ди-третбутилфенол 2,біса-біса-2-метилен-біс-(4-метил-6-третбутилфенол) Ди(алкилфенил)дитиофосфат цинку Диалкилдитиофосфат цинку Диалкилдитиофосфат барію Барієва сіль продукту конденсації алкилфенол з формальдегідом і аміаком, обробленого п'яти сірчистим фосфором
<i>Миюче-диспергуючі детергенти (зольні)</i>	
МАСК АСК АСБ С-150; ПМС«А»; Пмся БФКУ ЦИАТИМ-339	Колоїдна дисперсія карбонату кальцію алкилсаліцилатом кальцію Алкилсаліцилат кальцію Алкилсаліцилат барію Колоїдна дисперсія карбонату кальцію, сульфонатом кальцію Барієва сіль ди(оксналкилфенил)метану Нейтральна барієва сіль алкилфенол сульфіді

Продовження таблиці 1.3 - Марки деяких функціональних присадок до мастил

1	2
<i>Дисперсанти (беззольні)</i>	
Днепрол С-5А	Модифікована підстава Манниха маслаізобути-ленфенола і пмаслаэтиленпмаслаамина Сукцинимид (імідопохідні бурштинової кислоти)
<i>Інгібітори корозії</i>	
АКОР-1 ЦИМ	Очищений-очищені-селективно-очищені нітрованні масла Сукцинимид сечовини
<i>В'язкістні</i>	
ПМА «У-1»; ПМА «У-2» КП-10	Масламетакрилати Поліізобутилен
<i>Депрессори</i>	
АзНИИ-ЦИАТИМ-1 АФК ПМА «Д»	Барієва сіль бисульфідалкілфенола Кальцієва сіль алкілфенола масламетакрилат
<i>Протизносні і протизадирні</i>	
АБЭС КИНХ-2 ЛЗ-23до	Бісалкілбензилтіоетан Масласульфінорованні поліізобутилен Діізопропілксантогенат етилена
ОТП Хлорэф-40 ЭФО ЛЗ-309/2; ЛЗ-318 -	Осірчанені тетрамери пропілена ПРО, О-Дібутиловий ефір трихлорметилфосфоновой кислоти, Цинкобарієва сіль ізобутилового ефіру аридитіофосфорной кислоти Трихлорпентилдізопропілдітіофосфат

В якості протизносних і протизадирних присадок до мастильних матеріалів (таблиця 1.3) використовують сіро-, фосфор-, хлормісткі з'єднання (сульфіди, полісульфіди, ксантогенати, фосфати, дитіофосфати тощо). Роль в'язкісних присадок виконують поліізобутилені, поліметакрилати і сополімери різної молекулярної маси.

При твердих режимах експлуатації пластичних змащень, незважаючи на значний вміст у них ПАР, поверхневої активності мил – найбільш розповсюдженого типу згущувача – виявляється недостатньо для утворення на металі міцного і стійкого граничного шару. У таких випадках триботехнічні властивості найбільше істотно можна поліпшити введенням у пластичні мастила речовин адсорбційно і хімічно більш активних, ніж згущувачів.

Такими речовинами є протизносні і протизадирні присадки. Протизносні присадки не допускають прогресуючого зносу металу при високих навантаженнях і температурах, а протизадирні – відвертають заїдання і задири, зменшують руйнування поверхні при підвищених навантаженнях. Антифрикційні присадки, що стабілізують процес тертя, у масла, як правило, не вводять, оскільки їх антифрикційні властивості і так досить гарні.

У маслах використовують переважно протизносні і протизадирні присадки, призначені для масел. Присадки, що містять активні елементи сірку, хлор і фосфор, як правило, погіршують мастило, колоїдну, термічну і механічну стабільність. Виключення складають осірчені жири (бавовняне і касторове масло, кашалотовий жир) і присадка КИНХ-2. Вітчизняна промисловість випускає більше десяти антифрикційних пластичних мастил, що містять протизносні і протизадирні присадки.

Для присадок характерно значна зміна ефективності дії в залежності від їх концентрації, а також від складу, властивостей, умов виробництва і застосування мастильних матеріалів.

У загальному випадку при підборі присадок до пластичних мастил, крім властивостей самої присадки (наявність домішок, змін в умовах збереження й ін.), варто враховувати:

- 1) хімічний склад дисперсійного середовища;
- 2) тип і концентрацію загущувача, а у випадку мильних загущувачів – склад жирової сировини і луг, які для цього використовуються;
- 3) реакцію мащення (лужну або кислоту), в залежності від якої рекомендуються присадки різних типів;

- 4) сумісність з іншими функціональними добавками (модифікаторами структури, присадками і наповнювачами), що присутні у мастилах;
- 5) технологію виробництва мастил і спосіб введення присадки;
- 6) умови експлуатації мастил (температуру, навантаження, контакт із різними металами, тривалість роботи тощо).

Наповнювачі (антифрикційні добавки). Наповнювачі – це тверді високодисперсні речовини, як правило, неорганічного походження (виключення складають порошкоподібні полімери). Вони практично не розчиняються в дисперсійному середовищі і утворюють в мастильних матеріалах самостійну тверду фазу: розмір часток наповнювачів, як правило, складає 1...20 мкм.

Найбільше поширення одержали шаруваті наповнювачі кристалічної структури: графіт, дисульфід молібдену, нітрид бора, слюда, тальк, вермикуліт та деякі сульфідні, селенідні і йодидні металів, а також високодисперсні порошки металів і їх оксиди (таблиця 1.4).

Наповнювачі відрізняються від згущувачів істотно меншою згущувальною здатністю, однак границя між окремими неорганічними згущувачами і наповнювачами з високою поверхневою активністю не завжди чітко виражена. Ті самі продукти в залежності від їх дисперсності, поверхневої активності, концентрації і технології введення можуть бути віднесені як до наповнювачів, так і до згущувачів. Наприклад, дисульфід молібдену Mo_2 при високій концентрації (40...60 %) і інтенсивному механічному впливі утворює у рідких середовищах структуровані системи-пасти, за своїми властивостями близькі до пластичних мастил. Той же продукт у малих кількостях (1...5 %) поводить в мастилах і маслах як наповнювач (антифрикційна добавка). Таким чином, наповнювач відрізняється від згущувачів і присадок складом і фізичним станом.

Порошкоподібні наповнювачі дозволяють досить ефективно поліпшувати властивості мастильних матеріалів. Хоча наповнювач і є лише добавкою, кількість його може коливатися в широких межах, що визначається цілями його введення в мастильний матеріал.

Таблиця 1.4 – Характеристика наповнювачів

Показники властивостей	Графіт	Дисульфід молібдену	Слюда	ПТФЕ
Щільність, кг/м ³	1500...2000	4800...5000	2300...2800	2100...2300
Твердість (за Моосом)	1,0...2,0	1,0...1,5	2,3...2,8	55 (за Шором)
Температура плавлення, °С	3000...3500	1300...1500	1200...1400	—
Термічна стабільність (на повітрі), °С	600	300...400	600...900	—
Продукти окислювання	C, C ₂	MoO ₃	—	C ₂ F ₄
Максимальна температура застосування (на повітрі), °С:				
- постійна	420...430	340...350	—	250...270
- короткочасна	535...550	390...400	—	310...315
Хімічна стійкість	Відмінна	Гарна	Задовільна	Відмінна
Коефіцієнт тертя:				
- у вакуумі	0,07...0,12	0,05...0,09	0,15...0,35	0,06...0,08
- при низьких температурах (рідкий азот)	0,7...0,9	0,5...0,7	—	0,02...0,05

Наповнювачі класифікують за наступними ознаками: за походженням – на природні і синтетичні, за складом – на неорганічні (мінеральні) і органічні, за впливом на структуру мастил – на інертні і активні, за функціональною дією – на поліпшуючі мастильну здатність, герметизуючу і захисну здатність, а також ряд інших властивостей мастил (тепло- і електропровідність і ін.).

Структура і механічні властивості наповнювачів значною мірою визначають їх експлуатаційні властивості. Серед наповнювачів, які застосовуються у мастилах можна виділити кристалічні продукти, що мають

шарувату (оксиди металів) і атомарну (порошки металів) будівлю, а також тверді аморфні тіла (деякі силікати і полімери).

Властивості наповнювачів характеризуються також рядом показників, загальних для всіх мастильних матеріалів: мастильною здатністю (триботехнічними характеристиками), хімічною стабільністю, корозійною агресивністю і захисною здатністю, визначальною є їх вологість, кислотністю (лужністю) тощо.

Висока мастильна здатність – одна з основних причин введення наповнювачів у мастила. Найбільше поширення одержали наповнювачі, що володіють кристалічною шаруватою структурою, яка забезпечує низькі коефіцієнти тертя - це графіт і дисульфід молібдену.

Мінімальна масова частка наповнювачів, необхідна для помітного поліпшення триботехнічних властивостей мастил, складає 1...3 %. Однак в ущільнювальних мастилах кількість наповнювачів може досягати 10...20 % і більше. Протизносні та протизадирні присадки вводять у мастило у кількості не більше 5%, що лімітується їхньою розміцнюючою дією на структуру мастила. Значно поліпшується мастильна здатність при використанні в якості наповнювачів порошоків різних металів, їх оксидів і солей. Мастила із зазначеними добавками на поверхні тертя утворюють шар з м'якого металу, який плакує і тому їх називають металоплакуючими. Формування на поверхні тертя металоплакуючої плівки, яка володіє високою контактною міцністю і пластичністю, гарною теплопровідністю, при низьких швидкостях збільшує фактичну площу контакту, знижує коефіцієнт тертя і знос, охороняє поверхні від схоплювання.

Відмінною рисою наповнювачів є те, що ефективність їх дії найбільше чітко виявляється в екстремальних умовах застосування мастил. Міцність структури мастил впливає на ефективність дії наповнювачів. У високоміцних мастилах наповнювачі утримуються структурою і не надходять у зону тертя. Так, введення Mo_2 у літєве мастило з метою зниження фреттинг-корозії

виявилось неефективним у випадку міцних мастил і привело до істотного ефекту при зменшенні межі міцності мастил.

Перевагою наповнювачів у порівнянні з присадками є те, що ефект їх дії виявляється як при низьких, так і при високих температурах, у той час як для ефективної дії присадок звичайно необхідні підвищені температури.\

1.3 Характеристики мастильних матеріалів

В'язкість і в'язкісно-температурні властивості масел

В'язкість є одним з важливих показників якості масла. За в'язкістю оцінюють придатність масла для даного двигуна в залежності від конструкції, технічного стану, сезонності, умов експлуатації та ін. В'язкість входить до маркування масла у вигляді цифрового індексу, наприклад М-8В1, М-10Г2. Цифра «8, 10» означають значення в'язкості при 100 °С в мм²/с. В'язкість масла відображають в одиницях кінематичної в'язкості за ГОСТ 33-82, її визначають на різних віскозиметрах. Від в'язкості масла залежить величина втрат потужності на тертя, надійність роботи деталей, що труться, їх знос, легкість пуску двигуна, охолодження деталей, видалення продуктів зносу з зони тертя, витрата масла на угар, витрата палива тощо.

Більшість дослідників вважають, що найбільші зноси – пускові; на них приходить біля 2/3 загальних зносів. На рисунок 1.3 показана залежність зносу двигуна під час пуску від в'язкості масла. Масло зниженої в'язкості при низьких температурах швидше надходить до поверхонь, що труться, зменшуються пускові зноси.

Масло в підшипнику виконує дві функції – охолодження та змащування. Без достатньої кількості масла при поганій циркуляції його в масляній системі підшипники швидше перегріваються та виходять з ладу. Недолік масла може бути через низький тиск масла в системі або при недостатній кількості масла, що подається до підшипника. Низький тиск масла викликаний зносом корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, при використанні масла дуже низької

в'язкості, в тому числі при великому розрідженні масла паливом яке не згоріло, несправністю масляних насосів, ослабленням чи зломом пружини клапанів.

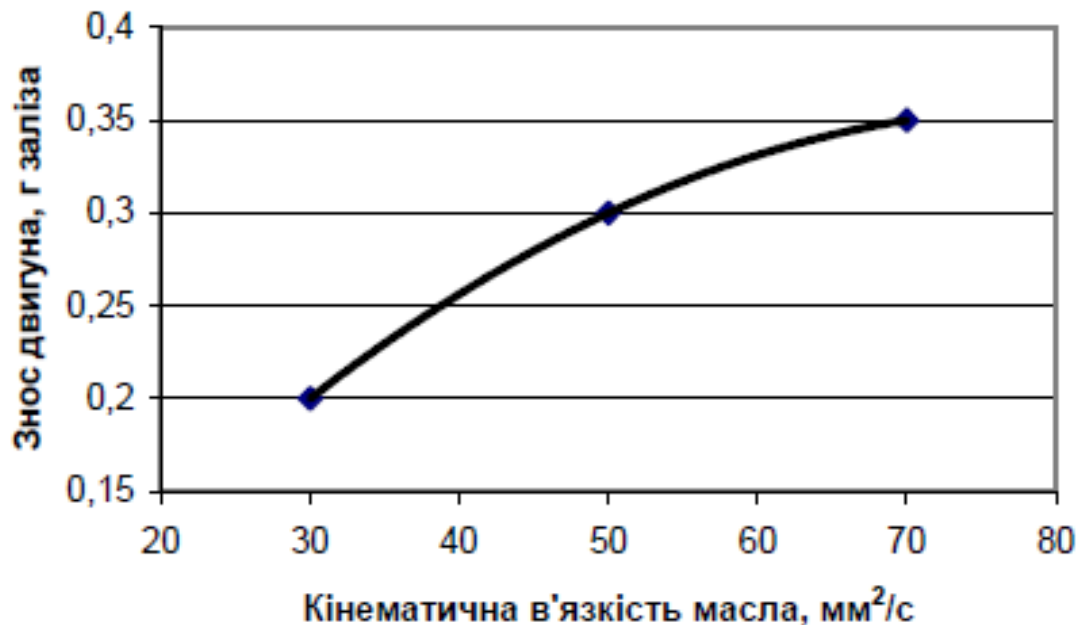


Рисунок 1.3 - Залежність зносу бензинового двигуна в момент пуску від в'язкості масла

Незадовільна циркуляція масла може бути викликана поганим технічним станом масляної системи, недостатньою кількістю масла в картері. Н.П. Петров встановив, що товщина масляного шару в підшипнику залежить від в'язкості масла, частоти обертання колінчастого вала, навантаження на підшипник, форми і стану поверхонь тертя. При обертанні колінчастого вала між ним і підшипником утворюється масляний клин. Під тиском цього клину вал «вспливає» в підшипнику.

При цьому вал не торкається стінок підшипника і тертя між металевими поверхнями немає. Чим вище в'язкість масла і частота обертання вала, тим товщі шар масла між валом і підшипником. Однак тут спостерігається і деяке протиріччя. З одного боку, підвищення в'язкості і частоти обертання колінчастого вала сприяє рідинному тертю, збільшенню несучої здатності масляного шару. З другого боку, підвищення в'язкості масла викликає втрати потужності на внутрішнє тертя. Це протиріччя може бути усунено підбором

масла відповідної в'язкості. Із збільшенням зазору в підшипнику і навантаженні на вал в'язкість масла повинна бути вище - для створення рідинного тертя [6].

Залежно від умов експлуатації двигуна, його вузлів і механізмів температурний режим масел може змінюватись в значних інтервалах, а залежно від цього змінюватися і їх в'язкість. При високих температурах масла розріджуються, а при охолодженні густіють, або взагалі втрачають рухомість. Так при зниженні температури моторних масел від 100 °С до 50 °С в'язкість може збільшуватись в кілька разів. В умовах мінусових температур в'язкість масла збільшується в сотні та тисячі разів. Тому при оцінці якості масел велике значення надають функціональній залежності їх в'язкості від температури.

Характер зміни в'язкості залежно від температури неоднаковий для масел з різної сировини, різних засобів одержання та складу. Чим менша в'язкість змінюється з підвищенням або зниженням температури, тим краще масло поводить ся в експлуатації. Тому досить важливою є оцінка змащувальних здатностей масел за в'язкісно-температурними властивостями.

У міжнародній практиці для оцінки в'язкісно-температурної характеристики масел прийнято кількісний критерій, що називається індексом в'язкості ІВ. Індекс в'язкості є умовним показником, який визначають порівнянням досліджуваного масла з двома еталонними, в'язкісно-температурні властивості одного з яких прийняті за 0, а другого за 100 одиниць. Чим вищий ІВ, тим більш полого в'язкісно-температурна характеристика і тим краще масло для експлуатації в різні періоди року.

Вплив вмісту води та механічних домішок на якість масла

Вода та механічні домішки викликають підвищений знос пар тертя, прискорюють окислення масла та збільшують його витрату. Наявність води в маслі значно впливає на його антифрикційні властивості. Вода дуже шкідлива для присадок, які під її дією гідролізуються та вимиваються. А використання масла без присадок не допустимо.

Дію води на присадки можна перевірити так. В дві чисті сухі пляшки на $\frac{1}{2}$ висоти залити свіже масло та в одну з них додати близько 10 мг води, перемішати, але без утворення емульсії. Через 10...12 годин на дні пляшки з маслом і водою з'явиться білий водно-емульсійний шар. Масло в іншій пляшці залишиться прозорим і однорідним. При зливанні з картера двигуна відпрацьованого масла дуже часто спочатку стікає бурий емульсійний розчин присадок у воді. Це значить, що в маслі була вода, яка розклала присадки. Причина потрапляння води в масло: погана вентиляція картера, порушення герметичності системи охолодження, заправлення масла разом з водою тощо.

Для визначення придатності масла достатньо провести якісний аналіз на наявність води в ньому. Якщо вода присутня і в свіжому маслі, що ще не працювало, то таке масло не придатне до використання. Визначити наявність води в маслі можна і самостійно, без приладів та без експрес-методів. Для цього потрібно в суху чисту пробірку на $\frac{1}{4}$ висоти залити якісно перемішане досліджуване масло. Дно пробірки, яка нахилена під кутом 45° отвором від себе, нагрівають сірником (послідовно, не більше трьох сірників). Поява піни свідчить про наявність води в маслі.

В період зберігання машин в маслі накопичується вода і відбувається корозійний знос деталей, яких в техніці сезонного використання в 3...5 разів більше зносу машин всесезонного використання. При великому вмісті води в маслі частина її потрапляє в підшипники колінчастого валу двигуна, де перетворюється у пару за рахунок теплоти нагрітого підшипника.

Пара, в свою чергу, змиває (зриває) масляну плівку із шийки колінчастого валу та вкладишу, при цьому неминуче задирання. Використання антифризів, які володіють високою проникною здатністю, може негативно сказатися на роботі масляної системи двигуна.

Механічні домішки викликають в першу чергу механічний і абразивний знос пар тертя. До механічних домішок відносять пісок (абразив), продукти зносу та окислення, розпаду присадок, глибокого окислення масла, неповного згоряння палива тощо.

Підвищений вміст механічних домішок в маслі свідчить про незадовільний стан роботи або забивання масляних фільтрів. Визначити наявність механічних домішок в маслі, що навіть не працювало, дуже легко. Механічні домішки видно в краплині масла нанесеної на чисте сухе скло.

Практика показала, що в процесі роботи моторного масла вміст механічних домішок збільшується. Найбільш інтенсивне накопичення механічних домішок відбувається в перші 60...120 годин роботи масла, а потім процеси стабілізуються і якість утримання масляними фільтрами механічних домішок можна вважати постійним. Інтенсивне накопичення механічних домішок в перший період пояснюється процесами окислення малостабільних вуглеводнів масла із всього його об'єму в системі мащення, а в наступному цей процес протікає головним чином в мікрооб'ємах масла для компенсації тієї його частини, що згорає.

Протизносні та протизадирні присадки.

Знос різних агрегатів, вузлів, механізмів та деталей тракторів, автомобілів і сільськогосподарської техніки залежить від ряду факторів. Так, різке підвищення хімічної активності масла сприяє прояві корозійно-механічного і хімічного зносу. Недостатнє потрапляння масла в зону тертя призводить до інтенсифікації адгезійного зносу тощо. Конструктивні особливості вузла тертя також накладають свій відбиток на характер зносу.

На процес тертя і спрацювання контактних поверхонь у машинах і механізмах великий вплив оказують протиспрацювальні, протизадирні та антифрикційні експлуатаційні властивості масла. Змащувальна властивість масел є узагальненим поняттям цих їх експлуатаційних властивостей. Масла повинні мати високу змащувальну властивість, щоб знижувати втрати на тертя і запобігати або зменшувати їх спрацювання при робочих навантаженнях та швидкостях. Якщо при рідинному мащенні відповідно до гідродинамічної теорії змащувальна дія на поверхні тертьових деталей визначається в основному

в'язкістю та індексом в'язкості масла, то в умовах граничного мащення вирішальне значення мають поверхнево-активні властивості масла.

В умовах тертя при граничному мащенні в результаті адсорбції поверхнево-активних компонентів масел утворюється гранична плівка, яка розділяє тертьові поверхні та перешкоджає їх контакту. Однак, плівки базових масел здатні захищати деталі від тертя та спрацювання лише при помірних навантаженнях і температурах. При навантаженнях та температурах вище критичних значень, що перебільшують міру міцності плівки, адсорбційний шар руйнується. Для підвищення змащувальної властивості масел, що застосовують в умовах високих навантажень і температур, до їх складу вводять присадки. Механізм дії присадок обумовлений двома основними факторами: адсорбцією присадок на металевих поверхнях і хімічною активністю молекул присадки по відношенню до матеріалів тертьових пар.

Утворення адсорбційного шару на поверхні металу веде до зменшення площі металевого контакту та зниження внаслідок цього спрацювання тертьових пар. Важливе значення при цьому має поведінка адсорбованих на поверхні металу молекул присадок з підвищенням температури. Збільшення температури поверхні може привести до часткової десорбції присадки у випадку її слабого зв'язку з металом, що в свою чергу буде супроводжуватися підвищенням спрацювання пар тертя. Коли міцність зв'язку адсорбованих молекул присадки з металом досить велика, то при підвищенні температури спостерігається хімічна реакція між адсорбатом і адсорбентом, яка супроводжується модифікацією поверхневих шарів металу.

Для підвищення протиспрацювальних властивостей масел в них вводять антифрикційні присадки, тобто речовини, що мають поверхневу активність: природні жири, жирні кислоти, їх ефіри і солі тощо. Антифрикційні присадки знижують або стабілізують коефіцієнт тертя тим самим запобігають інтенсивному спрацюванню тертьових поверхонь при помірних навантаженнях.

Протизадирні присадки, які вводять в масла, запобігають інтенсивному спрацюванню та заїданню при надвисоких навантаженнях, підвищуючи

критичне навантаження заїдання. Механізм дії протизадирних присадок такий. При високих температурах протизадирні присадки хімічно взаємодіють з металами третьових поверхонь, утворюють сполуки, що мають менший опір зрізу та більш низьку температуру плавлення ніж чисті метали, внаслідок чого запобігається заїдання та схоплювання поверхонь.

Поділ присадок на антифрикційні, протиспрацювальні та протизадирні умовний, тому що задир є окримий випадок загального процесу спрацювання твердих тіл при терті. Протиспрацювальні та протизадирні присадки водночас підвищують антифрикційні властивості масел. В основному протиспрацювальні та протизадирні присадки містять органічні сполуки сірки, фосфору, хлору тощо (ЭФО, ЛЗ-309/2, ОТП, АБЭС, ЛЗ-23К, ИХП-14А та інші).

У моторних маслах як протизадирні застосовують присадки, що належать за основним призначенням до антиокислювальних: ДФ-11, ДФ-1, ВНИИНП-354, ДФБ.

В останній час для зниження спрацювання і тертя третьових поверхонь в умовах високих температур та навантажень використовують добавки, що являють собою колоїдні дисперсії нерозчинених у маслі сполук (дисульфід молібдену, графіт). Ці сполуки також називають модифікаторами тертя. У ряді випадків модифікатори тертя більш ефективні, ніж маслорозчинені присадки бо не втрачають змащувальних властивостей у більш широкому температурному інтервалі та в умовах високих контактних тисків.

1.4 Пластичні мастильні матеріали

1.4.1 Склад, призначення та вимоги до пластичних матеріалів

Пластичні мастильні матеріали належать до особливої групи мастильних матеріалів. Вони являють собою складні колоїдні системи, які представляють собою високо структуровані тиксотропні дисперсії твердих загустювачів в рідкому середовищі.

Відрізняючою особливістю мастил від масел – це існування межі міцності у пластичних матеріалів, залежність їх в'язкості від температури та швидкості деформації або зсуву, оберненість процесу руйнування структурного каркасу. Це робить їх іноді єдиним, незамінним мастильним матеріалом в окремих вузлах тертя.

Перевага мастил перед маслами являється у здатності утримуватись в негерметизованих вузлах тертя, кращі мастильні якості, більш високі захисні якості, висока економічність використання. Мастила використовуються там, де не має змоги використовувати рідкі масла. Недолік мастил - це погана охолоджуюча здатність деталей тертя, відсутність виносу продуктів зносу із зони тертя, складність подачі до вузла тертя та деякі інші.

Пластичні мастила за властивостями займають проміжне положення між твердими мастильними матеріалами та рідкими маслами. В найпростішому випадку будь яке пластичне мастило складається з двох складників: масляної основи (мінерального, синтетичного, рослинного або іншого масла) та твердого загусника (мильного або немилного). Сучасні мастила звичайно містять стабілізатор структури і присадки, нерідко ще різноманітні наповнювачі (графіт, дисульфід молібдену, порошкоподібні метали або їх оксиди та ін.). Загусник утворює твердий структурний каркас, усередині якого міститься – масло. Тому такі мастила називаються структурованими системами. Мастила, до складу яких входять м'які метали або їх оксиди називаються плакучими, наприклад, ЛСЦ-15 (з оксидом цинку). Від роду загусника залежать основні властивості мастил: межа міцності, вологостійкості та ін. Низькотемпературні властивості мастил забезпечуються головним чином масляною основою.

Частинки загусника, які створюють структурний каркас, мають дуже малі розміри (0,1...1,0 мкм та більше) та форму ниток, маленьких кульок, стрічок, голок, відростків кристалів і т.д. Чим більша анізотропія (відношення довжини та ширини) частинок загусника, тим більш міцну структуру вони утворюють. В мастилах вміст загусника складає 10...20% Більш поширеними загусниками

являються металічні мила високомолекулярних кислот або металічні мила природних жирів. Це так звані мильні мастила.

Далеко не всі мила можуть служити в якості загусника мастил. Існують вуглеводні, бентитові, селикагелеєві мастила та ін. В них загусниками являються тверді вуглеводні та неорганічні речовини. Це так звані немильні мастила. На формування структурного каркаса впливають тип та концентрація загусника, склад та властивості дисперсного середовища, вміст ПАВ, технологія виготовлення мастила. Висока степінь структурування дисперсної фази дає мастилам твердоподібний стан та пластичність. При відсутності навантаження мастила ведуть себе подібно твердим тілам. Під дією дуже малих навантажень структурний каркас руйнується, мастило набуває в'язкотекучий рідкий стан. Важливою особливістю є зворотність процесу руйнування структурного каркаса. При знятті навантаження мастило знову придбає властивість твердого тіла. Властивість відновлення структури каркаса при знятті навантаження в період відпочинку мастила називається явищем тиксотропії. Тиксотропне перетворення мастила із пластичного стану у в'язкотекучий і зворотнє забезпечує перевагу застосування мастил перед рідкими і твердими мастильними матеріалами [7].

Процес виробництва складний і складається із наступних стадій: підготовки сировини підготовки загусника термомеханічного диспергування загусника (варення мастила), охолодження розплаву оздоблювальних процесів приготування загусника являє собою однією із основних операцій виробництва мильних мастил. Ця стадія вимагає старанного дозування компонентів та суворої послідовності їх завантаження. Приготування мила – хімічний процес, який може продовжуватися дуже довго – до 30 г. На стадії охолодження розплаву загусника в маслі формується структурний каркас мастила. Розміри та форми частинок загусника залежить від умов кристалізації, початкової температури охолодження та швидкості охолодження, гомогенізації (механічної обробки), фільтрування, Деаерація (видалення повітря), відноситься до оздоблювальних робіт і потрібна для отримання однорідних і тиксотропних мастил, тобто здатних при кожному їх руйнуванню багаторазово

відновлюватися. Всі оздоблювальні операції для одного мастила використовуються рідко. Розфасовка мастил здійснюється в тару місткістю від 30 г (тюбик) до 200 кг (бочка).

Пластичні мастила представляють собою мазеподібні продукти частіше від світло-жовтого до темно-коричневого кольору, іноді чорні (графітні) або кольорові (№158 – синя). Вони повинні бути однорідними по складу, без комків, абразивних домішок та води, мати високу стабільність, тобто не розшаровуватися на складники. Якщо при зберіганні виникло розшаровування, то необхідно злити масло яке відокремилось, зняти верхній шар мастила який окислився і використовувати тільки залишену частину.

Кількість виготовлених мастил відносно невелика – при- близно 5% від виготовлення всіх мастильних матеріалів. Об'єм та споживання мастил, темпи їх виробництва за останні роки стабілізувалися на одному рівні, не дивлячись на стрімкий ріст кількості транспортних засобів, сільськогосподарських машин верстатного обладнання та інших видів техніки. Більш того, в останні роки намічається тенденція до зменшення виробництва мастил. Це пояснюється покращенням їх якості, виробництвом

та використанням довгопрацюючих та “вічних мастил”. До таких мастил відносяться, перед усім багато цільові високоефективні литтєві та комплексні кальцієві мастила. Використання високоякісних мастил у замкнутих вузлах тертя автомобілів в 5...10 раз збільшує пробіг без заміни мастила. Ефективність використання залежить не тільки від вірного вибору сорту мастила та і від високої культури використання мастила та зразкової організації мастильного господарства.

Мастильні матеріали незалежні від умов використання і призначення повинні задовольняти наступним вимогам:

- надійно виконати свої функції (перед усім зменшувати тертя і знос) в широкому діапазоні температур, навантажень, швидкостей переміщення;
- в мінімальній степені змінювати властивості при зовнішніх діяннях в умовах зберігання та використання;
- робити мінімальні діяння на контактуючі з ними матеріали;

- мати хороші екологічні властивості (мінімальне діяння на зовнішнє середовище, пожежо- та вибуху безпечність, здатність до багатократної регенерації та ін.)

Ефективність роботи мастильного матеріалу визначається також конструктивними особливостями вузла тертя (типом, розміром, характером, руху поверхонь тертя тощо).

1.4.2 Асортимент пластичних матеріалів

Найбільш розповсюдженими водостійкими мастилами для змащування вузлів тертя різних машин та механізмів є кальцієві мастила – солідоли.

Синтетичні солідоли СК_{а2/7-2} (ГОСТ 4636-76) виготовляють загусненням масел середньої в'язкості гідратованими кальцієвими милами синтетичних жирних кислот, отриманих окисленням парафіну. Температура використання синтетичних солідолів не перевищує 50...70 °С. Вище цієї температури вони розпадаються. Солідол С можливо заправляти в вузли тертя до температури – 10 °С, а пресолідоли С - до температури – 20 °С. Синтетичні солідоли володіють доброю колоїдною стабільністю. Їх використовують як консервативні мастила, тому що вони практично не змиваються дощем з відкритих поверхонь.

Прес-солідоли використовують для змащування вузлів тертя шасі автомобілів; солідол С – в якості літнього та зимового мастила в різних вузлах тертя. Недоліком останнього є відносно низька механічна стабільність.

Жирові солідоли (ГОСТ 1033-79) на відмінність від синтетичних згущуються кальцієвими милами жирних кислот, які входять в склад природних жирів. Жирові солідоли виготовляють двох марок: прес-солідол Ж та солідол Ж. Жирові солідоли взаємозамінні з синтетичними.

Графітна змазка СК_{а 2/6-г3} (УСеА) (ГОСТ 3333-80) виготовляється з високов'язкого циліндрового масла з введенням кальцієвого мила і графіту. Ці мастила застосовуються для важконавантажених тихохідних механізмів, в ресорах, різьбових з'єднаннях, торсіонних підвісках і т.д. Температурна межа використання – 20...60 °С.

Жировий консталин (доскональне тугоплавке мастило УТ ГОСТ 23258-78) двох марок: консталин – 1-ОНа 2/11-3 та консталин - 2-ОНа2/11-4, котрі розрізняються температурою краплепадіння та значенням пенетрації. Отримують жирові консталини згущенням очищеного або вилуженого мінерального масла натрієвими милами. Використовуються для підшипників кочення з температурою до 120 °С.

Автомобільне мастило ОНаКа 3/10-2(ГОСТ 9432-60) призначене для змащування підшипників маточин коліс, черв'ячного валу коробки передач та інших вузлів автомобіля. Воно майже нерозчинне, але емульгується при довгому перебуванні у вологій атмосфері. У вигляді відносно м'якої консистенції та пониженої в'язкості при звичайних температурах це мастило добре змащує підшипники кочення. Температура крапле падіння – не нижче 150 °С.

Мастило МЛи 4/12-3 (Літол-24 ГОСТ 21150-75) – антифрикційне, багатоцільове, водостійке. Призначене для використання в вузлах тертя колісних та гусеничних транспортних засобах та виробничого обладнання, працюючих при температурах – 40...120 °С. Мастило Літол-24 виготовляється згущенням мінерального масла літєвими милами 12-оксистеаринової кислоти з добавкою антиокисної присадки.

Мастило УЛи4/13 (13-31) (ГОСТ 24300-80) представляє собою синтетичне масло, згущене стеарином літію та містить в'яскісну, антиокисну та антикорозійну присадки. Призначення мастила – закриті підшипники кочення, які працюють в інтервалі температур від – 40 до 130 °С.

Мастило ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74) призначене для змащування пристроїв та механізмів, які працюють з малим навантаженням зсуву при температурах -60...90 °С.

Карданне мастило УНа2/10-2 (АМ) (ГОСТ 5730-51) використовується для змащування поворотних цапф переднього ведучого моста автомобілів. Температура краплепадіння – не нижче 115 °С, пенетрація 220...270 при 25 °С.

Мастило Уніол відноситься за своїм складом до комплексних кальцієвих мастил, які виготовляються на милах високо- та низькомолекулярних кислот. Уніол водостійке навіть у киплячій воді. Мінімальна температура використання

Уніола однакова з мастилами 1-13 та солідолом С, а за максимальною температурою переважає їх та добре витримує робочу температуру 150...160 °С. Володіє доброю колоїдною стійкістю та високими протизадирними властивостями. Недоліком Уніола є його гігроскопічність, що вимагає зберігання його в герметичній тарі. Ці недоліки виключені в Уніолі-1, яке виготовляється на в'язкому авіаційному маслі. Уніол може використовуватися в якості одного автомобільного мастила в заміну солідолу, мастил 1-13.

Високотемпературні мастила призначені для вузлів тертя які працюють при температурі 150...200 °С. До цих мастил відносяться літакомоторне тугоплавке СТ (ГОСТ 5573-67), ЦИАТИМ – 221 (ГОСТ 9433-80) та ін.

Низькотемпературні мастила призначені для змащення при низьких температурах. До них відносять мастила ЦИАТИМ201 та 203, МС-70, ГОИ-54п та ін.

Мастило ЦИАТИМ–203 (ГОСТ 8773-73) призначене для змащування механізмів, працюючих при високих навантаженнях та при температурі – 50...900 °С.

Консерваційні мастила – це мастила з вуглеводними загусниками: НТ 5/5-3 (ГОИ-54п), ПВК, які містять загусник церезин. Мастило НТ 5/5-3 (ГОИ 54п) (ГОСТ 3276-74) використовується для змащування пристроїв механізмів, працюючих при температурах – 40...50 °С, та захисту механічних поверхонь від корозії.

Пластичне мастило ЗТ 5/5-5 (ПВК) (ГОСТ 19537-74) призначене для захисту від корозії металічних виробів при температурах – 50...50 °С в умовах складного зберігання на відкритих майданчиках під навісом та чохлами. Змазка ПВК виробляється сплавленням петрулатума з в'язким залишковим маслом, куди додатково вводять 5 % церезима та присадки. Воно володіє високою водостійкістю та стійкістю, нерозчинне у воді що дозволяє захищати деталі у воді на протязі 10 років.

В таблиці 1.5 наведені деякі фізико-хімічні та експлуатаційні показники ряду пластичних мастил.

Таблиця 1.5 - Характеристики деяких пластичних мастил

Товарне найменування	Температура краплепадіння, °С, не менш	Пенетрація при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Межа міцності при 20 °С, Па	В'язкість при 0 °С та швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с	Колоїдна стабільність %, не більше
1	2	3	4	5	6
<i>Антифрикційні мастила загального призначення</i>					
Солідол С	85 ...105	260...310	200...500 (при 50 °С)	< 190	1...5
Прес-солідол С	85...95	310...350	100...400 (при 50 °С)	< 90	2...10
Солідол Ж	78	230...290	196 (при 50 °С)	< 250	-
Графітна	77	250	100 (при 50 °С)	< 100	5
1-13	120	180...250	500...1000	< 500	20
Графітна	130	225...275	150...300	250...500	8...20
<i>Мастила багатощільові</i>					
Літол-24	185	220...250	500...1000	< 280	12
Фіол-1	185	310...340	> 250	< 200	25
Фіол-2	188	265...295	300	< 250	16
Фіол-2м	180	265...295	300	< 250	15
Алюмол	230	220...250	500...1000	< 250	12
<i>Мастила термостійкі</i>					
ЦИАТ ИМ-221	200	280...160	250...450	80...200	7
ВНИИ НП-207	250	220...245	250...500	180...200	7
ВНИИ НП-246	-	345	80...240 (при -80 °С)	500 (при -40 °С)	10
Уніол-1	200	280...320	200...500	< 160	10
Графітол	250	265...295	350...700	300...600	8

Продовження таблиці 1.5 - Характеристики деяких пластичних мастил

1	2	3	4	5	6
ПФМС-4с	-	-	100...200	200...250	1,6
Силікол	250	220...250	700...100 0	< 550	9
Лимод	240	310...340	250	250	3
<i>Мастила низькотемпературні</i>					
ЦИАТИМ-201	175	Не нормуєть ся	250...500	< 1100 (при -50 °С)	26
ЦИАТИМ-203	160	250...300	250 (при 50 С)	< 1000 (при -30 °С)	10
Лита	170	240...265	550...750	< 1000 (при -30 °С)	20
Зимол	190	240...290	300...100 0	< 2000 (при -50 °С)	20
ГОИ-54п	61	200...245	150	< 1200 (при -50 °С)	6
<i>Консерваційні (захисні) мастила</i>					
Пушечне (ПВК)	60	90...150	-	-	1...4
ВТВ-1	54	-	> 1000	100...150	4,5
<i>Мастила канатні</i>					
Канатні 9у	65...75	-	-	2000	-
Торсиол-356	65...80	350...360	-	800...140 0	3
Торсиол-55	63...78	350	-	200...260	-
<i>Ущільнюючі мастила</i>					
Бензо- упорні	35	30...80	> 2500	-	1,2
Замазка ЗЗК-3у	115	40...80	> 2000	-	-

Продовження таблиці 1.5 - Характеристики деяких пластичних мастил

1	2	3	4	5	6
<i>Автомобільні мастила</i>					
°АМ карданне	115	220...230	500...700	300...600	10..15
ЛСЦ-15	185	250...280	> 500	< 280	15
ШРБ-4	230	260...295	> 200	80...160	10
ШРУС-4	190	250...280	300...700	< 250	16
Фіол-2у	180	255...295	> 300	< 170	12
№158	132	305	150...500	< 400	23
МЗ-10	70	270	210	70...220	8
ЛЗ-31	188	220...250	500...600	< 280	12
Автомобіль на	150	Не нормуєть ся	180 (при 50 °С)	< 200	-

Висновки до розділу 1

1. Мастильні матеріали масово використовуються в техніці для підвищення характеристик механізмів та забезпечення ресурсу вузлів.

2. Пластичні мастильні матеріали дуже широко використовуються в промисловостях. В авіаційній промисловості без пластичних мастильних матеріалів не буде працювати більшість механізмів.

3. Існують дуже багато видів та типів пластичних мастильних матеріалів і існує необхідність дослідження властивостей цих матеріалів. Найбільш актуально це для авіаційної промисловості де пред'являються підвищені вимоги до техніки.

РОЗДІЛ 2

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМАЩУВАЛЬНОЇ ДІЇ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

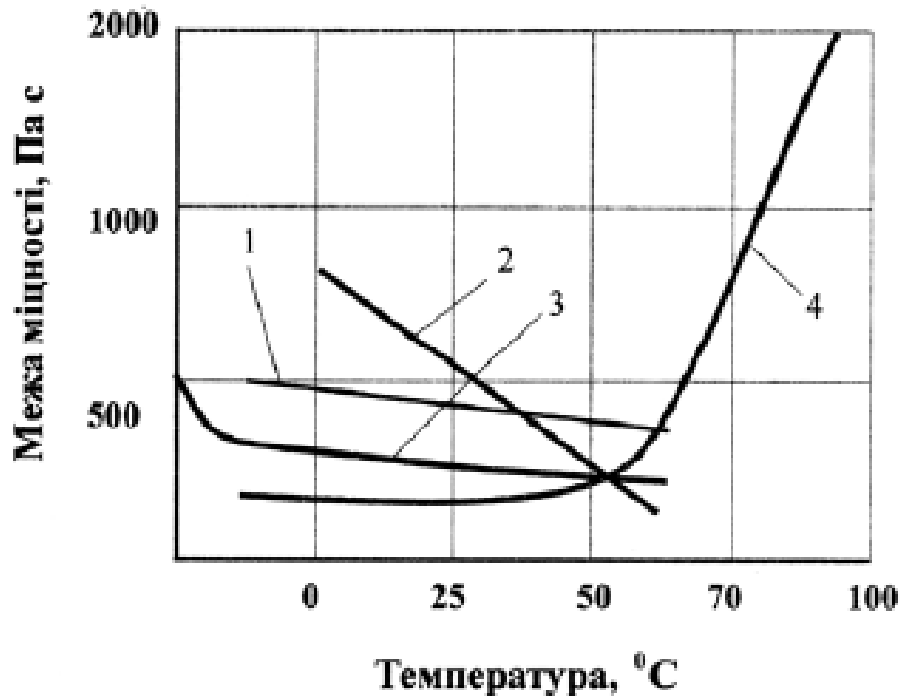
2.1 Методи оцінки основних показників та властивостей пластичних матеріалів

При підборі мастил необхідно враховувати їх експлуатаційні властивості. До найбільш важливих властивостей відносяться: межа міцності, в'язкість, механічна стабільність – тиксотропні властивості, тобто властивості, які характеризують структурно-механічні (реологічні) властивості мастил; стабільність мастил (термічна, колоїдна, хімічна, радіаційна, випаровування); стійкість до зовнішніх впливів.

Межа міцності. Для кожного мастила існує визначене критичне навантаження, перевищення якого порушує пропорційність між навантаженням та деформацією, після чого мастило починає вести себе як рідина. Таке критичне навантаження, або напруга зсуву, називається межею міцності. Для мастил при температурі 20...120 °С вона дорівнює 100...500 Па·с [8].

Межа міцності є важливою експлуатаційною властивістю мастила. Межу міцності визначають на зсув за допомогою пластоміра К-2 (ГОСТ 7143-73). Метод заснований на визначенні тиску, під дією якого при заданій температурі відбувається зсув мастила у капілярі пластомера.

Найбільший вплив на механічну міцність створює температура, з підвищенням якої звичайно відбувається інтенсивне руйнування мастил (рисунок 2.1). Найбільш важлива властивість мастил є їх здатність відновлювати міцність, тому, що при значному її зменшенні мастила витікають з вузлів тертя. Відновлювання міцності мастил після зняття деформації пояснюється взаємодією частинок загусника та створенням нового структурного каркаса. Мастила, у яких заміщення протікає повільно, мають низькі механічні властивості.



1 - солідол; 2 - солідол С; 3 - ЦИАТИМ-201; 4 - жировий консталин

Рисунок 2.1 - Вплив температури на межу міцності мастил

Значення межі міцності мастила залежать від загусника, розміру його частинок та концентрації. На межу міцності значно Пластичні мастильні матеріали впливає спосіб виготовлення мастила, особливо режим охолодження мастил (мільних) та гомогенізація.

Мастила з малими значеннями межі міцності викидаються з рухомих деталей, стікають з вертикальних поверхонь, погано тримаються в негерметичних вузлах тертя. При робочих температурах мінімальна межа міцності повинна бути не менше $1...2 \text{ г/см}^2$. Дуже велика межа міцності також небажана, тому що таке мастило погано поступає до поверхонь тертя. Межа міцності при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ не повинна перевищувати $15...20 \text{ г/см}^2$. Межу міцності мастил визначають за ГОСТ 7143-73 на пластометрах.

Ефективна в'язкість. В'язкість мастил є змінною величиною, яка залежить від температури та швидкості деформації. В'язкість мастила тим менша, чим більша швидкість деформації та температура. Після руйнування структурного каркаса мастило починає текти, подібно рідині. Чим більша швидкість деформації (при постійній температурі), тим швидше зменшується

в'язкість мастила, тим легше воно тече. Швидкість деформації (D) вимірюється в с^{-1} . Частіше всього в'язкість мастила визначається при швидкості деформації 10 с^{-1} . Так як в'язкість мастила залежить від швидкості руйнування структурного каркаса, введено поняття “ефективної в'язкості”. Під ним розуміють в'язкість н'ютонівської рідини, яка при даному режимі течії чине той же опір зсуву, що і мастило.

В'язкість мастила також як і межа міцності, залежить від роду загусника, його концентрації, розміру частинок, технології приготування та інших параметрів. Від в'язкості залежить прокачуваність мастил, витрати енергії на відносно переміщення змащуваних деталей, особливо у пусковий період. З двох мастил більш якісною вважається та, у якої при однакових значеннях межі міцності менша в'язкість. В'язкість мастил при мінімальних температурах не повинна перевищувати $150 \dots 200 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при швидкості деформації 10 с^{-1} . Ефективну в'язкість визначають на автоматичних віскозиметрах за ГОСТ 7163-84.

Механічна стабільність. При роботі мастила постійно підлягають механічній дії, в результаті чого руйнується їх структурний каркас. Здатність мастил протидіяти руйнуванню називається механічною стабільністю. Здатність мастил самовільно відновлювати структуру каркаса в період спокою називається явищем тиксотропії.

Механічна стабільність та тиксотропія мастил – важливі показники, особливо для підшипників ковзання, шарнірів, плоских опор тощо, так як в них мастила в період роботи безперервно підлягають деформації. Тиксотропні властивості мастил суттєво залежать від типу, концентрації загусника, хімічного складу мастила, температури, інтенсивності механічної дії і інших факторів [25].

При тиксотропних перетвореннях мастил показники якості не повинні змінюватись, в першу чергу це відноситься до їх механічних властивостей. Але не всі мастила володіють такими можливостями. В деяких мастилах межа міцності і в'язкості встановлюються меншими початкових значень, а в деяких, навпаки, межа міцності і в'язкості набувають більш високих значень у

порівнянні з першопочатковими. В таких випадках механічні нестабільні мастила або виливаються із вузлів тертя, або погано надходять до працюючих поверхонь, а сильно затверділі мастила взагалі не потрапляють до поверхонь тертя.

Механічні нестабільні мастила застосовувати недоцільно. Механічну стабільність, тексотропні властивості мастил виявляють на тиксометрах за межею цільності на розрив, індексом руйнування і тексотропного відновлення згідно ГОСТ 19295-93.

Термічна стабільність і термозміцнення. Під термічною стабільністю розуміють здатність мастил зберігати свої експлуатаційні властивості без змін при зростанні температур. Властивості більшості мастил при нагріванні їх на 50...100 °С більше температури плавлення із послідовним охолодженням практично не змінюється. Але деякі мастила після нагріву і послідовного охолодження ущільнюються, в них сильно збільшується межа міцності і в'язкості, аж до втрати гнучкості. Термозміцнення погано відображається на експлуатаційних якостях мастил, оскільки при термокеруванні мастила не поступають до працюючих поверхонь у зв'язку з великими значеннями межі міцності і в'язкості. Інколи межа збільшується до 1,96 Н/см². В результаті (не дивлячись на достатню кількість мастила в підшипнику) саме поверхні тертя залишаються сухими. Це веде до тимчасового виходу вузла тертя з ладу.

Термозміцнення і механічна стабільність взаємопов'язані. До термозміцнюючих мастил відносяться, наприклад: натрієві, кальцієво-натрієві (ЯНЗ-2, 1-13, 1-13с). Термозміцнення виявляють, вимірюючи межу міцності мастил до і після витримки при підвищених температурах за ГОСТ 7143-73. Зібраний прилад вставляють в лазню. Спостерігають за станом мастила в ковпаку. Температура при якій падає перша крапля мастила через спеціальний отвір ковпачка, називається температурою краплепадіння.

Температура краплепадіння. Температура падіння першої краплі мастила при нагріванні у визначених умовах (за ГОСТ 6793-74) називається температурою краплепадіння. За температурою краплепадіння судять про

верхню температурну межу працездатності мастила. Працездатна температура повинна бути на 10...20 °С нижче температури краплепадіння. Для багатьох мастил визначити робочу температуру за температурою краплепадіння не рекомендується. Наприклад, температура краплепадіння литтєвих мастил звичайно лежить в інтервалі 180...200 °С, верхня температурна межа не більше 130 °С. Деякі гідротировані кальцієві мастила мають температуру краплепадіння, до 100 °С і декілька вище. Тим більше робочі температури цих мастил не повинні перевищувати 65...75 °С. Більшість немильних мастил, особливо високотемпературних, взагалі не мають температури краплепадіння.

За температурою краплепадіння можливо визначити робочу температуру вуглеводних мастил. Для визначення температури краплевиділення використовують спеціальний термометр для визначення температури краплепадіння пластичних мастил.

Колоїдна стабільність характеризує можливість дисперсної середи (масла) виділятися з мастила при зберіганні та експлуатації. Виділення масла з мастила збільшується при збільшенні температури і тиску. Дуже сильно на виділення масла з мастила впливає прикладання до нього одностороннього тиску, наприклад, при дії на мастило відцентрових сил та тисків.

З підвищенням температури колоїдна стабільність погіршується в наслідок зменшення в'язкості дисперсного середовища. Якісні мастила повинні виділяти найбільшу кількість масла при випробовуванні визначених стандартних вимог. Надмірно стабільні ("сухі") мастила погано змащують вузли тертя. Особливо важливо виділення деякої кількості масла з мастила для запобігання підвищеного зносу наприклад, в момент зрушення автомобіля з місця, тобто у стартові періоди. Виділення масла, проявлення слою масла на поверхні мастила при зберіганні (явище синерезиса) свідчить про "старіння" мастила, погіршення експлуатаційних якостей. Такі мастила не придатні до експлуатації. Колоїдну стабільність мастил визначають за ГОСТ 7142-74.

Хімічна стабільність. Під хімічною стабільністю мастил розуміють їх стійкість проти окислення при зберіганні та експлуатації. Окислення мастил

понижує їх антикорозійні властивості, а також викликає їх розміщення, погіршення колоїдної стабільності, мастильної та захисної можливості. При підвищенні температури окислення мастил прискорюється [9].

На хімічну стабільність мастил впливає рід загусника та якість дисперсного середовища. Більшість неорганічних та органічних мастил переважають за хімічною стабільністю (мильні мастила). В мильних мастилах окисленню піддаються масло та загусник. Мила деяких металів є сильними каталізаторами окислення, наприклад, свинцеві. Неможливо отримати хімічно стабільні мастила із масел з низькою хімічною стабільністю без добавки високоефективних анти окисних присадок. Хімічна стабільність дуже важлива для довгопрацюючих та “вічних” мастил, які заправляються в вузли тертя 1...2 рази на протязі 10...15 років або один раз за весь період експлуатації, а також мастил, працюючих при температурах 100 °С. Мастила з низькою хімічною стабільністю мають невеликий строк експлуатації, вимагають частої заміни, що веде до їх перевитрати. Поява твердої корки на поверхні мастила при зберіганні свідчить про глибоке окислення мастила. Таке мастило не придатне до використання.

Сучасні мастила виготовляють з високоякісних масел та хімічно стійких загусників з добавкою антиокисних присадок, дезактиваторів металів. Корозійність мастил визначають за ГОСТ 9.080-77, а стабільність мастил проти окислення – за ГОСТ 5734-76.

Водостійкість передусім важлива для мастил працюючих в негерметичних вузлах тертя або контактуючих з водою.

Мастила не повинні змиватися водою або змінювати свої властивості при попаданні в них вологи. При оцінюванні вологостійкості приймається до уваги гігроскопічність мастил. Обводнені мастила втрачають свої якості. Вологостійкість мастил залежить, головним чином, від роду загусника. Основна маса мастил вологостійка. Недостатню вологостійкість мають комплексні кальцієві мастила, не дивлячись на те, що вони не розчинні у воді. Низькою вологостійкістю в комплексних мастилах володіють кальцієві мила

низькомолекулярних органічних кислот, які є стабілізаторами структури. Тому в склад комплексних кальцієвих мастил, працюючих в умовах високої відносної вологості повітря, необхідно вводити гірофобізуючі присадки. Підвищеною вологостійкістю повинні володіти консерваційні – захисні мастила. Високу вологостійкість мають літєві мастила.

Пенетрація характеризує густину мастила. Показник чисто емпіричний, він не має практичного значення. Число пенетрації виражає глибину занурення стандартного конуса в мастило на протязі 5 с при 25 °С. Чим м'ягше мастило, тим глибше занурення конуса в мастило. Згідно ГОСТ 23258-78 в найменуванні мастила входить індекс класу консистенції: 00, 0,1...7,0. Самі м'яккі мастила мають індекс класу консистенції 00, самі тверді –7,0. Пенетрацію визначають за ГОСТ 5346-78.

Приклади позначень мастил наступні:

- СК_а2/8-2-“С” означає, що мастило загального призначення для звичайних температур (солідол); К_а – загусник – кальцієве мило; 2/8 - температурний діапазон використання в межах – 20...80 °С; 2- індекс класу консистенції.

- МЛі 4/13-3-“М” - багатоцільове мастило; Лі - загусник - літєве мило; 4/13 - температурний діапазон використання в межах – 40...1300 °С; 3 - індекс класу консистенції УНа.

- 3/12-е3-“У” - вузькоспеціалізовані мастила; На – загусник натрієве мило; 3/12-температурний діапазон використання в межах – 30...120 °С; е –масляна основа-складні ефіри; 3-індекс класу консистенції.

- КТ6/5к—г4 –“К” - канатне мастило; Т- загусник – тверді вуглеводи; 6/5 - температурний діапазон використання в межах – 60...50 °С; к - виготовлена на основі кремнійорганічної рідини; г - тверда добавка графіту; 4 - індекс класу консистенції.

2.2 Методи визначення товщини змащувального шару в контактi

тертя

Сучасні змащувальні матеріали експлуатуються при дуже напружених механічних і термічних режимах. Значно зросли контактні напруга і температура мастила в зоні контакту поверхонь, що труться, швидкосні режимами.

Вимірювання товщини змащувальної плівки внесло великий внесок до розвитку КГТЗ і в значній мірі сприяло успіхам в області змазки підшипників.

Дослідниками багатьох вітчизняних та зарубіжних авторів показало, що нестационарні процеси, зокрема пуски і зупинки, надають значне впливання на надійність і довговічність машин і механізмів.

Для визначення ефективності змащувальної дії мастил, змазок і вуглеводневих рідин в період пуску приміювали метод визначення питомої роботи тертя. Реєстрація параметрів, яка характеризує зміни товщини змащувального шару і питомої роботи тертя в процесі пуску, дозволяє по новому підійти до питання про класифікації змащувальних матеріалів по їх пусковим властивостям.

Змащувальний шар у важконавантаженому контактi дуже тонкий, його товщина сумірна з величиною шершавості, нерівності, деформації, вібрації поверхонь тіл, що труться і мають дуже малу протяжність у напрямку руху.

На даний час для вимірювання товщини змащувального шару в контактi приміюється декілька методів. Для оцінки можливостей кожного з існуючих методів має велике значення класифікація по фізичним процесам:

На практиці для дослідження змащувальних шарів в зоні контакту отримали розповсюдження електричні методи з приводу цілого ряду переваг та простоти.

Сутність електричних методів полягає у вимірюванні параметрів електричного струму, який підводиться до змащувального шару в зоні контакту.

Дослідження пробивної напруги вуглеводневих рідин та електричного опору показали, що ці параметри в значній степені залежать від групового

складу вуглеводневих рідин: степені очистки, продуктів зношення, температури, вмісту вологи в мастилi та iнше.

Серед електричних методiв визначення товщини змащувального шару найбільш ефективним є метод вимiрювання падiння електричної напруги (ВПН). Згiдно даних В.Брiкса, М.В.Райко та iнших дослiдникiв, цей метод не має тих проблем, якi виникають в ємкiсних та iнших електричних методах, коли при товщинi змазки менше 5-9 мкм точнiсть вимiрювання товщини змащувального шару значно зменшується, так як мастила втрачають свої дiелектричнi властивостi.

Процес вимiрювання товщини змащувального шару методом ВПН полягає в слiдуючому:

1. Встановлення в змащувальному шарi мiж контактними поверхнями певного режиму електричної провiдностi – режим нормального тлiючого розряду (НТР).
2. Вимiрювання величини падiння електричної напруги на змащувальному шарi ΔU .
3. Перерахування значень ΔU в товщинi змащувального шару по спеціальним тарифовочним залежностям.

Проведенi М.В.Райко експерименти показали, що при процесi тертя контактних поверхонь нормальний тлiючий розряд iснує при силах струму вiд 0,3 ÷ 1,5 А до найбільших, якi досягають в експериментах 50 А. На базi цих даних, а також враховуючи теплове i полеризоване дiї струму, рекомендується проводити вимiрювання при силi струму в 1,5 ÷ 2,0 А..

Застосування методу ВПН в режимi НТР в рiзних умовах тертя, дозволило виявити двi важливих ознаки:

1. Можливо вимiрювати не тiльки загальну товщину, а також гiдродинамiчну, граничну i органичну складникiв змащувального шару.
2. Метод ВПН дозволяє дослiдити дiї рiзних хiмiчно-активних присадок.

Після порівняння результатів вимірювань товщини змащувального шару методом, який вважається більш точним, і механічним методом, виконані В.М.Павловим та М.В.Райко, показали, що розбіжності не перевищують 5 %.

2.3 Вимірювання властивостей пластичних матеріалів

Нами створений пристрій для оцінки триботехнічних характеристик трибоелементів який дозволяє одержати більш достовірні результати досліджень, забезпечує проведення випробувань в умовах кочення, ковзання, реверсу без переобладнання пристрою, характеризується розширенням діапазону коефіцієнта проковзування між контактуючими тілами кочення.

Як показано на рисунк 2.2, пристрій для оцінки триботехнічних характеристик трибоелементів містить два привода 5, 6, на вихідних валах яких кріпляться дослідні ролики 7, 8; обертання приводів здійснюється шляхом програмування керуючим блоком 2 крокових електродвигунів 3, 4, що з'єднані з джерелом живлення 1. Кроковий електродвигун 3 закріплений на мотор-вагах, до яких кріпиться тензодатчик реєстрації моменту тертя 9. Нижній дослідний зразок 7 занурений в мастильний матеріал 10, що знаходиться в ванні 11, до нижнього корпусу якої входять два термотени 12, термопара 13 прикріплена до стрижня 14. Навантажувальний засіб складається з системи ричагів з навантаженням 15 та противагами 16.

Пристрій працює наступним чином. Трибосистема, яка складається з двох рухомих роликів 7, 8, що контактують в процесі тертя, та мастильного матеріалу 10, розміщена в ванні 11. Трибосистема з допомогою навантажувального засобу 15 навантажується заделегідь визначеним зусиллям P і обертальними приводами 5, 6 приводяться в рух ролики. Режимми обертання (ковзання, кочення, кочення з проковзуванням, реверс) програмуються керуючим блоком 2. Момент тертя, частота обертання роликів, температура мастильного матеріалу, падіння напруги в мастильному шарі в контактї записуються та обробляються на ПК 17 в реальному часі з графічним зображенням їх змін (рисунк 2.3).

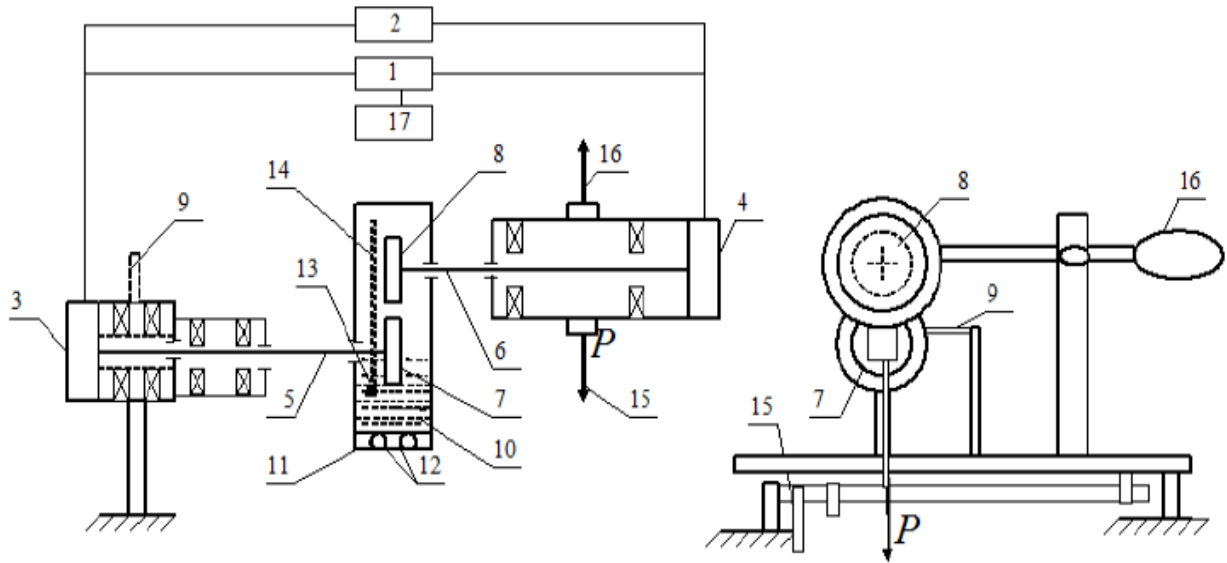


Рисунок 2.2 – Схема триботехнічного комплексу для оцінки змащувальних, антифрикційних та реологічних характеристик мастильних матеріалів

Дослідження проводились на автоматизованому триботехнічному комплексі з реєстрацією зміни трибо технічних характеристик контакту в режимі on-line. Випробування проводили за наступною схемою. Припрацювання роликів здійснювалося в режимі кочення з проковзуванням 3, 10 та 20 %, відповідно сумарна швидкість кочення становила 5,5, 5,1 та 4,8 м/с. Після завершення припрацювання, про що свідчила стабілізація товщини змащувального шару, забиралася ванна із змащувальним матеріалом та імітувався режим масляного голодування. Причому імітувався режим прискореного масляного голодування (мастило після припрацювання повністю витирається з доріжок тертя) і режим нормального масляного голодування (мастило не витирається з доріжок тертя).

В якості зразків використовувалися циліндричні ролики діаметром 50 мм з однойменних матеріалів сталь 9ХС (HRC 55) і сталь 30ХГСА (HRC 35). Початкова шорсткість робочих поверхонь – 0,32 мкм. Контактна напруга складала 400 МПа. Мащення поверхонь тертя відбувалося зануренням в масляну

ванну. В якості мастильного середовища використовувалося мастило Aero Shell Grease 33 та змазка Эра.

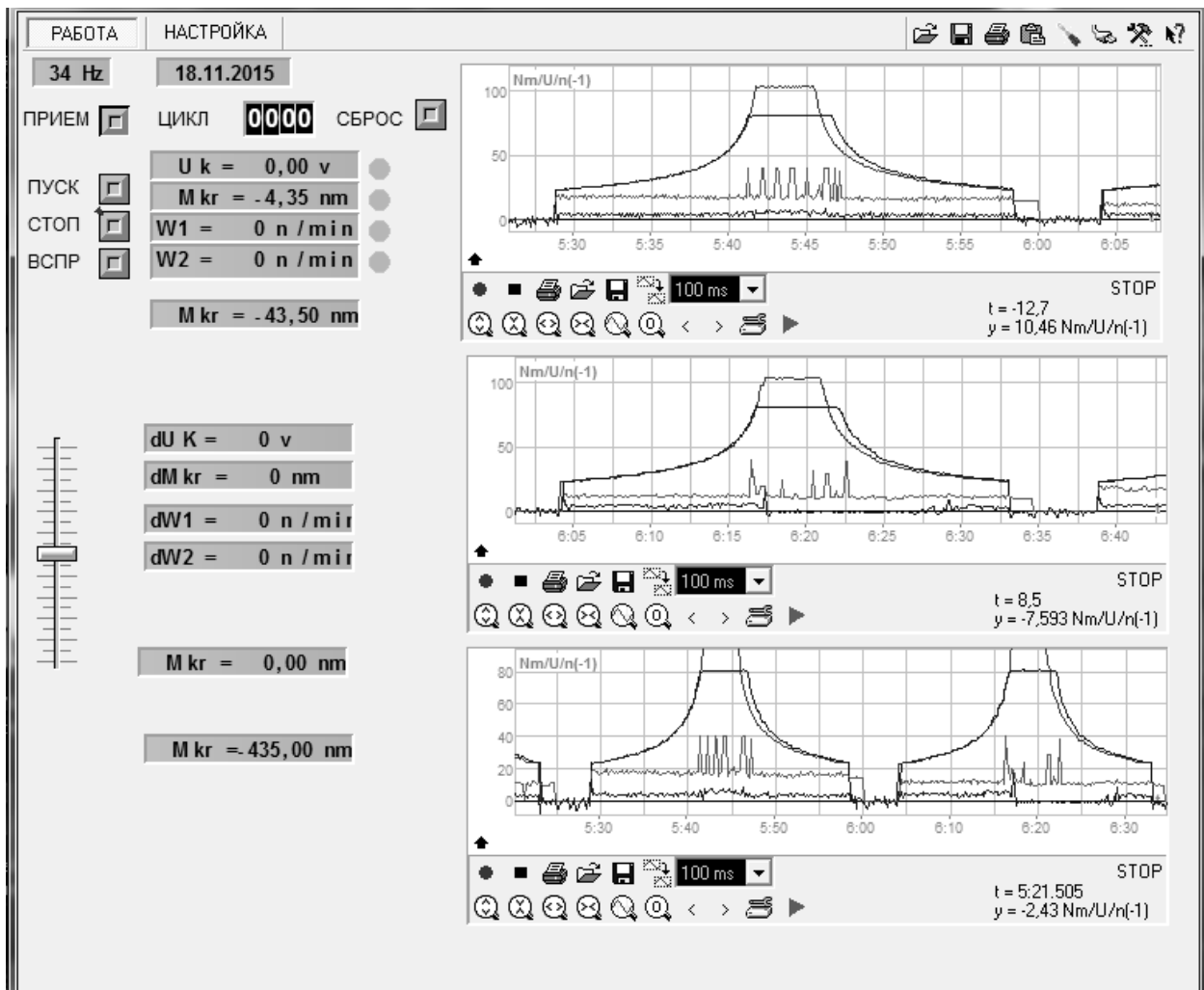


Рисунок 2.3 – Фрагменти програм прийому та обробки триботехнічних параметрів в зоні контакту в реальному часі проведення експериментальних досліджень

Висновки до розділу 2

Дослідження процесів при роботі с частими пусками-зупинками та змінюючою температурою проводились в умовах моделювання на машині СМЦ-1, яка забезпечена керуючим електроним блоком, що дозволяє в широкому діапазоні змінювати параметри нестационарності. Використання модельної установки дозволило підтвердити вірність прийнятих критеріїв оцінки та встановити достовірність методики прискорених випробувань.

РОЗДІЛ 3

ВЛАСТИВОСТІ МАСТИЛ AERO SHELL GREASE 33 та ЭРА ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ 9ХС і 30ХГСА

3.1 Постановка проблеми дослідження

Процес заїдання пов'язаний з руйнуванням змащувального шару на поверхні контактуючих пар. Трибохімічний аспект даної проблеми на сучасному етапі не розкритий в достатній мірі.

На процес заїдання істотно впливають такі параметри, як навантаження, швидкість ковзання і кочення, шорсткість контактних поверхонь, тип та структура металу, температура, фізико-хімічні характеристики змащувального матеріалу і навколишнього середовища, кількість та якість присадок до базової основи оливи, спосіб та режим змащування і інші чинники.

Існуючі методи вимірювання товщини змащувального шару дозволяють спостерігати кінетику змащувального процесу перед початком заїдання тільки при достатньо великій товщині змащувального шару, що розділяє контактні поверхні. Поведінка ж тонких змащувальних шарів (1 мкм і менше) перед їх руйнуванням на контактних поверхнях в даний час є предметом дискусії [10].

Заїдання відноситься до аварійних видів руйнування поверхонь тертя, оскільки, на відміну від інших, коли проявляються перші ознаки схоплювання пар тертя, вони протягом короткого часу можуть призвести до повної непридатності механізму до подальшої експлуатації.

Руйнування змащувального шару є обов'язковою умовою виникнення заїдання. Відомості про характер руйнування змащувального шару та причини, які викликають цей процес, обмежені, тому за існуючими експериментальними та теоретичними матеріалами важко представити, а тим більше прогнозувати, цей процес повномасштабно.

Руйнування змащувального шару настає як результат двох основних причин, які, у свою чергу, поділяються на безліч підпричин. До них відносяться – метал поверхонь тертя і змащувальний матеріал, взаємодія яких

характеризується спектром механічних, фізико-хімічних і термічних процесів, які проявляються на межі розділу фаз [6]. Проте, відомо, що заїдання може відбуватися і при температурах, які несуттєво впливають на властивості матеріалу контактних поверхонь. Насамперед, це об'ємні властивості матеріалу. Окрім вищезазначеного, інші закономірності зміни властивостей характерні для мастильного матеріалу. Впродовж всього терміну служби він зазнає значні фізико-хімічні перетворення в об'ємі і, особливо це спостерігається, на межі розділу фаз [7]. Внаслідок перебігу цих процесів змінюється, а в окремих випадках припиняється, змащувальна здатність масел і мастил. Внаслідок зміни властивостей мастильного матеріалу або в результаті спрацьовування змащувального матеріалу за відсутності підживлення його в зону контакту, може відбутися заїдання. Існуючі методи вимірювання товщини змащувального шару дозволяють фіксувати зміни при достатньо великих її значеннях. У випадках же, коли змащувальний шар тонкий, ці методи нечутливі. Руйнування змащувального шару фіксують по збільшенню коефіцієнтів тертя [8]. Але саме змащувальні шари малої товщини і визначають кінетику розвитку подальших процесів, що призводять до катастрофічного зносу.

Область масляного голодування, в яку входять два ці випадки, відноситься до групи критичних режимів, які і складають предмет досліджень.

Таким чином метою роботи є визначення закономірностей зміни товщини змащувального шару в період масляного голодування і, особливо, на ділянці безпосередньо перед заїданням контактних поверхонь залежно від режиму мащення та матеріалу елементів трибоспряження.

3.2 Експериментальне дослідження режиму масляного голодування в умовах кочення в локальному контакті

На рисунку 3.1 показано зміну товщини змащувального шару в період припрацювання для обраних матеріалів в різних умовах.

Аналіз кінетики формування мастильного шару на контактних поверхнях свідчить, що, незалежно від величини проковзування контактних поверхонь,

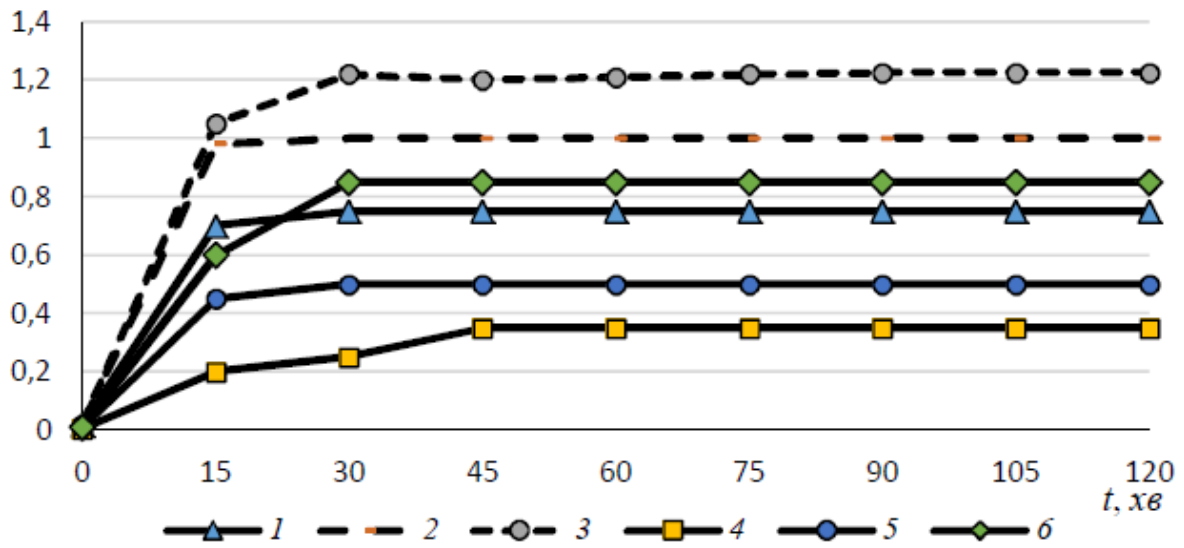
стала товщина змащувального шару, сформованого на сталі 9ХС після припрацювання, приблизно на 30-40 % перевищує товщину шару, зафіксовану на сталі 30ХГСА.

Іншою закономірністю, встановленою в експериментах, є вплив ступеня проковзування на формування товщини мастильного шару в трибо технічному контакті. Незалежно від типу матеріалу контактних поверхонь, збільшення проковзування з 3 до 20 % обумовлює зростання товщини мастильного шару в контакті, в середньому, в 2 рази. Механізм цього явища ґрунтується на позитивному впливі дотичних напружень зсуву в результаті проковзування, більш інтенсивною активацією поверхонь тертя, як результат цих явищ є зростання товщини змащувального шару.

Наступний етап випробувань включав режим масляного голодування. На рисунок 3.2 показана зміна товщини змащувального шару при роботі в режимі кочення з проковзуванням 20 % на сталі 9ХС. Оскільки мастило додатково в зону контакту не подавалося, тому відсутня гідродинамічна товщина мастильного шару. Початкова товщина плівки – це граничні шари мастильного матеріалу, які сформувалися на активованих тертях контактних поверхнях в період припрацювання, товщина яких складає, в середньому, 0,3 мкм

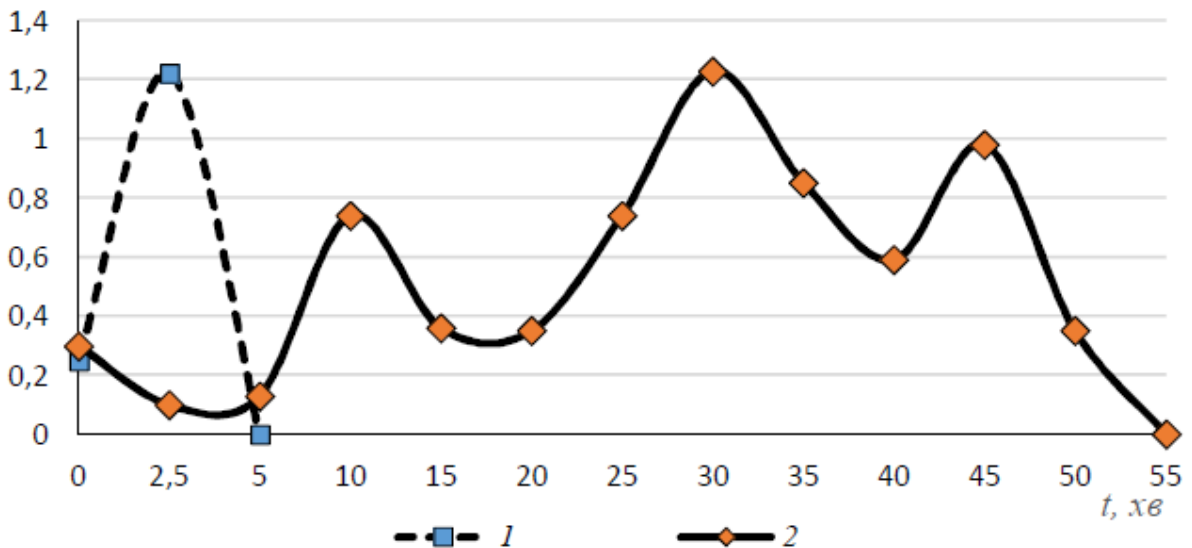
За умов, коли мастило з поверхонь роликів не витиралося (крива 2), відразу спостерігається різке зменшення товщини шару до 0,1 мкм, проте до 8 хв випробувань товщина зростає, надалі із збільшенням тривалості напрацювання настає період коливань товщини шару з певною закономірністю. Перепад товщини складає приблизно 0,25 – 1 мкм. На завершальному етапі випробувань встановлено зростання товщини змащувального шару, який досягав початкового сталого значення в період припрацювання. Після цього починається зменшення товщини змащувального шару до повного його руйнування.

В зоні контакту спостерігалось димлення змащувального матеріалу, хоча різких змін частоти обертання зразків не було. Слід зазначити, що процес руйнування змащувального шару відбувається не лавиноподібно, він наче розтягнутий у часі. В даному досліді тривалість цього процесу складає 55 хв.

$h, \text{ мкм}$ 

1, 2, 3 – сталь 9ХС; 4, 5, 6 – сталь 30ХГСА; 1, 4 – проковзування 3 %;
 2, 5 – проковзування 10 %; 3, 6 – проковзування 20 %

Рисунок 3.1 - Зміна товщини змащувального шару в період припрацювання

 $h, \text{ мкм}$ 

1 – мастило витиралось з доріжки тертя; 2 – мастило не витиралось з доріжки тертя

Рисунок 3.2 - Зміна товщини змащувального шару при коченні з проковзуванням 20 % (сталь 9ХС)

На рисунок 3.2 (крива 1) показана зміна товщини змащувального шару при роботі в режимі кочення з проковзуванням 20 % на сталі 9ХС за умов, коли мастило з поверхонь тертя ретельно витиралося. На відміну від попереднього дослідю, при переході до критичних умов мащення, спостерігається різке зростання товщини змащувального шару до величини, яка відповідає сталому значенню товщини шару в період припрацювання (товщина плівки граничних шарів збільшується з 0,3 до 1,21 мкм). Надалі відбувається такий же різкий спад товщини шару, його руйнування і схоплювання робочих поверхонь. Цей процес продовжується 5 хв, тобто при витиранні мастила з доріжок тертя швидкість руйнування змащувального шару збільшилася в 10 разів в порівнянні з дослідом, де мастило не витиралося.

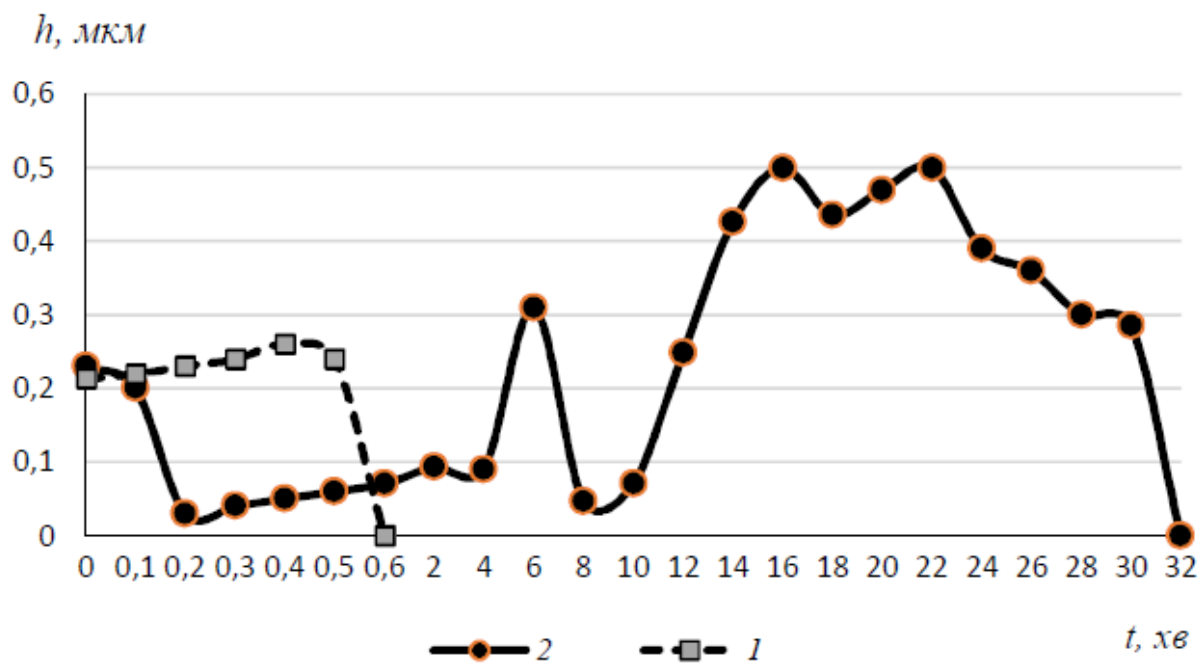
Таким чином, примусове видалення мастильного матеріалу з зони контакту призводить до зростання швидкості його руйнування. Можливо припустити наступний механізм цього явища. Сформований в процесі тертя на активованій металевій поверхні граничний шар мастильного матеріалу неоднорідний за своєю структурою. По-перше, мономолекулярний шар, безпосередньо прилеглий до поверхні, зв'язаний з металом сильними хімічними зв'язками за рахунок утворення металевих миль в результаті хімічної реакції між поверхнею металу і літієвим милом (основного компонента досліджуваного мастила). Однак, і цей шар може бути неоднорідним завдяки наявності в мастилі синтетичної суміші вуглеводнів і ефіру, інгібіторів корозії і окислення. По-друге, граничний шар характеризується анізотропними властивостями за рахунок збільшення відстані від поверхні металу, що проявляється в ослабленні впливу твердої фази металу на компоненти мастильного матеріалу.

У випадку, коли мастило примусово видаляється із зони контакту, відбувається стрімка дезорієнтація граничних шарів за рахунок градієнта швидкості зсуву, порушення суцільності граничного шару, що призводить до схоплювання контактних поверхонь.

У випадку, коли мастило примусово не видаляється із зони контакту, існує додатковий «резерв» мастильного матеріалу за рахунок найбільш

віддалених від поверхні металу шарів, які пов'язані з оточуючими молекулами слабкими Ван-дер-Ваальсовими силами взаємодії і можуть вільно мігрувати по поверхні, тим самим запобігаючи безпосередньому металевому контакту.

Після того, як були проведені випробування зі сталлю 9ХС в умовах кочення з проковзуванням 20 % при переході трибосистеми до масляного голодування, в наступних експериментах були використані зразки із сталі 30ХГСА з твердістю вдвічі меншою, ніж у сталі 9ХС. На рисунк 3.3 (крива 2) показана зміна товщини змащувального шару в умовах масляного голодування, коли мастило не витиралося з доріжок тертя.



1 – мастило витиралося з доріжки тертя; 2 – мастило не витиралося з доріжок тертя

Рисунок 3.3 - Зміна товщини змащувального шару в умовах масляного голодування для сталі 30ХГСА

В проведених експериментах також спостерігається різке зменшення товщини шару при переході до умов масляного голодування, однак величина мінімального значення товщини змащувального шару зменшується вдвічі і складає 0,05 мкм, в порівнянні з аналогічними експериментами на сталі 9ХС. Надалі зафіксовано зростання ефективності мащення – товщина шару

збільшилась до 0,3 мкм і почали відбуватися аналогічні її коливання. Проте, амплітуда коливань товщини становить 0,1 – 0,5 мкм, що вдвічі менше, ніж для сталі 9ХС. Це перша відмінність. Друга – тривалість існування змащувального шару до повного руйнування майже вдвічі менша, ніж для змащувального шару на сталі 9ХС, і становить 32 хв. Третьою відмінністю є те, що процес руйнування змащувального шару відбувається майже миттєво, тобто змащувальний шар як би зривається з поверхні металу. Пригадаємо, що на сталі 9ХС в ідентичних умовах цей процес розтягувався до 2-12 хв., залежно від умов випробувань.

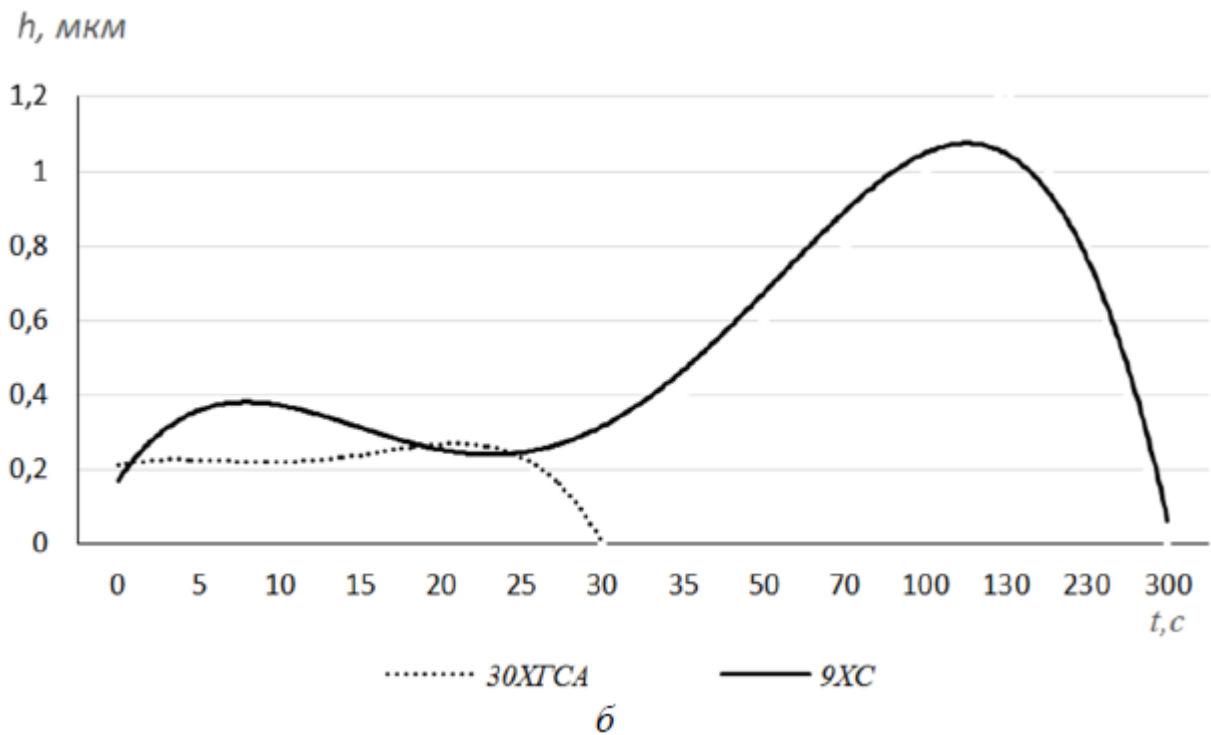
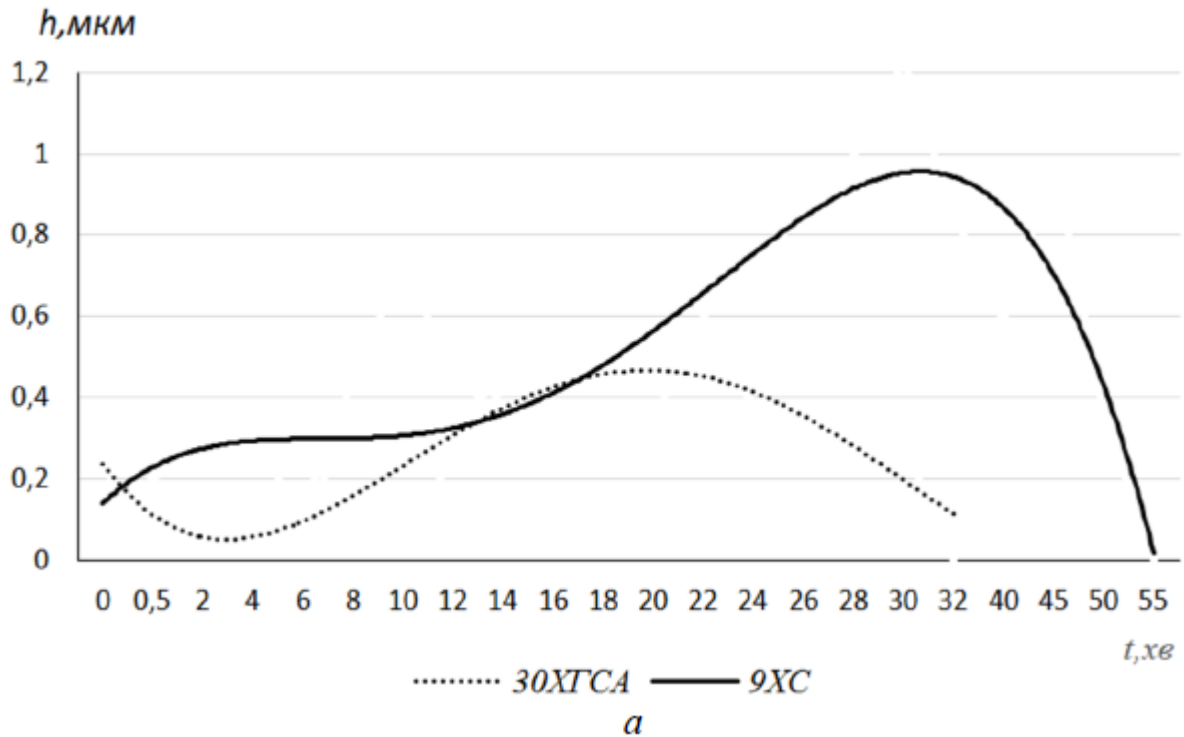
На рисунок 3.3 (крива 1) показана зміна товщини змащувального шару за умов 20 % проковзування в контактi, а мастило було ретельно витерто з поверхні роликів. Схоплювання наступило вже через 30 с. Аналогічні випробування на сталі 9ХС показали, що змащувальний шар «живе» в експериментальних умовах в 10 разів довше.

Порівнюючи характер кінетики зміни товщини змащувального шару для досліджуваних марок сталей, можна однозначно стверджувати, що твердість матеріалу контактних поверхонь є основним чинником, який впливає на відмінність характеру перебігу змащувальної дії, оскільки вся решта параметрів були однаковими. Якщо спробувати накласти сумарну (по всій серії експериментів) криву зміни товщини змащувального шару в період масляного голодування для сталей 9ХС і 30ХГСА, то вийде схема, показана на рисунок 3.4.

3.3 Аналіз закономірностей кінетики зміни товщини мастильного шару в критичних умовах мащення

Загальні закономірності кінетики зміни товщини мастильного шару в контактi (h , мкм) залежно від часу напрацювання пар тертя (t) можуть бути представлені наступними рівняннями поліноміальної регресії 4- го ступеня з високою достовірністю апроксимації (R^2):

$h = -9E-05t^4 + 0,0035t^3 - 0,0397t^2 + 0,1842t - 0,005$; – ($R^2 = 0,7146$, t , хв) – для сталі 9ХС (мастило не видалялось з доріжки тертя);



а – мастило не видалялось з доріжки тертя; б – мастило витиралось з доріжки тертя

Рисунок 3.4 - Узагальнені криві кінетики зміни товщини змащувального шару для сталей 9ХС і 30ХГСА в умовах масляного голодування

$h = 8E-05t^4 - 0,0038t^3 + 0,0575t^2 - 0,2734t + 0,4589$; – ($R^2 = 0,8237$, t, хв) – для сталі 30ХГСА (мастило не видалялось з доріжки тертя);

$h = -0,001t^4 + 0,0268t^3 - 0,2216t^2 + 0,6793t - 0,3101$; – ($R^2 = 0,9332$, t, с) – для сталі 9ХС (мастило видалялось з доріжки тертя);

$h = -0,0025t^4 + 0,0321t^3 - 0,1417t^2 + 0,2526t + 0,0707$; – ($R^2 = 0,995$, t, с) – для сталі 30ХГСА (мастило видалялось з доріжки тертя).

Загальні якісні закономірності кінетики зміни товщини мастильного шару в критичних умовах мащення можна представити наступним чином. На першій стадії змащувальний шар на більш м'якій сталі при переході до жорстких умов тертя починає інтенсивно витиратися, що проявляється в різкому провалі товщини шару. На більш твердій сталі перехід до жорстких умов тертя викликає коливання товщини шару, але інтенсивного витирання шару не спостерігається.

Другий етап приблизно однаковий для обох сталей – частота коливань товщини змащувального шару різко зростає, але амплітуда коливань залишається невеликою. Третій етап розрізняється по інтенсивності руйнування змащувального шару. Базуючись на вказаних експериментальних фактах, можна пояснити одержані результати впливом твердості на характер прояву змащувальної здатності мастила в критичних режимах. Зменшення твердості сприяє пластичній деформації підвищеному зношуванню контактуючих пар, що обумовлює інтенсифікацію механічного руйнування масляної плівки, що призводить до виникнення ювенільних поверхонь та схоплювання пар тертя (рисунок 3.5).

Лінійний знос як випереджаючої, так і відстаючої поверхонь сталі 30ХГСА вдвічі перевищує знос, встановлений на сталі 9ХС. На доріжці тертя сталі 30ХГСА спостерігаються ділянки схоплювання контактних поверхонь, в той час як поверхня тертя сталі 9ХС однорідна при візуальному спостереженні.

Це узгоджується з нашими результатами, коли при переході до критичного режиму на сталі 30ХГСА змащувальний шар різко зменшує товщину до небезпечних значень. Проте зменшення твердості сприяє також протіканню процесу припрацювання, збільшенню площі фактичного контакту і зниженню

локальних температур в дискретних точках контакту. Тобто варіюванням по твердості дослідного зразка можна ініціювати той або інший конкуруючий процес і тим самим надати змащувальній здатності мастила абсолютно певну спрямованість.

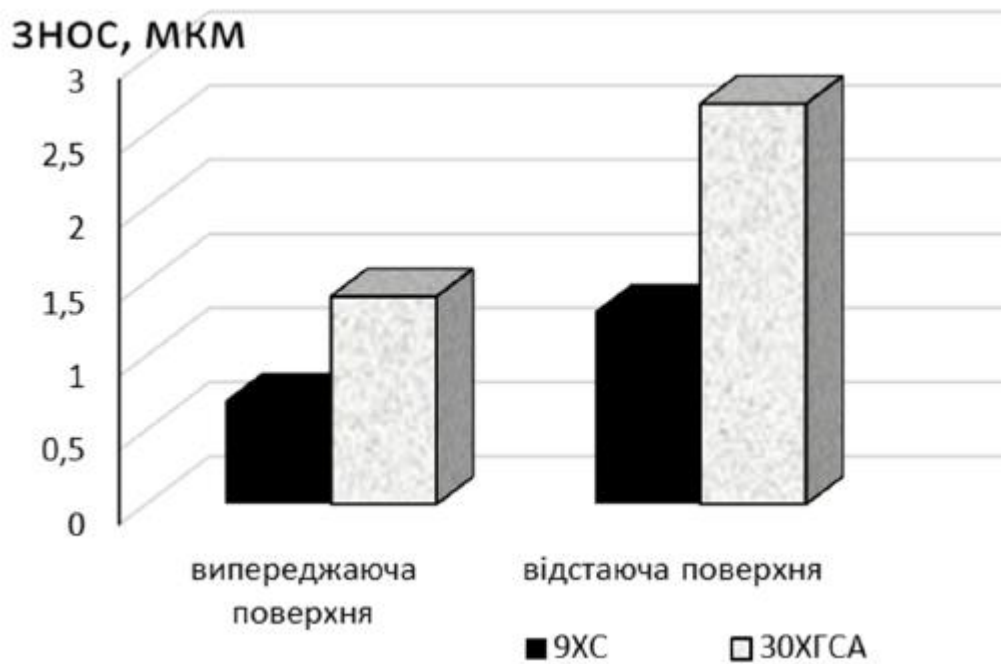


Рисунок 3.5 - Лінійний знос випереджаючої та відстаючої поверхонь в умовах масляного голодування

Висновки до розділу 3

Розглянуті закономірності роботи контактних поверхонь при переході трибосистеми в режим масляного голодування дозволяють виділити узагальнені зміни, які проявляються в наступному:

- примусове видалення мастила Aero Shell Grease 33 з контактних поверхонь обумовлює стрімку дезорієнтацію граничних шарів за рахунок градієнта швидкості зсуву, порушення суцільності граничного шару, що призводить до схоплювання контактних поверхонь;

- за умов, коли мастило примусово не видаляється із зони контакту, існує додатковий «резерв» мастильного матеріалу за рахунок найбільш віддалених від поверхні металу шарів, які пов'язані з оточуючими молекулами слабкими Вандер-Ваальсовими силами взаємодії і можуть вільно мігрувати по поверхні, тим самим запобігаючи безпосередньому металевому контакту, збільшуючи напрацювання контактних поверхонь;

- зменшення твердості сталі призводить до кореляційного зниження товщини шару при переході до умов масляного голодування та тривалості існування змащувального шару до повного руйнування;

- зменшення твердості сталі сприяє пластичній деформації і підвищеному зношуванню контактуючих пар, що обумовлює інтенсифікацію механічного руйнування масляної плівки, що призводить до виникнення ювенільних поверхонь та схоплювання пар тертя.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виконання магістерської роботи велику кількість часу відводилось роботі з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ): обробка отриманих результатів, будування графіків, набір тексту та інше. Тому розділ охорони праці ми присвячуємо техніці безпеки при роботі на ЕОМ.

4.1 Небезпечні та шкідливі фактори при обробці статистичних даних на комп'ютері при дослідженні змащувальної дії

Облаштування робочих місць, обладнаних видеотерміналами, повинно забезпечувати:

належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність відблисків;

оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху, рівень іонізація повітря);

належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця, а також враховувати такі небезпечні і шкідливі фактори:

- наявність шуму та вібрації;
- м'яке рентгенівське випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації [10].

4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих факторів при обробці статистичних даних на комп'ютері при дослідженні змащувальної дії

Вимоги до приміщення

Будівлі та приміщення, в яких експлуатуються ЕОМ та виконуються їх обслуговування, повинні відповідати вимогам: СНиП 2.09.02-85, СНиП 2.09.04-87, ПУЕ-86, ДНАОП 0.00-1.21-98, ДСанПіН 3.3.2.-007-98 “Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин” затверджених МОЗ України 10.12.98, а також вимогам нормативно-технічної експлуатаційної документації заводу-виробника ЕОМ, чинних санітарних норм, санітарних норм і правил, правил у сфері охорони праці та цих Правил;

площу приміщень, в яких розташовують відеотермінали, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, байдуже відеотерміналом: площа – не менше 6,0 м², обсяг – не менше 20,0 м³;

стіни, стеля, підлога приміщень, де розміщені ЕОМ, повинні виготовлятися з матеріалів, дозволених для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду;

у приміщеннях з ЕОМ слід щоденно проводити вологе прибирання;

у приміщеннях з ЕОМ повинні бути медичні аптечки першої допомоги.

Вимоги до освітлення

Приміщення з ЕОМ повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79 “Естественное и искусственное освещение”;

природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %;

при виробничій потребі дозволяється експлуатувати ЕОМ у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами державного нагляду за охороною праці та органами і установами санітарно-епідеміологічної служби;

вікна приміщень з відеотерміналами повинні мати регулювальні пристрої для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки тощо;

штучне освітлення приміщення з робочими місцями, обладнаними відеотерміналами ЕОМ персонального користування, має бути обладнане системою загального рівномірного освітлення. Допускається вживати систему комбінованого освітлення (додатково до загального освітлення встановлюються світильники місцевого освітлення);

загальне освітлення має розміщуватися збоку від робочих місць (переважно зліва) паралельно лінії зору працівників;

для загального освітлення необхідно застосовувати світильники із розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзеркалювачами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Застосування світильників без розсіювачів та екранних сіток забороняється;

як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ;

яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більше 200 кд/м^2 , а захисний кут світильників повинен бути не більшим за 40° ;

коефіцієнт запасу (Кз) відповідно до СНиП П-4-79 для освітлювальної установки загального освітлення слід приймати рівним 1,4;

коефіцієнт пульсації повинен не перевищувати 5% і забезпечуватися застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального і місцевого освітлення;

рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300-500 Лк. Допускається застосування світильників місцевого

освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрану та збільшення освітленості екрану більше ніж 300 Лк;

світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла з захисним кутом не меншим за 40° ;

необхідно передбачити обмеження прямої блискості від джерела природного та штучного освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і перебувають у полі зору, повинна бути не більшою за 200 кд/м²;

необхідно обмежувати відбиту блискість шляхом правильного вибору типів світильників та розміщення робочих місць відносно джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані відеотерміналу не повинна перевищувати 40 кд/м², яскравість стелі при застосуванні системи відбивного освітлення не повинна перевищувати 200 кд/м²;

необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з відеотерміналом, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, обладнання) – 5:1;

для забезпечення нормованих значень освітлення в приміщеннях з відеотерміналами ЕОМ загального та персонального користування необхідно очищати віконне скло та світильники не рідше ніж 2 рази на рік, та своєчасно проводити заміну ламп, що перегоріли [11].

Вимоги до рівнів шуму та вібрації

У приміщеннях з ЕОМ рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ Шум. Общие требования безопасности”, СН 3223-85 “Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях”, затверджених Міністерством охорони здоров'я СРСР, ГР № 2411-81 “Тігієнічні рекомендації по встановленню рівнів шуму на робочих місцях з урахуванням напруженості та

тяжкості праці”, затверджених Міністерством охорони здоров’я України. Рівні шуму на робочих місцях осіб, що працюють з відеотерміналами та ЕОМ, визначені ДСанПіН 3.3.2.007-98;

для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях та на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, вибір яких обґрунтовується спеціальними інженерно-акустичними розрахунками;

як засоби шумопоглинання повинні застосовуватися негорючі або важкогорючі спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот 31,5 – 8000 Гц, або інші матеріали аналогічного призначення, дозволені для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями;

рівні вібрації під час виконання робіт з ЕОМ у виробничих приміщеннях не повинні перевищувати допустимих значень, визначених в СН 3044-84 “Санитарные нормы вибрации рабочих мест”, затверджених Міністерством охорони здоров’я СРСР, та ДСанПіН 3.3.2.007-98 [57].

Вимоги до вентиляції, опалення та кондиціювання, мікроклімату

Приміщення з ЕОМ повинні бути обладнані системами опалення, кондиціювання повітря або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”;

параметри мікроклімату, іонного складу повітря, вміст шкідливих речовин на робочих місцях, оснащених відеотерміналами, повинні відповідати вимогам пункту 2.4 СН 4088-86 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”, затверджених Міністерством охорони здоров’я СРСР, ГОСТ 12.1.005-88 “ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны” (таблиця 4.1.), СН 2152-80 “Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень”, затверджених Міністерством охорони здоров’я СРСР (див. табл. 4.2.);

для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачити установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря [11].

Вимоги щодо рівня неіонізуючих електромагнітних випромінювань, електростатичних та магнітних полів

Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.006-84 “ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля”, СН № 3206-85 “Гранично допустимі рівні магнітних полів частотою 50 Гц” та ДСанПіН 3.3.2.007-98;

рівні інфрачервоного випромінювання не повинні перевищувати граничних відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 та СН № 4088-86 з урахуванням площі тіла, яка опромінюється, та ДСаПіН 3.3.2.007-98;

рівні ультрафіолетового випромінювання не повинні перевищувати допустимих відповідно до СН № 4557-88 “Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання у виробничих приміщеннях”, затверджених Міністерством охорони здоров'я СРСР, та ДСанПіН 3.3.2.007-98;

гранично допустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати рівнів, наведених в ГОСТ 12.1.045 “ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля”, СН № 1757-77 “Санитарно-гигиенические нормы допустимой напряженности электростатического поля” та ДСанПіН 3.3.2.007-98;

потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу відеотерміналу при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджених постановою державного санітарного лікаря Міністерства охорони здоров'я України від 18.08.97 № 58, не повинна

перевищувати $7,74 \cdot 10^{-12}$ А/кГ, що відповідає еквівалентній дозі 0,1 мбер/год (100 мкР/год);

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 вміст озону в повітрі робочої зони не повинен перевищувати 0,1 мг/м³; вміст оксидів азоту – 5 мг/м³; вміст пилу – 4 мг/м³[12].

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату для приміщень з ВДТ та ПЕОМ

Пора року	Категорія робіт згідно з ГОСТ 12.1.005-88	Температура повітря, °С оптимальна	Відносна вологість повітря, % оптимальна	Швидкість руху повітря, м/с оптимальна
Холодна	легка - 1а	22-24	40-60	0,1
	легка - 1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	Легка – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легка – 1б	22-24	40-60	0,2

Таблиця 4.2 - Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ та ПЕОМ (відповідно до СН 2152-80)

Р і в н і	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Вимоги електробезпеки

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПВЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів;

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення, штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового

та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника;

неприпустими є підключення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв;

заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”;

є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;

- користування пошкодженими розетками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затепнення або випинання;

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів [12].

Вимоги до обладнання

Відеотермінали, ЕОМ, ПЕОМ, спеціальні периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні відповідати вимогам чинних в Україні стандартів, нормативних актів з охорони праці та цих Правил. Відеотермінали, ЕОМ, ПЕОМ, спеціальні периферійні пристрої ЕОМ закордонного виробництва додатково повинні відповідати

вимогам національних стандартів держав-виробників і мати відповідну позначку на корпусі, в паспорті або іншій експлуатаційній документації;

за способом захисту людини від ураження електричним струмом відеотермінали, ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні відповідати 1 класу захисту згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 “ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности” та ГОСТ 25861-83 “Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний” або повинні бути заземлені відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98 [12];

вимоги до відеотерміналів наведені в таблиці 4.3;

вимоги щодо допустимих значень неіонізуючого електромагнітного випромінювання:

- напруженість електромагнітного поля на відстані 50 см навкруги ВДТ за електричною складовою не повинна перевищувати:

у діапазоні частот 5 кГц – 2 кГц – 25 В/м;

у діапазоні частот 2 кГц – 400 кГц – 2,5 В/м;

- щільність магнітного потоку не повинна перевищувати:

у діапазоні частот 5 кГц – 2 кГц – 250 нТл;

у діапазоні частот 2 кГц – 400 кГц – 25 нТл;

- поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В;

- потужність дози рентгенівського випромінювання на відстані 5 см від екрану та інших поверхонь ВДТ не повинна перевищувати 100 мкР/год [13].

Вимоги до організації робочого місця користувача ЕОМ

Організація робочого місця користувача відеотерміналу та ЕОМ повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032-78 “ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”; характеру та

особливостям трудової діяльності; площа, виділена для одного робочого місця з відеотерміналом або персональною ЕОМ, повинна складати не менше 6 м², а обсяг – не менше 20 м³.

робочі місця з відеотерміналами відносно сітлових прорізів повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва;

при розміщенні робочих місць з відеотерміналами та персональними ЕОМ необхідно дотримуватись таких вимог:

- робочі місця з відеотерміналами та персональними ЕОМ розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами;

- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів має бути не меншою за 1,2 м;

організація робочого місця користувача ЕОМ повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам відповідно до ГОСТ 12.2.032-78 “ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”; конструкція робочого місця користувача відеотерміналу (при роботі сидячи) має забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70 ° - 90 ° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20 ° відносно горизонтальної площини, нахил голови – 15 ° - 20 ° відносно вертикальної площини;

висота робочої поверхні столу для відеотерміналу має бути в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600 – 1400 мм, глибина - 800 – 1000 мм;

робочий стіл для відеотерміналу повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм, на рівні витягнутої ноги – не менше 650 мм;

робочий стіл для відеотерміналу, як правило, має бути обладнаним підставкою для ніг шириною не менше 300 мм та либиною не менше 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні – в межах 20 °. Підставка повинна мати рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм;

Таблиця 4.3 - Вимоги до відеотерміналів

Найменування параметрів	Значення параметра
Яскравість знака (яскравість фону), кд/м ² Зовнішня освітленість екрана, лк Контраст (для монохромних зображень) Нерівномірність яскравості в робочій зоні екрана	від 35 до 120 від 100 до 250 від 3:1 до 1,5:1 не більше 1,7:1
Відхилення форми робочої зони екрана від прямокутності : - по горизонталі та вертикалі - по діагоналі	не більше 2 % не більше 4 % відношення суми коротких сторін до суми довгих не більше 2 % середнього значення
Різниця довжин рядків або стовпчиків	
Розмір мінімального елемента зображення (пікселя) для монохромних зображень, мм Допустима тимчасова нестабільність зображення (мигання)	0,3 не повинна бути зафіксована у 90 відсотків спостерігачів
Відбивна властивість, дзеркальне та змішане відображення (відблиск), % (допускається виконання вимог при застосуванні приекранного фільтра)	не більше 1
Відношення ширини знака до його висоти для великих літер Мінливість розміру знака Ширина лінії контуру знака	від 0,7 до 0,9 не більше 5 % висоти 0,15-0,1 висоти знака
Модуляція щодо яскравості растру: - для монохромних зображень - для багатокорірних зображень	не більше 0,4 не більше 0,7
Відстань між рядками	не менше ширини контуру знака або одного елемента зображення

робоче сидіння користувача відеотерміналу та персональної ЕОМ повинно бути підйомно-поворотним, таким, що регулюється за висотою, кутом нахилу сидіння та спинки, за відстанню спинки до переднього краю сидіння, висотою підлокітників;

регулювання кожного параметра має бути незалежним, плавним або ступінчастим, мати надійну фіксацію. Хід ступінчастого регулювання елементів сидіння має становити для лінійних розмірів 15 - 20 мм, для кутових – 2 - 5 °;

ширина та глибина сидіння повинні бути не меншими за 400 мм. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400 - 500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15 ° вперед до 5 ° назад;

висота спинки сидіння має становити 300 ± 20 мм, ширина – не менше 380 мм, радіус кривизни в горизонтальній площині – 400 мм. Кут нахилу спинки повинен регулюватися в межах 0 – 30 ° відносно вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння повинна регулюватись у межах 260 – 400 мм;

для зниження статичного напруження м'язів рук необхідно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники довжиною не менше 250 мм, шириною – 50 – 70 мм, що регулюються по висоті над сидінням у межах 230 ± 30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350 – 500 мм;

екран відеотерміналу та клавіатура мають розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків та символів;

відстань від екрана до ока працівника повинна складати:

при розмірі екрану до діагоналі :

35/38 см (14"/15")	600-700 мм
43 см (17")	700-800 мм
48 см (19")	800-900 мм
53 см (21")	900-1000 мм

розташування екрану відеотерміналу має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом ± 30 від лінії зору працівника;

клавіатуру слід розміщувати на поверхні столу або на спеціальній, регульованій за висотою, робочій поверхні. Кут нахилу клавіатури має бути в межах 5-15 ;

розміщення принтера або іншого пристрою введення-виведення інформації на робочому місці забезпечувати добру видимість екрану відеотерміналу, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900-1300 мм, по глибині 400-500 мм [13].

Вимоги безпеки під час експлуатації ЕОМ

Користувачі ЕОМ повинні слідкувати за тим, що відеотермінали, ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ були справними і випробуваними відповідно до чинних нормативних документів;

щоденно перед початком роботи необхідно проводити очищення екрану відеотерміналу від пилу та інших забруднень;

під час виконання роботи відеотермінал та персональна ЕОМ повинні бути відключені від електричної мережі;

у разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити відеотермінал та ЕОМ від електричної мережі;

при використанні з ЕОМ та відеотерміналами лазерних принтерів потрібно дотримуватись вимог Санітарних норм та правил устрою та експлуатації лазерів № 5804-91, затверджених Міністерством охорони здоров'я СРСР в 1991 р.;

при потребі, для захисту від електромагнітних, електростатичних та інших полів можуть застосовуватися спеціальні технічні засоби, що мають відповідний

сертифікат або санітарно-гігієнічний висновок акредитованих органів щодо їх захисних властивостей;

є неприпустимими такі дії:

- виконання обслуговування, ремонту та зберігання біля відеотерміналу та ЕОМ паперу, дискет, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- робота з відеотерміналами, в яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо [13].

Відпочинок оператора ЕОМ

Режим праці та відпочинку тих, хто працює з ЕОМ, визначається залежно від виконувальної роботи до ДСанПіН 3.3.2.007-98;

якщо проводиться психологічне розвантаження працівників, що виконують роботи з застосуванням ЕОМ, то воно повинно проводитись у спеціально обладнаних приміщеннях (кімната психологічного розвантаження) під час регламентованих перерв до методики проведення психофізіологічного розвантаження, викладеної в додатку 9 до ДСанПіН 3.3.2.-007-98;

приміщення для відпочинку осіб, які працюють з ЕОМ, призначені для приймання їжі, психологічного розвантаження, та інші побутові приміщення повинні обладнуватись відповідно до вимог СНиП 2.09.04-87 “Административные и бытовые здания”, з урахуванням максимальної кількості працівників, що одночасно працюють у зміні [13].

4.3 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при обробці статистичних даних на ЕОМ при дослідженні змащувальної дії

Будівлі та приміщення, в яких експлуатуються ЕОМ та виконуються їх обслуговування повинні відповідати вимогам:

СНиП 2.01.02-85 “Противопожарные нормы”;

ГОСТ 12.1.004-91 “ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования безопасности”;

ДНАОП 0.01-1.01-95 правил пожежної безпеки в Україні;

СНиП 2.08.02-89 “Общественные здания и сооружения” з доповненням, затвердженими наказом Держкоммистобудування України від 29.12.94 № 106;

для всіх споруд і приміщень, в яких експлуатуються відеотермінали та ЕОМ, повинна бути визначена категорія з вибухопожежної і пожежної безпеки відповідно до ОНТП 24-86 “Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности”, затверджених МВС СРСР 27.02.86, та клас зони згідно з ПВЕ. Відповідні позначення повинні бути нанесені на вхідні двері приміщення;

будівлі і ті їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, повинні мати не нижче II ступеня вогнестійкості. Якщо відповідно до СНиП 2.09.02-85 ці приміщення повинні бути відокремленими від приміщень іншого призначення пртипожежними стінами, то межа їх вогнестійкості визначається відповідно до СНиП 2.01.02-85;

стіни виготовляються з негорючих матеріалів. Дозволяється виготовляти їх зі скла та металевих конструкцій;

над і під залами електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), а також у сміжних з ними приміщеннях не дозволяється розміщення приміщень категорій А та Б по вибуховій безпеці;

сховища інформацій, приміщення для зберігання дискет і компактдисків треба розміщувати у відокремлених приміщеннях, які обладнанні негорючими стілажами та шафами. Зберігати дискети та компактдиски на стілажах потрібно у металевих касетах;

простір під знімною підлогою розділяють негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше 250 м². Межа вогнестійкості діафрагми повинна бути не меншою за 0,75 год. Комунікації прокладають крізь діафрагми в спеціальних обоймах з застосування негорючих ущільнювачів для запобігання проникненню вогню з одного відсіку в інший, а також з підпільного простору в приміщення;

підпільний простір під знімною підлогою має бути оснащений системою автоматичної пожежної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно до

вимог Переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації, СНиП 2.04.09-84, з використанням димових пожежних сповіщувачів;

для промивки деталей необхідно застосовувати негорючі миючі засоби. Промивка ячіюкта інших з'ємних обладнаньгорючими рідинами допускається тільки в спеціальних приміщеннях, які обладнані приточно-витяжною вентиляцією;

у випадку необхідності проведення невеликого ремонту і технічного обслуговування ЕОМ безпосередньо в машинному залі та неможливістю застосування негорючих миючих засобів дозволяється мати в залі не більше 0,5 літрів легко запальної рідини в міцній та щільно закритій тарі;

приміщення, в яких розміщуються персональні ЕОМ та дисплейні зали (де обладнання систем автоматичного пожежогасіння не обов'язково), треба облаштувати переносними вуглекисневими вогнегасниками з розрахуванням 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимої концентрації вогнегасної речовини;

підходи до засобів пожежогасіння повинні бути вільними;

персональні ЕОМ після завершення роботи на них повинні бути відключені від мережі;

не рідше одного разу в квартал необхідно виконувати очистку від пилу агрегатів та вузлів, кабельних каналів та міжпідлогового простору;

Висновки до розділу 4

Таким чином при виконання досліджень по визначенню властивостей товщини масляної плавки та обробці даних на комп'ютерах необхідно строго підтримувати рекомендації при роботі за комп'ютером. В противному випадку наступить помітне зменшення працездатності людини від втому під час обробки досліджень.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Аналіз екологічної небезпеки експлуатації та ремонту літака

На сьогоднішній день охорона навколишнього середовища є однією із важливих проблем людства. Загальною метою охорони навколишнього середовища є ефективні заходи направлені на збереження чистоти середовища проживання людини, більш ефективне використання природних ресурсів.

В експлуатаційних та ремонтних підприємствах ЦА найбільш актуальним направленням діяльності по зменшенню впливу на навколишнє середовище є наступне:

- зниження забрудненості атмосферного повітря шкідливими речовинами від двигунів повітряних суден та наземної техніки;
- виключити подразнюючий вплив авіаційних та інших промислових шумів;
- захист від впливу електричних полів, утилізація відходів діяльності скорочення викидів неочищених стічних вод та шкідливих викидів на території авіапідприємств;

Для запобігання забрудненню ґрунту при технічному обслуговуванні на місцях стоянки повітряних суден передбачаються резервуари для збирання відстою мастила і спеціальних піддонів для виключення протікання мастила при заміні агрегатів шасі .

Шкідливими продуктами згорання авіаційних палив в двигуні повітряного судна та спецавтотранспорту є: окис вуглецю, не згорівший вуглець, окис азоту та сірки, сажа та кіптява.

Суворе виконання правил зберігання, транспортування та використання ПММ може попередити потрапляння в атмосферу та ґрунтові води тяжких вуглецевих фракцій, двоокису азоту, сірководню.

На площадках періодичного технічного обслуговування повітряних суден передбачаються стічні канавки зі стоком у резервуари, куди разом з паливом, хімічними рідинами стікають опади, змиті з поверхні площадки.

Збір відпрацьованого ПММ в спеціальні ємності та наступна їх переробка дозволить раціонально використовувати природні ресурси землі.

5.2 Розрахунок контрольного параметру емісії двигуна Д-30КУ на відповідність емісійним вимогам ІСАО

Вміст інгредієнтів CO і C_xH_y у відпрацьованих газах авіадвигунів обумовлений неповним згоранням палива в двигуні, яке залежить від характеристики його камери згорання (величини коефіцієнта повноти згорання η) і режиму роботи двигуна.

Максимальна повнота згорання палива в двигуні має місце на розрахунковому режимі – злітному (режимі максимальної тяги двигуна).

На цьому режимі сучасні двигуни мають $\eta = 0,97...0,99$. ($\eta = 1,0$ при абсолютно повному згоранні, чого в дійсності досягнути неможливо). На всіх інших режимах величина η нижча, тобто повнота згорання менша, ($\eta = 0,75...0,85$), у двигуна в атмосферу викидається більше продуктів неповного згорання (CO і C_xH_y та інших), і забруднення повітря збільшується [30].

Вміст інгредієнта NO_x у відпрацьованих газах авіадвигуна залежить від величини температури суміші в камері згорання (чим вона вища, тим більше утворюється NO_x), а вона максимальна (досягає 2500 – 3000 К) на злітному режимі, і часу перебування суміші в камері згорання (чим він більший, тим більше утворюється NO_x), а це має місце на невеликих швидкостях літака. Тобто, максимальний викид NO_x має місце на злітному режимі двигуна і висоти польоту.

Очевидно, що в зоні аеропорту емісія двигуна залежить від режиму його роботи і тривалості роботи на цьому режимі.

Під зоною аеропорту будемо розуміти простір, обмежений висотою 100 м. і розмірами аеродрому. Двигуни сучасних авіалайнерів працюють в зоні аеропорту на таких режимах і такій тривалості роботи.

$$\bar{R} = \frac{R}{R_0}, \quad (5.1)$$

де R – тяга двигуна на заданому режимі;

R_0 – тяга двигуна на злітному режимі (максимальна тяга).

В таблиці наведені середньостатистичні значення параметрів (\bar{R} и t) для великих аеропортів світу.

Як видно з таблиці, найбільш тривалим і екологічно небезпечним є режим малого газу. Значення величини тяги на цьому режимі для сучасних авіадвигунів складає 3...9 % від її максимального значення R_0 . цей режим використовується під час руління повітряного корабля перед зльотом і після посадки, а також під час прогрівання двигуна після запуску. Тривалість режиму руління залежить від розмірів аеропорту, часу доби вильоту і прильоту, інтенсивності польотів і метеоумов.

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

Визначаючи під час сертифікаційних випробувань індекси емісії шкідливих речовинна відповідних режимах роботи двигуна, знаходять контрольний параметр емісії $\frac{M_i}{R_0}$ випробуваного двигуна, по якому установлені норми ІСАО:

$$\left[\frac{M_i}{R_0} \right] = \frac{z}{\kappa H}, \quad (5.2)$$

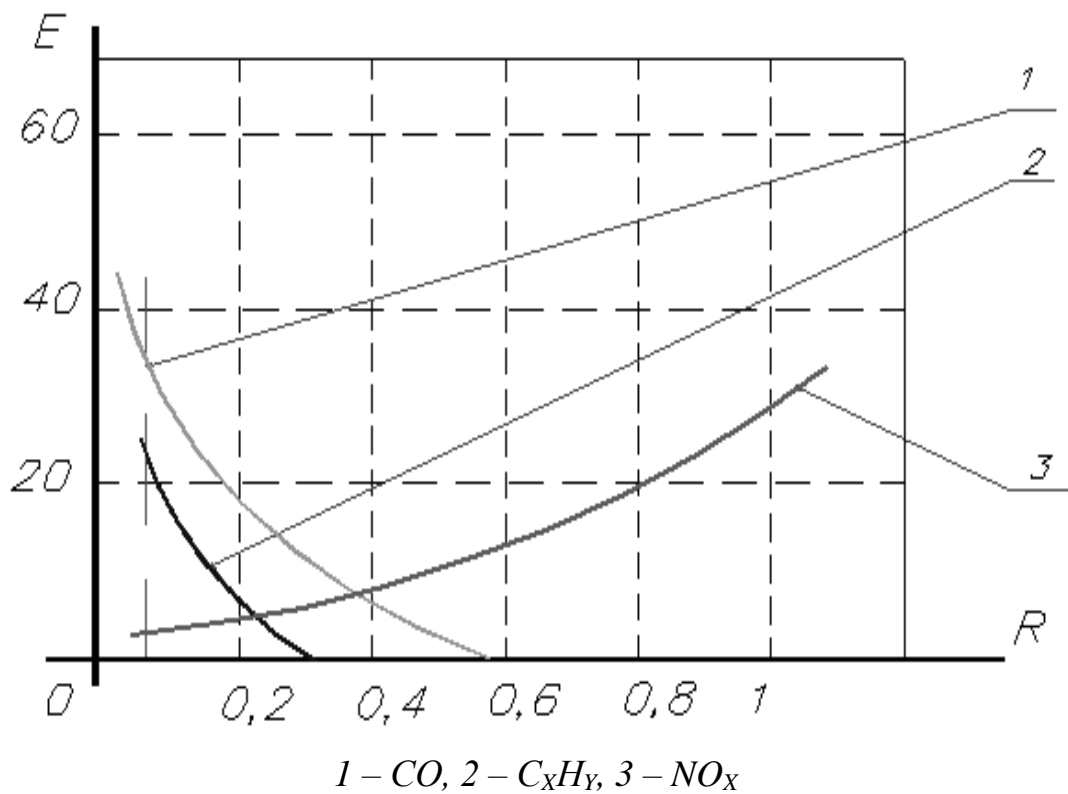


Рисунок 5.1 - Залежність емісії шкідливих речовин від режиму роботи АД

Цей параметр, кажуть, характеризує, “ступінь шкідливості” двигуна.

В ньому:

M_i – маса в грамах викинутої i -тої шкідливої речовини (інгредієнта) за деякий визначений час роботи двигуна;

R_0 – злітна тяга двигуна в кілоньютонах.

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

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

$$\frac{M_{C_xH_y}}{R_0} = 19.6 \frac{г}{кН};$$

$$\frac{M_{NO_x}}{R_0} = (40...80) \frac{г}{кН}$$

Емісія двигунів повітряного корабля буде не однакою в зоні аеропорту і під час польоту по маршруту, так як двигуни в цих випадках працюють на принципово різних режимах. В цьому плані, як видно з графіка наведеного на рисунок 5.1, забруднення в зоні аеропорту є “більш шкідливим” (на маршруті $\bar{R}=0,6\dots 0,8$). Крім того, локальне забруднення приземного шару повітря в зоні аеропорту, де працює багато людей є більш концентрованим і більш стійким, ніж загальне забруднення верхніх шарів тропосфери на маршруті польоту, яке швидко розсіюється. І за цими обставинами забруднення в зоні аеропорту є “більш шкідливим”. Тому і розрахунок емісії двигунів повітряних кораблів в зоні аеропорту є більш важливим, і ми приділимо йому більш уваги, ніж розрахунку під час польоту по маршруту.

“Ступінь шкідливості” кожного авіадвигуна характеризується, як було сказано вище, його контрольними параметрами емісії за різними інгредієнтами - $\frac{M_i}{R_0}$. Тобто, задача розрахунку емісії двигуна зводиться до визначення маси кожного інгредієнта, викинутого з двигуна за деякий визначений час його роботи, - M_i (тому що R_0 - тяга двигуна на злітному режимі – величина, відома з документації, зокрема з формуляра двигуна).

Будемо розраховувати величини M_i для зони аеропорту (з наведених вище міркувань), тобто $M_i = M_{iA}$ на тих режимах і за той період часу його роботи, поки повітряне судно знаходиться в цій зоні з працюючими двигунами.

А повітряне судно в зоні аеропорту щонайменше здійснює зльотно – посадковий цикл польоту, який складається з таких етапів:

- Запуск та прогрівання двигунів,
- Руління на виконавчий старт,
- Зліт,
- Набір висоти 1000 м,
- Зниження з висоти 1000 м,

- Пробіг,
- Руління до зупинки двигунів.

Проте двигуни корабля на цих етапах працюють на різних режимах. Тому для зручності розрахунку розділимо злітно – посадковий цикл повітряного корабля на два види операцій: наземні операції і операції зліт – посадка, тобто:

$$V_{ian} = V_{iy} + M_{ip-g} \quad (5.3)$$

Наземні операції – це запуск двигунів, їх прогрівання, руління корабля перед злетом і після посадки. Головною характеристикою цих операцій (з точки зору розрахунку емісії двигуна) є те, що двигуни повітряного корабля працюють на одному режимі – режимі малого газу (холостого ходу) – і за часом – це самі тривалі операції в зоні аеропорту. Ця обставина спрощує розрахунок.

$M_{in} = K_{in} \cdot G_{nn}$, K_{in} – коефіцієнт викиду і-го інгредієнта під час наземних операцій (табл. 5.2).

G_{nn} – маса пального (кг), витраченого двигуном ПК під час наземних операцій злітно-посадкового циклу.

$$G_{gy} = C_{gbn/vu} \cdot R_{vu} \cdot t_{vu} \quad (5.4)$$

де $C_{nut.mz}$ – питома витрата пального під час роботи двигуна на режимі МГ, (кг/Н·год);

R_{mz} – тяга двигуна на режимі МГ, (Н);

t_{mz} – напрацювання двигуна на режимі МГ, (годин).

M_{i3-n} – сумарний викид і-их шкідливих речовин (ШР) при операціях зліт-посадка, кг. Операції зліт посадка – це зліт, набирання висоти 1000м, зниження з висоти 1000 м і посадка.

В даному випадку для розрахунку емісії двигунів ПК, який знаходиться в повітрі, емісійною характеристикою є масова швидкість емісії W_i (кг.інгр./год), яка показує, скільки даної шкідливої речовини виділяється на даному режимі роботи двигуна за одиницю часу.

Маса викидів ШР при злітно-посадкових операціях :

$$M_{i3-n} = W_{i1} \cdot T_{13-n} + W_{i2} \cdot T_{23-n} + W_{i3} \cdot T_{33-n}, \quad (5.3)$$

де $T_{1,2,3 \text{ з-н}}$ - режимне напрацювання двигуна відповідно на зльоті, під час набирання висоти 1000 м і під час зниження з висоти 1000 м, (год);

$W_{i1,2,3}$ - масова швидкість емісії і-го інгредієнта при відповідних режимах роботи двигуна відповідно на зльоті, під час набирання висоти 1000 м і під час зниження з висоти 1000 м, (кг/год).

Дані зведені в таблицю 5.3, 5.4.

Дані для розрахунків контрольних параметрів емісії двигунів Д-30КУ-154 літака Ту-154 за інгредієнтами CO , C_xH_y , NO_x :

Технічні характеристики двигуна:

$$R_o = 4200 \text{ Н};$$

$$R_{\text{мг}} = 378 \text{ Н};$$

$$C_{\text{пт.мг}} = 0,069 \text{ кг}/(\text{Н} \cdot \text{год});$$

З табл. 3.3 маємо:

$$T_{\text{мг}} = 2\text{хв} = 0,367 \text{ год};$$

$$T_{13-\text{п}} = 0,7\text{хв} = 0,0117 \text{ год};$$

$$T_{23-\text{п}} = 2,2\text{хв} = 0,0367 \text{ год};$$

$$T_{33-\text{п}} = 4\text{хв} = 0,067 \text{ год};$$

тоді $G_{\text{пн}} = 0,069 \cdot 378 \cdot 0,033 = 0,86 \text{ кг};$

Визначаємо масу кожного інгредієнту, яка була викинута двигуном при роботі на землі:

$$M_{\text{co}} = 0,035 \cdot 0,86 = 0,03 \text{ кг};$$

$$M_{\text{сн}} = 0,015 \cdot 0,86 = 0,013 \text{ кг};$$

$$M_{\text{NO}} = 0,005 \cdot 0,86 = 0,0043 \text{ кг};$$

$$M_{\text{соз-п}} = 2,65 \cdot 0,01 + 2,4 \cdot 0,0367 + 2,4 \cdot 0,1 = 0,35 \text{ кг};$$

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики двигуна

№ режиму	Найменування режиму роботи двигуна	Відносна тяга, \bar{R}	Тривалість режиму t , хв
1	Запуск, прогрів, руління (режим земного МГ)	0,07	2
2	Зліт	1	0.6
3	Набір висоти 1000 м	0,85	2.2
4	Захід на посадку	0,3	4
5	Руління після посадки	0,07	6

$$M_{NO3-P} = 3,5 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,0367 + 2,5 \cdot 0,1 = 0,358 \text{ кг};$$

Розраховуємо масу шкідливих викидів в зоні аеропорту:

$$M_{CO} = 0,03 + 0,35 = 0,38 \text{ кг}; M_{CH} = 0,013 + 0,075 = 0,088 \text{ кг};$$

$$M_{NO} = 0,0043 + 0,358 = 0,362 \text{ кг};$$

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

$$M_{CO}/R_0 = 118 \text{ г/кН}; M_{CH}/R_0 = 19.6 \text{ г/кН}; M_{NO}/R_0 = 80 \text{ г/кН};$$

де R_0 – злітна тяга двигуна в кН;

$$M_{CO}/R_0 = 380/4,2 = 90,4 < 118 \text{ г/кН}; M_{CH}/R_0 = 88/4,2 = 20,9 > 19.6 \text{ г/кН};$$

$$M_{NO}/R_0 = 362/4,2 = 86,2 > 80 \text{ г/кН.};$$

Таблиця 5.2 - Норми ІСАО по контрольному параметру емісії

№ режиму	Найменування режиму роботи двигуна	Відносна тяга, \bar{R}	Тривалість режиму, t хв.
1	Режим малого газу (холостого ходу) під час руління перед зльотом	0,07	15
2	Злітний режим	1	0,7
3	Режим набору висоти (1000 м.)	0,85 – 0,9	2,2
4	Режим заходу на посадку	0,3 – 0,42	4
5	Режим малого газу (холостого ходу) під час руління після посадки	0,07	7

Таблиця 5.3 - Норми ІСАО по контрольному параметру емісії

Шкідливі речовини	<i>CO</i>	<i>C_xH_y</i>	<i>NO_x</i>
<i>K_{ін}</i> , (кг інгр./кг палива) для двигуна Д-30КУ-154	0,035	0,015	0,005

Таблиця 5.4 - Норми ІСАО по контрольному параметру емісії

Масова швидкість емісії, кг інгр./год	Режим роботи двигуна		
	Зльотний	Крейсерський	Номінальний
<i>W_{CO}</i>	2,65	2,4	2,4
<i>W_{CH}</i>	0,5	0,55	0,5
<i>W_{NO}</i>	3,5	2	2,5

Висновки до розділу 5

Для зменшення емісії продуктів згоряння палива $СН$ при конструюванні необхідно збільшити η_r . Цього можна досягти завдяки застосуванню систем попереднього випаровування палива, збагаченням паливно-повітряної суміші в зоні згоряння та збільшення числа зон згоряння в КЗ, шляхом включення або відключення частини форсунок. Ці конструктивні заходи приводять до зниження $С_{уд}$, і до зниження індексу емісії.

Для зниження емісії NO застосовують наступні конструктивні рішення: вприскування води в зону згоряння; застосування дво- або багатозонних КЗ; застосування в КЗ каталітичного горіння, при якому температура газів в зоні згоряння зменшується. У двозонних КЗ паливо згоряє в два етапи в різних частинах камери, при цьому в першій зоні забезпечується оптимальне згоряння палива на режимі МГ, у другій зоні забезпечується оптимальний процес згоряння та необхідна тяга.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ З РОБОТИ

Розглянуті закономірності роботи контактних поверхонь при переході трибосистеми в режим масляного голодування дозволяють виділити узагальнені зміни, які проявляються в наступному:

– примусове видалення мастила Aero Shell Grease 33 з контактних поверхонь обумовлює стрімку дезорієнтацію граничних шарів за рахунок градієнта швидкості зсуву, порушення суцільності граничного шару, що призводить до схоплювання контактних поверхонь;

– за умов, коли мастило примусово не видаляється із зони контакту, існує додатковий «резерв» мастильного матеріалу за рахунок найбільш віддалених від поверхні металу шарів, які пов'язані з оточуючими молекулами слабкими Вандер-Ваальсовими силами взаємодії і можуть вільно мігрувати по поверхні, тим самим запобігаючи безпосередньому металевому контакту, збільшуючи напрацювання контактних поверхонь;

– зменшення твердості сталі призводить до кореляційного зниження товщини шару при переході до умов масляного голодування та тривалості існування змащувального шару до повного руйнування;

– зменшення твердості сталі сприяє пластичній деформації і підвищеному зношуванню контактуючих пар, що обумовлює інтенсифікацію механічного руйнування масляної плівки, що призводить до виникнення ювенільних поверхонь та схоплювання пар тертя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антипенко А.М., Сорокін С.П., Поляков С.О. Властивості та якість паливо-мастильних матеріалів – Харків: ЧП Червяк, 2016. – 213 с.
2. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1992. – 350 с.
3. Борзенков В.А., Воробьев М.А., Никифоров А.Н. Нефтепродукты для сельскохозяйственной техники: Справочник. – М.: Химия, 1998. – 288 с.
4. Вавапов В.В., Вайншток В.В., Гуреев А.А. Автомобильные пластичные смазки. – М.: Транспорт, 1996. – 144 с.
5. Васильева Л.С. Автомобильные автоэксплуатационные материалы: Учебн. Для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
6. Газобаллонные автомобили / Е.Г. Григорьев, Б.Д. Колубоев, В.И. Ерохов и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 216 с.
7. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. – М.: Химия, 1986. – 368 с.
8. Давлетьяров В.А., Зоря Е.И., Цагарели Д.В. Нефтепродуктообеспечение / Под ред. д.т.н., проф. Цагарели Д.В. – М.: Математика, 1988. – 662 с.
9. Заря Е.И., Клейпер Г.Б., Скрицников А.В., Цагарели Д.В. Нефть, топливо, экономия. – М.: Математика, 1996. – 231 с.
10. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А. Автотракторные эксплуатационные материалы. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 271 с.
11. Колосюк Д.С., Кузнецов А.В. Автотракторные топлива и смазочные материалы. – К.: Вища школа, 1987. – 191 с.
12. Кузнецов А.В., Кульчев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
13. Новоселов В.Ф. Контроль качества и количества нефтепродуктов. – М.: Недра, 1994. – 150 с.

14. Лышко Г.П. Топлива и смазочные материалы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
15. Мотовилин Г.В., Масико М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1989. – 464 с.
16. Окоча А.І., Антипенко А.М. Паливо-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: Підручник. – К: Урожай, 1996. – 336 с.
17. Окоча А.І., Білоконь Я.Ю. Автотракторні витратні матеріали: Довідник. – К.: Фаза, 2002. – 102 с.
18. Плитман И.Б. Справочное пособие для работников автозаправочных и автомобильных газонаполненных станций. – М.: Недра, 1990. – 155 с.
19. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвиевский, В.Л. Лацхи, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.
20. Топливо, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / К.М. Базыштова, Я.А. Берштад, Ш.К. Богданов и др.; Под ред. В.М. Школьников. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
21. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / В.Я. Чабанний, В. А., Павлюк-Мороз В.А., С.О. Магопець та ін. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2005. – 449 с.
22. Чулков П.В., Чулков И.П. Топливо и смазочные материалы: Ассортимент, качество, применение, экономика, экология. – М.: Политехника, 1995. – 302 с.
23. Дроздов Ю.Н., Арчegov В.Г., Смирнов В.И. Противозадирная стойкость трущихся тел. – М.: Наука, 1981. – 275с.
24. Lenard J.G. Metal Forming Science and Practice. – Elsevier, 2002. – 378p.
25. Войнов К.Н. Триботехника и надёжность механических систем: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 74 с.

26. Матвеевский Р.М. Влияние температуры на разрушение смазочного слоя при трении в условиях граничной смазки /Р.М. Матвеевский, А.В. Чичинадзе, И.А. Буяновский, А.Г. Гинзбург, С. Г. Яшвили / Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин. – М.: Наука, 1982. – С. 167–172.
27. Буяновский И.А. Расчет предельной смазочной способности масел по данным лабораторных испытаний на основе концепции теплоты адсорбции / Теория и практика расчетов деталей машин на износ / И.А. Буяновский И.А. – М.:Наука, 1983. – С. 75-82.
28. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах (Транспортная техника) /Н.А. Буше. – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.
29. Заславский, Ю.С. Трибология смазочных материалов / Ю.С. Заславский. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
30. Фокин А. С. Испытания смазывающей способности консистентных смазок / А.С. Фокин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. –№2. – С. 127–133
31. Мікосянчик О. О. Автоматизований триботехнічний комплекс для оцінки змащувальних процесів в парах тертя / О. О. Мікосянчик, О. І. Запорожець, Р. Г. Мнацаканов // Проблеми трибології. – 2015. – № 4 (78). – С. 42–48.
32. [http://shelldistributor.ru/common/data/u/AeroShell%20Grease%2033%20MS%20\(MSDS](http://shelldistributor.ru/common/data/u/AeroShell%20Grease%2033%20MS%20(MSDS) Паспорт безопасности AeroShell Grease 33 MS. – 2007. – С. 1–7.