

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для технічної діагностики системи мащення дизельних двигунів вантажних автомобілів з дослідженням гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Дмитро Ковальчук</u>
	<u>Ігор Луциків</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Андрій ГУПКА</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Михайло ЛЕВКОВИЧ</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	<u>Олег ЦЬОНЬ</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Андрій БАБІЙ</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«20» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ковальчуку Дмитру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для технічної діагностики системи мащення дизельних двигунів вантажних автомобілів з дослідженням гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик масло-закачуючого пристрою

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи . Технологічний процес діагностики системи мащення дизельних двигунів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Стенд для усунення дефектів 1 лист – А1

Групи моторних масел за призначенням і експлуатаційними властивостями 1 лист – А1

Схема серійної змащування двигуна 1 лист – А1

Схема системи змащування з водомасляним радіатором в головній магістралі 1 лист – А1

Установка для зливу масла 1 лист – А1

Схема закачування чого пристрою 1 лист – А1

Ділянка для діагностики системи мащення 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.2023	
2	Технологічний розділ	27.11.2023	
3	Конструкторський розділ	4.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	8.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	15.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

Дмитро Ковальчук

Керівник роботи

_____ (підпис)

Андрій ГУПКА

_____ (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«20» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

студенту Луцикові Ігорю Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для технічної діагностики системи мащення дизельних двигунів вантажних автомобілів з дослідженням гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик масло-закачуючого пристрою

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи . Технологічний процес діагностики системи мащення дизельних двигунів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Результати досліджень характеристик маслозакачуючого пристрою 8 листів – А1

Схема технологічного процесу 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.2023	
2	Технологічний розділ	27.11.2023	
3	Конструкторський розділ	4.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	8.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	15.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

_____ Ігор Луциків

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена вивченню та розвитку методів технічної діагностики для покращення надійності та продуктивності дизельних двигунів. Задача дослідження полягає у розробці та застосуванні ефективних технік діагностики систем змащення для виявлення потенційних несправностей та покращення ефективності їх функціонування.

У високотехнологічному світі, де дизельні двигуни є ключовим елементом різноманітних сфер виробництва та транспорту, важливо забезпечити найвищу ступінь надійності та довговічності цих систем. Магістерська робота розглядає важливі аспекти технічної діагностики, спрямовані на визначення стану систем змащення дизельних двигунів.

В роботі використовуються різноманітні методи технічної діагностики, включаючи вібраційний аналіз, термографію, аналіз масла та інші сучасні техніки, які дозволяють не тільки виявити наявні несправності, але й прогнозувати їхній розвиток. Робота ставить своєю метою створення інноваційних підходів до діагностики, що сприятиме підвищенню надійності та тривалості служби дизельних двигунів.

Важливою частиною дослідження є розробка програмного забезпечення для обробки та аналізу отриманих даних, яке сприятиме автоматизації процесу діагностики та дозволить оперативно реагувати на зміни в технічному стані систем змащення.

Очікується, що результати даної магістерської роботи внесуть суттєвий внесок у розвиток області технічної діагностики дизельних двигунів, забезпечуючи підставу для оптимізації експлуатації та зменшення витрат на ремонт і обслуговування

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	1
ЗМІСТ	2
ВСТУП	4
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1 Аналіз умов роботи пар тертя в період пуску та прогріву автотракторних двигунів	5
1.1.1 Особливості системи змащування	8
1.1.2 Розміщення каналів і агрегатів головної магістралі системи	8
1.1.3. Якість масла та пального	13
1.2 Умови експлуатації	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Дослідження зношування основних деталей автотракторних двигунів в пусковий період	25
2.2. Зношування циліндрів	26
2.3 Вплив конструкції двигуна	27
2.3.1 Вплив якості масла і пального	33
2.3.2 Вплив умов експлуатації	35
2.3.3 Визначення експлуатаційного пробігу автомобіля, еквівалентного по величині зносу циліндрів при пуску двигуна	45
2.4 Зношування підшипників колінчастого вала двигуна	45
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	51
3.1 Дослідження основних причин запізнення надходження масла до пар тертя в період пуску і прогріву двигуна	51
3.1.1 Дослідження системи змащування двигуна у період пуску і прогріву	51
3.1.2 Визначення гідравлічних параметрів системи змащування двигуна в період пуску і прогріву	53
3.2 Стенд для зливу моторних олів	67
3.2.1 Розрахунок зеднання з натягом	69

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	75
4.1 Дослідження гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою	75
4.2 Дослідження змін властивостей моторних масел при проходженні через електромагнітне поле маслозакачуючого пристрою	82
4.3 Дослідження системи змащування з маслозакачуючим пристроєм у період пуску і прогріву двигуна	88
4.4 Дослідження пускових якостей двигуна з маслозакачуючим пристроєм	90
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
5.1 Аналіз та характеристика потенційних небезпек і шкідливих умов в проектуваному цеху	94
5.2 Характеристика стихійних лих, аварій, катастроф та їх наслідки	100
5.3 Закон про захист населення та території від надзвичайних ситуацій	105
ВИСНОВКИ	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	115

ВСТУП

У сучасному технічному виробничому середовищі, де висока продуктивність і надійність є важливими аспектами ефективності, технічна діагностика стає ключовим інструментом для забезпечення безперебійної роботи механічних систем. Однією з найважливіших частин цих систем є дизельні двигуни, які використовуються в різноманітних сферах, від автотранспорту і сільськогосподарської техніки до промислових комплексів.

Магістерська робота, присвячена технічній діагностиці систем змащення дизельних двигунів, є актуальною і важливою, оскільки забезпечення ефективності роботи цих двигунів визначає продуктивність та безперебійність всієї технічної системи.

У зв'язку зі зростанням вимог до екологічності, енергоефективності та тривалості служби, діагностика стає вирішальним елементом для вдосконалення та оптимізації експлуатації дизельних двигунів. Використання передових методів і технологій технічної діагностики дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми, уникати непередбачених збоїв та максимально продовжувати термін служби обладнання.

Об'єктом дослідження є системи змащення дизельних двигунів, які забезпечують необхідне змащення та охолодження рухомих частин. Аналіз технічного стану цих систем важливий для забезпечення безперебійної експлуатації та попередження експлуатаційних проблем.

Мета магістерської роботи полягає в розробці та застосуванні методів технічної діагностики для оцінки стану систем змащення дизельних двигунів, що дозволить підвищити їхню ефективність, надійність та тривалість служби. В результаті цієї роботи передбачається внесення вагомого внеску в область технічної діагностики та підтримки оптимальної експлуатації дизельних двигунів, що має важливе значення для індустріального та транспортного секторів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз умов роботи пар тертя в період пуску та прогріву автотракторних двигунів

Запуск та нагрівання холодного двигуна - це складний нестационарний процес, який досі не досліджено належним чином. Під час цього процесу різко змінюються умови роботи тертя пари. Таким чином, наразі немає однозначної думки щодо причин підвищеного зносу та зниження надійності роботи тертя пари під час запуску та прогріву двигуна. Це стосується як періоду запуску, так і основного виду зношування циліндрів, а також кількісної оцінки частки пускового зносу основних деталей двигуна у їх загальному зносі.

Є припущення, що під час одного запуску та прогріву холодного двигуна його циліндри зазнають зносу на рівні, що відповідає нормальній експлуатації двигуна протягом 180...210 км і більше. За додатковою інформацією, зноси основних деталей при пуску та прогріві холодного двигуна вважаються вищими за 60% від їх загального зносу протягом експлуатації автомобіля. Проте результати деяких досліджень свідчать, що пускові зноси циліндрів становлять лише 5... 10% від їх загального зносу.

Різні автори називають різні види зношування циліндрів двигуна в пусковий період, такі як корозійно-механічний, молекулярно-механічний, ерозійний та інші. В результаті багатьох досліджень було встановлено, що головним видом зношування циліндрів під час пуску та прогріву двигунів є корозійно-механічний. Цей вид зношування виникає через вплив кислот, які утворюються під час конденсації водяних парів та інших продуктів згоряння пального при низьких температурах стінок циліндрів. Переважаючий вплив корозійно-механічного зношування в цей період обумовлено конструкційними особливостями двигунів, неідеальними методами обробки деталей двигунів та низькою якістю використовуваних матеріалів, пального

та масел.

Таким чином, першим заходом для підвищення тривалості роботи двигунів шляхом зменшення пускового та низькотемпературного зносу було використання циліндрів із вставками, що стійкі до зносу та корозії з аустенітними властивостями, а також застосування пористого хромування верхніх компресійних кілець та поліпшення якості пального (зниження вмісту сірки) та масел. Деякі дослідження показали, що при роботі двигуна в низькотемпературному режимі знос циліндрів більше залежить від твердості їх матеріалу, ніж від його корозійної стійкості. Для циліндрів використовувався залізобуглецевий хромокремнієвий сплав, який, хоча мав нижчу корозійну стійкість в десятки разів, володів твердістю в два рази вищою за корозійностійкий аустенітний чавун.

Відсутність узгодженої точки зору у цих питаннях пояснюється недостатнім обсягом досліджень пускового зносу двигунів при низьких температурах повітря через складність та трудомісткість таких досліджень. Різні та часто протилежні результати вимагають подальших досліджень для визначення причин зменшення надійності двигуна в пусковий період і встановлення преобладаючого виду зносу основних деталей під час цього періоду, а також визначення частки пускового зносу у загальному зносі. У зв'язку з цим подальші дослідження пускового зносу автотракторних двигунів та визначення основних причин підвищеного зносу основних пар тертя є практично та науково важливими.

Для подальших досліджень, спрямованих на визначення причин підвищеного зносу та зниження надійності роботи пар тертя під час запуску та прогріву холодного двигуна в зимовий період, потрібно провести аналіз умов їх функціонування в цей час і визначити чинники, які призводять до зносу і задирок пар тертя.

На рисунку 1.1 приведена схема впливу різних факторів на пусковий знос циліндрів двигунів.

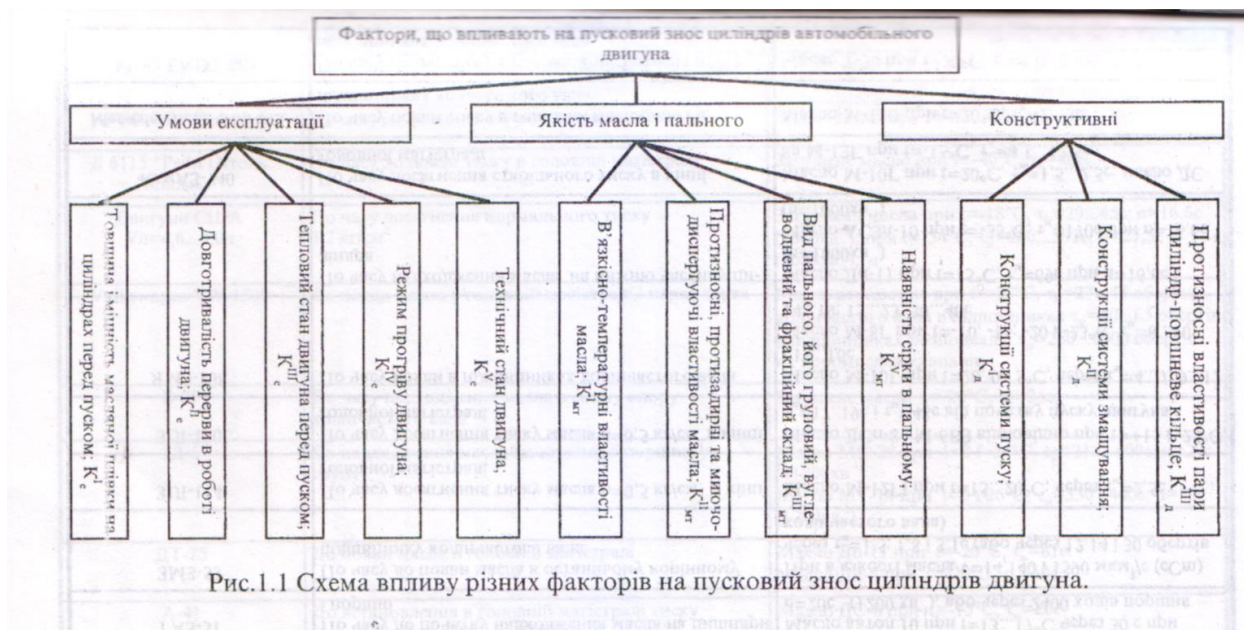


Рисунок 1.1. Схема впливу різних факторів на пусковий знос циліндрів двигуна

Однією можливою причиною підвищеного зносу та зниження надійності циліндрів під час запуску та прогріву холодного двигуна є затримка надходження масла до них, оскільки встановлено, що головний вплив на знос циліндрів при роботі двигуна в умовах зниженого теплового режиму пов'язаний із недостатнім змащуванням.

З результатів попередніх досліджень видно, що навіть при плюсових температурах навколишнього повітря запуск холодних автомобільних двигунів веде до затримки надходження масла до пар тертя. Це особливо виражено в зимовий період експлуатації двигунів. Нижче розглянуто вплив різних факторів на пусковий знос двигуна та проведено аналіз основних причин затримки надходження масла до пар тертя під час запуску та прогріву холодного двигуна.

1.1.1 Особливості системи змащування

Відомо, що перед пуском двигуна надання масла циліндрам відзначено суттєвим зменшенням пускового зносу. Можна припустити, що основними факторами, які впливають на цей процес, є конструкційні особливості системи змащування, в'язкісно-температурні характеристики масел та умови експлуатації.

Аналіз конструкції системи змащування автотракторних двигунів дає можливість вважати, що на T_M має вплив;

розміщення каналів і агрегатів головної магістралі;

конструкція масляного картера та маслоприймача;

подача масляного насоса:

конструкція, розміщення і тиск відкриття редукційного клапана:

- конструкція масляних фільтрів;
- схема підводу масла до пар тертя.

1.1.2 Розміщення каналів і агрегатів головної магістралі системи

Змащування визначає можливість витікання масла з циліндрів у картер після зупинки двигуна. Якщо масло витікає з основної магістралі, збільшується ризик зносу циліндрів, оскільки під час пуску та прогрівання масло потрапляє до пар тертя лише після заповнення вільних об'ємів у головній магістралі. Для усунення цього недоліку головна магістраль системи змащування повинна бути розташована нижче корінних підшипників колінчастого вала (наприклад, ЯМЗ-840, 841 і 842; ЗІЛ-645). Крім того, конструкція масляних фільтрів повинна уникати витікання масла з них після зупинки двигунів. Фільтри такого типу встановлені на різних двигунах, таких як ВАЗ-2101, ЗІЛ-114 і 645; АЗЛК-412; КамАЗ-740 і 741; ЯМЗ-841 842, а також на більшості закордонних двигунах, таких як "Deutz F8L 413", GMC-8V-71, Fiat-648, Cummins 6V-140, 8V-185 та інші.

Конструкція масляного картера впливає не лише на тиск масла, але і на граничну в'язкість масла, яка забезпечує подачу його до пар тертя під час запуску холодного двигуна. У двигунах із сухим картером гранична температура подачі масла нижча, ніж у двигунах із мокрим картером. У першому випадку масляний бак розташований вище або на рівні випускної секції насоса, що зменшує гідравлічний опір у впускному маслопроводі та забезпечує надходження до насоса масла з підвищеною в'язкістю. Надійна подача того ж самого в'язкого масла в насос двигуна ЯМЗ-238 із мокрим картером здійснюється до в'язкості, яка в 1,5 рази менша, ніж у двигуні В-2 із сухим картером.

Для прискорення подачі масла до пар тертя при запуску двигуна використовуються спеціальні системи змащування від фірми Hoeschst, такі як Silo. У цих системах масло з невеликої масляної ванни подається через зворотний клапан у герметичний масляний бачок. При включенні запалювання в двигуні масло, яке було під тиском у масляному бачку, постачається до системи змащування до запуску стартера.

Конструкція маслоприймача, розмір вічка сітки, довжина і діаметр впускного патрубка насоса мають безпосередній вплив на імпульс масла. Видалення сітки маслоприймача насоса на двигуні при температурі масла мінус 29°C викликає збільшення імпульсу масла в 1,33 рази. Це пояснюється тим, що при надходженні масла в маслоприймач, сітка сприяє руйнуванню структурного каркаса в маслі, що призводить до підвищення в'язкості масла. Відсутність маслоприймача призвела до зменшення подачі насоса двигуна ГАЗ-51 через утворення біля впускної трубки насоса заважливої масляної піни, через яку до насоса потрапляло повітря. Для швидшого забирання масла у впускну порожнину насоса використовуються нерухомі маслоприймачі з розвинутою поверхнею сітки, виготовленої з дроту або перфорованого металевого листа.

Насос повинен гарантувати доставку необхідної кількості масла до пар тертя на всіх режимах роботи двигуна, зокрема під час його запуску та

прогріву при низьких температурах. Виявлено, що у період пуску і прогріву холодного двигуна вимоги до подачі не завжди виконуються через відсутність їх врахування в існуючих методиках розрахунку подачі насоса.

Дослідження показали, що температурна масляна міцність залежить від подачі насоса, яка визначається діаметром впускного трубопроводу, конструкцією маслоприймача, висотою всмоктування, геометричними параметрами і частотою обертання шестерень, а також діаметром масляних каналів головної магістралі. Висота впускного патрубку насоса, як правило, не повинна перевищувати 200 мм, оскільки з її збільшенням відбувається зменшення подачі насоса, особливо під час запуску холодного двигуна. На деяких двигунах (наприклад, GMC-71, Mercedes OM-355 та інші) насоси встановлені в масляному картері, що зменшує гідроопір в насосі та підвищує його подачу.

Зменшення температурного масляного опору можливо шляхом збільшення обертової частоти колінчастого вала. Наприклад, при пуску та прогріві холодного двигуна з використанням масла SAE 10W/40 при температурі мінус 29°C, підвищення обертової частоти колінчастого вала з 16,6 до 33,3 с⁻¹ (від 1000 до 2000 об/хв) призвело до майже вдвічі зменшення температурного масляного опору.

На температурний масляний опір впливають конструкція, розміщення та тиск відкриття редуційного клапана в насосі. Редуційний клапан, який відводить масло безпосередньо в картер, сприяє скороченню температурного масляного опору шляхом зниження в'язкості масла при проходженні через насос. Клапани такого типу встановлені на двигунах, таких як ЯМЗ-236 і 238; ЗІЛ-157К; "Cummins 6V-140, 8V-185B"; "Perkins 4.107"; "Mercedes-Benz OM-355". Розміщення редуційного клапана не в насосі, а в кінці головної магістралі (ЗМЗ-53 і 66; УМЗ- 469; "Mercedes-Benz OM-621-III; "Henschel 514 DCU"; "Granit" та інші), або підвищення тиску відкриття редуційного клапана в насосі до рівня 0,70...0,95 МПа (7,0...9,5 кг/см²) при наявності обмежуючого клапану в кінці головної магістралі або диференційного

клапана в насосі ("Deutz F8L-413", "GMC-8V-71", ЯМЗ-236 і 238, КамАЗ-740 і 741) також сприяє зменшенню температурного масляного опору за рахунок направлення всього потоку масла від насоса до головної магістралі.

Для зменшення температурного масляного опору конструкція центрифуг з відцентровим масляним фільтром, що має зовнішній гідравлічний реактивний привід, повинна не лише уникати витікання масла в картер після зупинки двигуна, але й постачати масло на привід ротора лише після досягнення мінімально допустимого тиску масла в кінці головної магістралі в період прогріву.

Друга вимога виникає з того, що витрата масла через сопла на привід ротора центрифуги може підвищити температурний масляний опір. Серед існуючих центрифуг цим вимогам відповідають центрифуги без соплового приводу з внутрішнім гідравлічним приводом. Застосування центрифуги, розташованої на відгалуженні, з подачею масла в ротор від окремої секції насоса (як у ІМЗ-53 та КамАЗ-740), також сприяє зниженню температурного масляного опору.

Щоб сприяти прискоренню подачі масла до пар тертя в період пуску та прогріву двигуна, використовують такі методи: Створення пульсуючої струменевої подачі масла з отвору в нижній головці шатуна (наприклад, в моделях ЗМЗ-53, ЗІЛ-114 та 130, а також інших) або в його стержні (як у "Mazda-1300" та дизелях "Rolls-Royce"). Це направляє масло на стінки циліндрів, поршневий палець та кулачки розподільного вала у "Leyland-600". Розташування кулачків розподільного вала у ваннах з постійним рівнем масла (застосовується у "GMC" та "Deimler-Benz"). Розміщення редуційного клапана в кінці головної магістралі, який направляє масло для змащування ланцюга і зірочок приводу розподілу, призначених для колінчастого вала і валу муфти випередження впорскування пального (в моделі Mercedes-Benz OM-621-III). Використання струменевої подачі масла зі спеціальних отворів-форсунок на шестерні і ланцюги розподілу (застосовується у "Deutz", "GMC", "Granit" та інших). Забезпечення всього потоку масла від насоса в

головну магістраль. Подача масла під тиском до спіральної шестерні привода масляного насоса від шестерні розподільного вала (наприклад, у "Leyland-600") або безпосередньо від масляного насоса (в моделі АЗЛК-412).

У дизельних двигунах з турбонаддувом, стійкість турбокомпресора в роботі визначається тривалістю температурного масляного опору, яка зростає зі збільшенням в'язкості масла при низьких температурах пуску холодного двигуна. В цьому контексті часто виникають випадки пошкодження підшипників турбокомпресора. Було встановлено, що це не тільки залежить від в'язкості масла та режиму прогріву двигуна, але й від схеми подачі масла до турбокомпресора, конструкції масляного фільтра, розташованого перед турбокомпресором, і ступеня його забруднення. Таким чином, у деяких високофорсованих дизелях з турбонаддувом передбачено підвищення надійності підшипників вала турбокомпресора в пусковий період за рахунок подачі масла до них з поршневого масляного акумулятора при включенні стартера.

Деякі зарубіжні компанії рекомендують вводити масло в камеру згоряння дизеля під час запуску для підвищення фактичного ступеня стиску і досягнення необхідної температури самозаймання пального, а також для забезпечення надійної роботи пар тертя під час прогріву двигуна.

Зараз, для забезпечення надійного запуску двигуна та зменшення пускового зносу циліндрів, у впускні трубопроводи або циліндри вводять легкозаймисту рідину, яка містить мінеральне масло, антикорозійні та антиокисні присадки. Пуск двигуна з використанням такої рідини інтенсифікує процес згоряння основного пального, різко скорочує час запуску і досягнення обертової частоти колінчастого вала, на якій рекомендується прогрів двигуна. Це сприяє збільшенню подачі масла від насоса та зменшенню температурного масляного опору.

Вдосконалення змащення циліндра під час запуску та прогріву холодного двигуна також досягається за допомогою поршня з амортизуючим поясом, який утримує масло після зупинки двигуна на протязі тривалого

періоду (кілька неділів).

Абсолютне усунення можливе за допомогою таких засобів, як насос для накачування масла, який подає масло до підшипників колінчастого вала перед запуском двигуна (Д-12А, ЯМЗ-240, 240Н, 240НБ, СМД-60, 62, 64, 80; А-712, 650, 401; Д-160, 160Т; "Meadows", "Henschel" та інші); або спеціального масляного картера, в якому масло перед запуском двигуна перебуває під тиском, або масляного акумулятора з термоізоляцією.

1.1.3. Якість масла та пального

Якість масла впливає на легкість запуску холодного двигуна і значно визначає надійність роботи пар тертя під час прогріву.

В сучасних автотракторних двигунах використовують як незагущені, так і загущені масла. Масла, які отримані шляхом загущення фракцій малої в'язкості та низькомолекулярних (основних масел), що мають заздалегідь визначений склад, забезпечують задовільні характеристики запуску двигуна при низьких температурах. Насос починає постачати такі масла до температур від мінус 40 до 50 градусів Цельсія. Вивчено, що під час запуску холодного двигуна виникає надмірне зсувальне напруження в масляному шарі на поверхні пар тертя. Це може призводити до максимального зниження в'язкості масла, що наближається до в'язкості основи масла, що додатково зменшує опір обертанню колінчастого вала.

Моторні масла, при зниженні температури навколишнього повітря до певного рівня, втрачають свою текучість через утворення структурного каркаса із кристалів парафіну. Це викликано обмеженою розчинністю високоплавких парафінів у маслах і викиданням кристалів при низьких температурах. Під час бездіяльності двигуна при температурі навколишнього повітря нижче точки застигання масла, такий структурний каркас формується на маслозбірній сітці маслоприймача та у впускній магістралі насоса. У такому випадку при запуску холодного двигуна каркас з кристалів парафіну

не руйнується через недостатній перепад тиску, і масло не надходить в насос. Це може призвести до випадків виплавлення підшипників колінчастого вала та турбокомпресора на задири циліндрів.

Під час вивчення прокачування масел, які залишилися близькими або вже застиглими (при температурі від мінус 17,8 до мінус 40 °С), виявлено, що навколо маслоприймача виникає вакуум. У першому випадку це призводить до імпульсивного подачі масла в насос, що різко знижує його продуктивність, а в другому випадку призводить до повної зупинки подачі масла в насос.

Температура застигання масла, а також якість депресорних та в'язкісно-температурних присадок, а також їхнє схильність до деструкції, впливають на тм. Збільшення кількості депресатора для поліпшення в'язкісно-температурних характеристик масла SAE 20W/50, що проявляється у зниженні температури застигання з мінус 23 °С до мінус 32 °С, спричиняє збільшення тм на 1,0–2,5 хвилин через погіршення прокачування масла. При механічній деструкції загущеного масла SAE 10W/40 його в'язкість при температурі 99 °С зменшилася з 14,4 до 10,6 мкм²/с (сСт), а температура застигання підвищилась з мінус 46 до мінус 37 °С. Це призвело до погіршення прокачування масла та збільшення тм.

Дослідженнями низькотемпературної прокачуваності масел показано, що тм неможливо передбачити за в'язкісно-температурними характеристиками масел (кінематичною і динамічною в'язкістю, температурою і тривалістю застигання) та результатами модельних випробувань і установок, які імітують прокрутку двигуна. В більшості випадків під час пуску холодного двигуна подача масла до пар тертя закінчується вже при температурі, яка на 13–18 °С вища за його точку застигання. Це пояснюється тим, що прокачуваність масла залежить не лише від його хімічного складу, в'язкості і температури застигання, але також від конструкції масляного картера, маслоприймача, подачі насоса, розташування і тиску відкриття редукційного клапана. Наприклад, при використанні

однакових масел мінімальні температури їхнього надходження в головну магістраль двигуна ГАЗ-51 на 5–6 °С нижчі, ніж у двигуні ЗІЛ-120.

Зауважно, що загущені масла завдяки своїм в'язкісно-температурним властивостям демонструють кращу прокачуваність, сприяючи швидшому поданню до пар тертя під час пуску та прогріву холодного двигуна. Спеціальні випробування на стенді, який імітує систему змащування двигуна В-2, вказують на те, що при температурі мінус 30 °С загущене масло МТ-8п подається з чотириразовою швидкістю порівняно з незагущеним МТ-8. У випадку пусків холодного двигуна ЗД-6 за використання загущеного масла МТ-14п затримка надходження масла на змащування циліндрів при пониженні температури на 1°С становить 4,2 секунди; при використанні масла МС-20 цей показник подвоюється. Такий же закономірний паттерн виявлений під час випробувань двигуна ЯМЗ-238 з використанням загущеного масла АСЗп-10 та зимового масла Дп-8. Під час пуску та прогріву холодного двигуна при температурі мінус 30 °С затримка надходження масла АСЗп-10 на нижню частину циліндра така ж сама, як при 0°С на маслі Дп-8. У період пуску холодного дизельного двигуна А-41 за температури мінус 15 °С прокачуваність через головну магістраль загущеного масла М-6ВЗ виявилася в 3 рази більше, ніж у випадку тандартного М-8Б. Режим рідинного тертя в підшипниках колінчастого вала цього двигуна зберігався на маслі М-8Б до температури мінус 15 °С, а на маслі М-6ВЗ до мінус 25 °С. Порушення суцільності масляного шару на маслі М-6ВЗ зафіксовано лише при температурі мінус 27 °С.

Загущені масла сприяють швидкому доставанню до поверхонь тертя, зменшуючи пускові зноси двигуна і знижуючи припрацьовуючі зноси під час прогріву, а також ефективно підготовлюють поверхні тертя до навантаження. Відповідно до проведених досліджень, при однаковій затримці надходження масла до циліндрів після запуску двигуна, знос на менш в'язкому маслі був удвічі більший, ніж на більш в'язкому. У випадку постійної роботи при низьких температурах, ця різниця стає ще значущою.

При експлуатації двигунів у зимовий період (при температурі навколишнього повітря нижче мінус 30 °С), іноді використовується розрідження масла пальним, що значно поліпшує його прокачуваність і швидкість подачі до поверхонь тертя. Це зменшує опір обертанню колінчастого вала, гарантує стабільний пуск двигуна і мінімізує пускові зноси основних деталей.

Однак, це призводить до збільшення витрат пального та погіршення протизносних властивостей масел, що обмежує застосування цього методу для зниження в'язкості масла в автотракторних двигунах під час їх пуску.

айбільш популярним методом зниження в'язкості масла перед запуском холодного двигуна є його підігрів рідинними підігрівачами, а також частково за допомогою електричних та електромагнітних систем.

Під час запуску та прогріву холодного двигуна якість масла різко погіршується через накопичення води та конденсованих продуктів неповного згоряння пального. Це призводить до зниження в'язкості масла, збільшення його кислотності та присутності механічних домішок. Наприклад, під час 15-хвилинного прогріву холодного дизельного двигуна ЗД-6 зі швидкістю обертання колінчастого вала 25 с-1 (1500 об/хв) при температурі навколишнього повітря від -8,5 до -16,5 °С, в масло потрапило відповідно 55, 100 і 240 г дизельного пального. За 160 пусків та прогрівів при температурі від +1 до -28 °С, вміст пального в маслі МТ-14п зросла до 38%, що призвело до зниження його в'язкості з 13,44 до 4,85 мкм²/с (сСт) при 100 °С.

У зимових умовах, після 120 запусків та прогрівів холодного двигуна ЗД-6, вміст механічних домішок та кислотність масла зросли приблизно в 30 разів. Під час 10 запусків та прогрівів холодного двигуна ЗІЛ-375 за температури -25 °С, кінематична в'язкість масла в картері знизилась з 9,5 до 4,5 мкм²/с (сСт) при температурі 100 °С через нафтопродукт, який накопичився в маслі. В дослідженні пускових зносів двигуна ЗМЗ-53 виявлено, що після 10 запусків та прогрівів холодного двигуна вміст бензину в маслі становив 15%, а вода - 2%. Збільшення вмісту води у маслі сприяє

утворенню шламу в двигуні, що порушує циркуляцію масла. Тому, при експлуатації двигунів взимку, важливо приділяти більше уваги очищенню масла, зокрема, слід звертати увагу на термін служби фільтра, який може відділяти або поглинати вологу (воду).

Миттєвий вплив на температурні моменти мають властивості очищення та розподілу масел, що визначають чистоту сіток маслоприймача та фільтрів. Виявність відкладень шламу на сітці маслоприймача двигуна ГАЗ-51 може призвести до зростання температурних моментів на 10-20%. В такому випадку при зниженні температури масла температурний момент може настільки збільшитися, що викличе виникнення задирів на парах тертя після запуску двигуна. Наприклад, під час експлуатації дизельних двигунів НРТО 6В, встановлених на лісовозах КНВФ-12Т виробництва "Камацу-Ніссан", внаслідок забивання сіток маслоприймачів насосів шламом виникло 209 випадків виникнення задирів на вкладеннях підшипників колінчастих валів при запусках двигунів без попереднього прогріву масла в картерах.

Термін служби масла в двигунах напряму пов'язаний із температурним моментом. Встановлено, що в'язкість масла, яке беззмінно експлуатувалося впродовж 50000 км пробігу автомобіля, значно зросла. Пуски холодних двигунів за низьких температур (мінус 18°C) на цьому маслі показали, що частота обертання колінчастого вала зменшилася на 17%. Однак зниження цієї частоти не викликало особливих проблем при запуску двигуна. Це може пояснюватися тим, що масла, які беззмінно працювали, володіють тиксотропними властивостями і під час механічної деструкції швидко відновлюють свою початкову в'язкість.

Вплив пального на стартовий знос циліндрів визначається його фракційним та груповим складом, наявністю корозійно-агресивних з'єднань і, головним чином, вмістом сірки, а також швидкістю і напрямком потоку паливно-повітряної суміші в циліндрі. Ці чинники можуть значно впливати на корозійно-механічне або молекулярно-механічне, а також на ерозійне зношування циліндрів частинками невивареного пального.

Під час запуску та прогріву холодного двигуна погіршується випаровуваність, якість сумішоутворення і повнота згоряння палива. У бензиновому двигуні, навіть за нормального теплового режиму роботи, до 25% пального може знаходитися у вигляді плівки, яка рухається по внутрішніх стінках впускного трубопровода, а в окремих випадках ця кількість може сягати 40%. Встановлено, що зі зниженням температури повітря перед карбюратором від плюс 90 до плюс 20°C кількість пального, що знаходиться у вигляді рухливої плівки по внутрішніх стінках впускного трубопровода, збільшується з 22 до 53%.

Ця плівка пального містить підвищену концентрацію ароматичних вуглеводнів, які володіють високою розчинною здатністю. Невипарована частина пального, що знаходиться в камері згоряння, окислюється, утворюючи перекиси, альдегіди, кислоти та інші кислотні сполуки. Рідка фаза пального разом із цими з'єднаннями проникає на поверхні циліндрів, розчиняючи та змиваючи масляну плівку, що викликає ерозію і корозію їх тертя. Коли ці кислоти потрапляють у картер, вони погіршують якість масла і сприяють утворенню шламів та осадів у двигуні, що порушує циркуляцію масла. Це впливає на надійність роботи пар тертя під час запуску і прогріву холодного двигуна.

Багатьма науковцями було виявлено зростання зносу циліндрів двигунів на областях, які змиваються пальним, оскільки це порушує суцільність масляної плівки і створює умови для розвитку процесів зчеплення між циліндром і поршневыми кільцями. Зафіксовано, що рівень зносу циліндрів залежить від типу пального і його фракційного складу. Зі збільшенням температури кінця кипіння бензину спостерігається збільшення зносу циліндрів. Це підтверджує вплив бензину з різними температурами кінця кипіння на ступінь зносу деталей двигуна, таблиця 1.1

Таблиця 1.1

Вплив температури кінця кипіння бензину на знос циліндрів двигуна і витрати пального.

Температура кінця перегонки, °С	Знос, %	Витрати пального, %
175	97	98
200	100	100
225	200	107
250	500	140

Додатковим доказом зниження зносу циліндрів при зменшенні обсягу пального, яке надходить в циліндри у рідкофазному стані, є інформація, що вказує на зменшення зносу циліндрів бензинового двигуна від 1,4 до 2,0 разів при його функціонуванні на газоподібному паливі. У такому випадку спостерігається значне поліпшення умов для змащення пар тертя "циліндр-поршневі кільця" (без змивання масляної плівки), що призводить до зменшення масштабу їх зносу.

При функціонуванні дизеля на режимі зниженої температури спостерігається менший знос циліндрів порівняно з двигунами, які використовують бензин. Це визначається ефективнішим змащуванням верхньої області циліндра через особливості утворення сумішей та властивостей дизельного пального.

1.2 Умови експлуатації

Надійність роботи циліндрів, підшипників колінчастого вала та турбокомпресора в період пуску і прогріву в значній мірі залежить від товщини і міцності масляної плівки на поверхнях тертя перед пуском холодного двигуна. Цей характеристичний параметр масляної плівки піддатний впливу теплового режиму (стану) двигуна при його зупинці, в'язкісно-температурних властивостей масла, тривалості перерви в роботі двигуна і температури навколишнього повітря при пуску двигуна.

Згідно з дослідженнями та інструкціями з експлуатації двигунів, рекомендується вимикати двигун для тимчасового зберігання автомобіля при температурі охолоджуючої рідини і масла, що дорівнює 75°C . Це забезпечує відсутність локального перегріву, який може порушити щільність головки блоку, і уникнення конденсації вологи в циліндрах. Однак після зупинки двигуна при цьому тепловому режимі значна кількість масла може стікати в картер з поверхонь тертя протягом періоду простою автомобіля.

Крім того, при пуску холодного двигуна тонка плівка масла на робочій поверхні циліндрів розчиняється і змивається рідкофазним паливом, що погіршує умови змащування пари тертя "циліндр-поршневі кільця". Це призводить до підвищеного зносу. З цієї причини, для зниження зносу та підвищення надійності роботи циліндрів у пусковий період, іноді використовують зупинку двигуна при зниженому тепловому режимі. Це дозволяє утворювати більш товсту плівку масла на поверхні циліндрів, що запобігає задиру і зменшує знос робочої поверхні під час наступного пуску холодного двигуна. Однак цей метод має обмежену ефективність через великі затрати часу і підвищені витрати пального.

Тривалість зупинки двигуна в основному впливає на ступінь зносу елементів циліндро-поршневої системи. На зображеннях 1.2 і 1.3 ілюструється, що пусковий знос циліндрів і поршневих кілець зростає разом із збільшенням тривалості зупинки двигуна, зокрема, надзвичайно значно збільшується протягом перших 2...5 годин простою автомобіля.

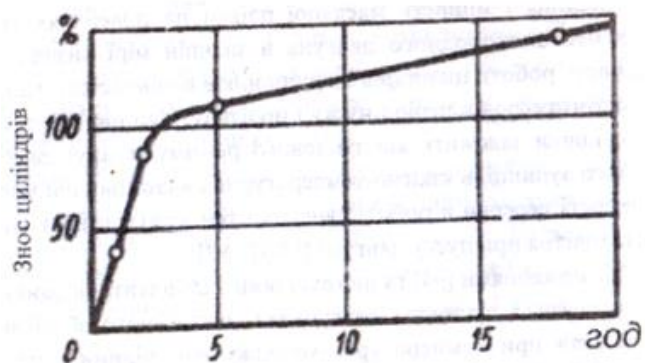


Рисунок 1.2 Залежність зносу С (в %) шестициліндрового двигуна (ст.

28, рис 1.3)

У дослідженнях продемонстровано, що стабілізація зносу компонентів циліндро-поршневої системи під час прогріву холодного двигуна настає не в момент досягнення оптимального теплового режиму, а певний час після введення двигуна в експлуатацію. Зауважимо, що тривалість адаптації цих компонентів залежить від періоду простою двигуна (див. рисунок 1.4, 1.5).

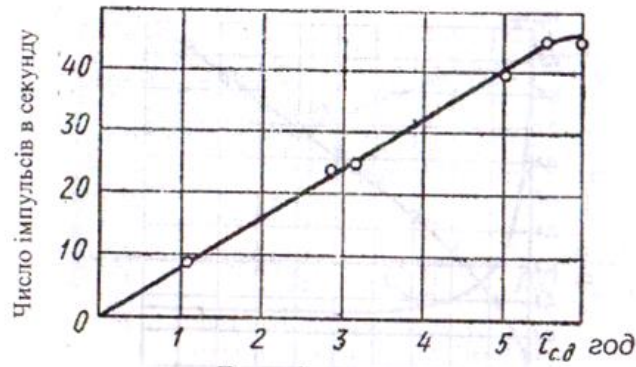


Рисунок 1.3 Залежність зносу поршневих кілець при пуску і прогріві двигуна Д-6 від тривалості простою

Після перерв у функціонуванні дизельного двигуна 1Ч10, 5/13 з інтервалами в 1, 28, 65 та 115 годин виявлено, що знос верхнього поршневого кільця протягом першої години після пуску збільшується на 54, 110, 211 та 311%, порівняно із зносом при стандартному режимі роботи двигуна. У періоди бездіяльності цього двигуна тривалість припрацювання верхнього поршневого кільця складала відповідно 0,75; 1,4 та 2 години після пуску.

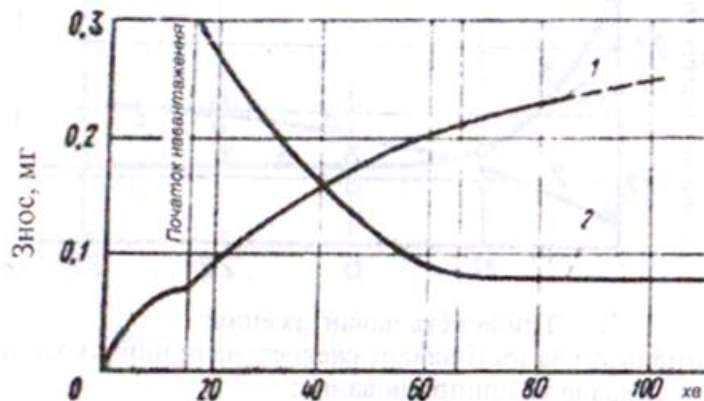


Рисунок 1.4 Динаміка припрацювання поршневого кільця в період пуску і прогріву та після навантаження двигуна: 1 – припрацювання; 2 –

швидкість зносу

Відомо, що найвища інтенсивність появи продуктів зносу в маслі відзначається протягом першої години роботи холодного двигуна при температурі $+15^{\circ}\text{C}$, і ця інтенсивність втричі більша, ніж протягом двох наступних годин роботи. Додатково було встановлено, що найвищий темп пускового зносу циліндрів спостерігається протягом першої хвилини прогріву холодного двигуна.

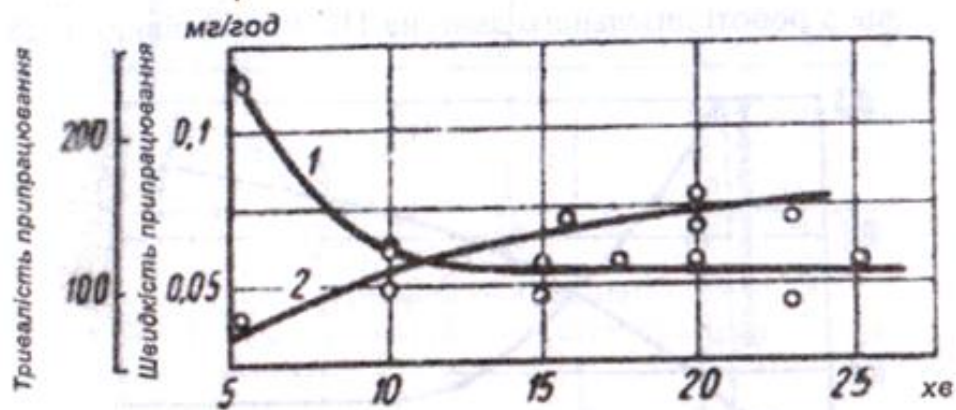


Рисунок 1.5 Вплив тривалості завантаженості на припрацювання: 1 – тривалість припрацювання; 2 – швидкість

Як вже було зазначено, основний вплив на знос циліндрів при пуску двигуна залежить від товщини масляної плівки на їх поверхнях перед запуском і від швидкості створення нової плівки під час прогріву двигуна. Зі збільшенням тривалості перерв у роботі двигуна товщина масляної плівки на деталях зменшується, і збільшується час, необхідний для доставки масла до пар тертя. Це впливає на швидкість формування нової масляної плівки на поверхнях пар тертя під час прогріву двигуна, що в свою чергу зростає знос цих деталей. Тим самим, темп зносу деталей у початковий період прогріву (1,0...1,5 хв) значно вищий, ніж в кінці прогріву. Важливо зауважити, що під час простою, запуску та прогріву двигуна відбуваються більш складні процеси, ніж ті, які були описані вище. Зокрема, внаслідок конвективного і дифузійного тепломасопереносу пари води та агресивних газів проникають

через масляну плівку на стінки циліндрів, спричиняючи корозію їх поверхонь. При цьому ступінь корозії у циліндрах залежить від в'язкості масла у зворотній залежності.

Текст описує вплив різних чинників на знос циліндрів при пуску та прогріві двигуна. Зокрема, зазначається, що товщина масляної плівки та швидкість формування нової мають значний вплив на цей процес. Зі збільшенням тривалості перерв у роботі двигуна товщина плівки зменшується, що призводить до затримки подачі масла до пар тертя і збільшує час формування нової плівки. Це, в свою чергу, призводить до підвищеного зносу циліндрів в початковий період прогріву, порівняно з кінцем цього процесу. Також вказується на більш складні процеси, які відбуваються під час простою, запуску та прогріву двигуна, включаючи тепломасоперенос пари води та агресивних газів через масляну плівку, що може сприяти корозії поверхонь циліндрів, а її ступінь залежить від в'язкості масла.

Відомо, що найвища ефективність прогріву охолоджуючої рідини та масла спостерігається при прогріві двигуна за навантаженням. Однак, незалежно від методів і режимів прогріву, температура масла завжди відстає від температури охолоджуючої рідини на 13...45°C через особливості конструкції двигуна. Знос циліндрів у двигуні ЗМЗ-66 при прогріві під навантаженням на 3,7 рази більший, ніж при прогріві на холостому ході. Це, ймовірно, пов'язано з більш інтенсивним змиванням рідкофазного бензину масляної плівки з циліндрів під час прогріву двигуна під навантаженням, що призводить до збільшення паливної плівки у впускному трубопроводі. У бензинових двигунах із значним запізненням подачі масла в пари тертя (ТМ) такий прогрів може викликати задири циліндрів та підшипників колінчастого вала. Тому в бензинових двигунах швидкий прогрів охолоджуючої рідини і підтримання оптимальної температури при холостому ході забезпечується за допомогою ефективних термостатів, терморегульованих вентиляторів та жалюзі перед радіатором. Також використання автоматичних пристроїв, які

зміщують момент запалювання в сторону запізнення, сприяє значному підвищенню тепловіддачі в охолоджуючу рідину, збільшуючи при цьому поверхню циліндра, що контактує з гарячими газами.

Прогрівання дизельних двигунів під навантаженням не призводить до збільшення пускового зносу циліндрів. Експериментально було доведено, що при прогріві під навантаженням двигуна ЯАЗ-204 пусковий знос циліндрів навіть зменшився. Це пояснюється особливостями утворення суміші та властивостями дизельного пального, яке, порівняно з бензином, має кращі змащувальні властивості при низьких температурах і менше порушує суцільність масляної плівки на циліндрах. Під час прогріву двигуна важливо, щоб частота обертання колінчастого вала не лише забезпечувала швидке прогрівання охолоджуючої рідини та масла, але і мінімізувала випадання газів з надпоршневого простору в картер. Останнє може призводити до інтенсифікації забруднення масла. Прогрівання двигуна, зокрема дизельного, на мінімальній частоті холостого ходу може збільшити пусковий знос циліндрів та погіршити якість масла. Це впливає з того, що відомо, що пропуск газів через картер за один робочий цикл при частоті обертання колінчастого вала дизеля 8,3 с-1 (500 об/хв) в 10 разів більший, ніж при 41,6 с-1 (2500 об/хв).

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Дослідження зношування основних деталей автотракторних двигунів в пусковий період

Для визначення причин зниження надійності двигунів під час пускового періоду та розробки заходів для їх вирішення, проводилися дослідження зношування основних деталей двигунів у цей період, і визначався домінуючий вид їх зношування. Перед початком випробувань двигун розбирався. Для вимірювання глибини зносу на циліндрах та шийках колінчастого вала використовували прилади моделі УПОІ-965 і 967 відповідно до чинної методики. Після цього двигун складався, встановлювався на стенді, обладнаному згідно з чинними стандартами, і піддавався обкатці протягом 100 годин за спеціальною програмою-методикою. Після завершення обкатки двигун розбирався з метою проведення початкових вимірів деталей за допомогою мікрометра та методу вимірювання зносу за вирізаними ямками (штучними базами). Дослідження двигуна ЗІЛ-ІЗО проводилося з використанням бензину марки А-76, масла АС-8 при плюсових температурах навколишнього повітря (плюс 15...20°C) та загущеного масла М-6ВЗ при мінусових температурах (мінус 25°C). Фізико-хімічні властивості палива і масел відповідали чинним стандартам.

Для вивчення впливу передпускового прокачування масла через головну магістраль системи змащування на зношування ключових деталей двигуна ЗІЛ-ІЗО в пусковий період проведено 50 запусків та прогрівів холодного двигуна в камері холоду при температурі мінус 25°C і 100 запусків та прогрівів при температурі плюс 15...20°C. Спочатку проведено дослідження двигуна зі стандартною системою змащування, а потім - з дослідним варіантом системи змащування, яка відрізнялась від звичайної наявністю маслозакачуючого пристрою.

З метою визначення змін фізико-хімічних властивостей масла та виявлення наявності в ньому пального, води та інших хімічних елементів

(продуктів зношування), було здійснено відбір проб після кожного запуску та прогріву холодного двигуна. При плюсових температурах повітря заміна масла відбувалася після кожних п'яти запусків та прогрівів, а при мінусових температурах повітря заміна масла в картері проводилась так, щоб кількість бензину в маслі не перевищувала 5-10%, порівняно з зимовою експлуатацією автомобіля. Після кожного циклу досліджень двигун розбирався для проведення вимірів ключових деталей мікрометром та методом штучних баз (ямок).

2.2. Зношування циліндрів

На підставі аналізу умов роботи елементів циліндро-поршневої групи під час запуску і прогріву холодного двигуна розроблена концепція впливу різних чинників на зношування циліндрів у пусковий період (рис. 2.1). Ця концепція стала основою для встановлення кількісної залежності пускового зносу циліндрів від конструкції двигуна, якості масла і пального, а також умов експлуатації. Наявність математичної залежності дозволить визначити основні причини пускового зносу циліндрів і розробити стратегії для його зменшення, щоб підвищити надійність роботи в період пуску та прогріву холодного двигуна. Знос циліндрів під час запуску і прогріву холодного двигуна є нестационарним низькотемпературним зносом, який можна представити у вигляді функції факторів, вказаних на рисунку 2.1.

Під час експлуатації інтенсивність зношування циліндрів негартованих деталей працюючого та технічно справного двигуна зменшується в обернено пропорційній залежності від пробігу автомобіля. До капітального ремонту двигуна ЗІЛ-ІЗО відомо, що інтенсивність зношування циліндрів з аустенітними вставками майже в 1,3 раза менша за час їхньої роботи. Розглянемо вплив цих факторів на пускове зношування циліндрів двигуна ЗІЛ-ІЗО та проведемо кількісну оцінку ролі кожного фактора у сумарному значенні пускового зносу.

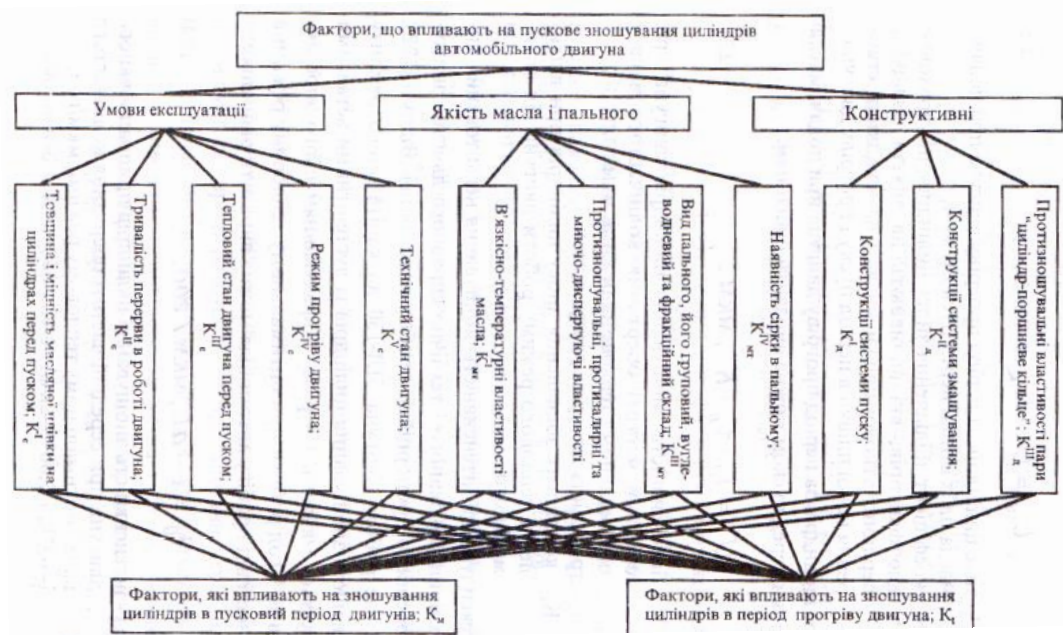


Рисунок 2.1 схема впливу різних факторів на зношування циліндрів у період пуску і прогріву холодного двигуна

2.3 Вплив конструкції двигуна

Результати проведених досліджень підтверджують, що конструктивні особливості системи змащування значно впливають на пускове зношування ключових елементів двигуна. Знос циліндрів під час одного запуску та прогріву холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО, який обладнаний маслозакачуючим пристроєм при температурі мінус 25 °С, менший в 1,7 раза порівняно з зносом циліндрів у стандартного двигуна. Варіація впливу прокачування масла через головну магістраль перед запуском холодного двигуна при різних температурах повітря на зношування циліндрів пояснюється тим, що при зниженні температури пуску в'язкість масла різко зростає. У випадку передпускового прокачування через підшипники колінчастого вала масло менше подається в циліндри, і, отже, запізнення надходження масла не повністю компенсується. Встановлено, що при температурі повітря плюс 15 °С стабілізація тиску масла в головній магістралі двигуна ЯМЗ-238 відбувається за 10 секунд, а масло досягає поверхні циліндрів через 65

секунд. При зниженні температури пуску до мінус 35 °С, масло АСЗп-10 потрапляло на циліндри через 170 секунд після запуску.

Отже, для ефективного зменшення пускового зношування циліндрів необхідно гарантувати, що масло буде на їх робочій поверхні перед запуском холодного двигуна. Відсутність належного розподілу масла на циліндри під час пуску та прогріву холодного двигуна не лише призводить до підвищеного зношування, але також може спричинити задири циліндрів. При пусках холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО з використанням масла АС-8 при температурі повітря від мінус 22 до 25 °С виявлено випадки задирів циліндрів, переважно в напрямку розвалу блоку (рис.2.2).

Зниження пускового зношування циліндрів і уникнення їх задирів через прокачування масла через головну магістраль перед пуском двигуна свідчать про те, що на цьому етапі значення зносу визначається переважно молекулярно-механічним типом, тобто знос відбувається головним чином через недостатнє змащування внаслідок прямого контакту циліндрів з поршневими кільцями. Це підтверджується результатами досліджень впливу умов роботи пари тертя "циліндр-поршневі кільця" на їх зношування при роботі одноциліндрового відсіку двигуна ЗІЛ-ІЗО на низькотемпературному режимі. Покращення умов змащування пари тертя "циліндр-поршневі кільця" через обробку робочої поверхні циліндра, яка підвищувала його здатність утримувати масло, призвело до зменшення зносу цих елементів в 1,4 рази.

Безпосереднім контактом поршневих кілець з циліндрами пояснюється також їх задири із сторони розвала блоку при пуску холодного V-подібного двигуна.

Подальшим доказом того, що поліпшення умов змащування циліндра та поршневих кілець призводить до зменшення зносу цієї пари, можуть служити дані, представлені в Таблиці 2.1. З цієї таблиці вбачається, що наявність покриття, що пристосоване для припрацювання, на циліндрах позитивно впливає на їх трибологічні характеристики.

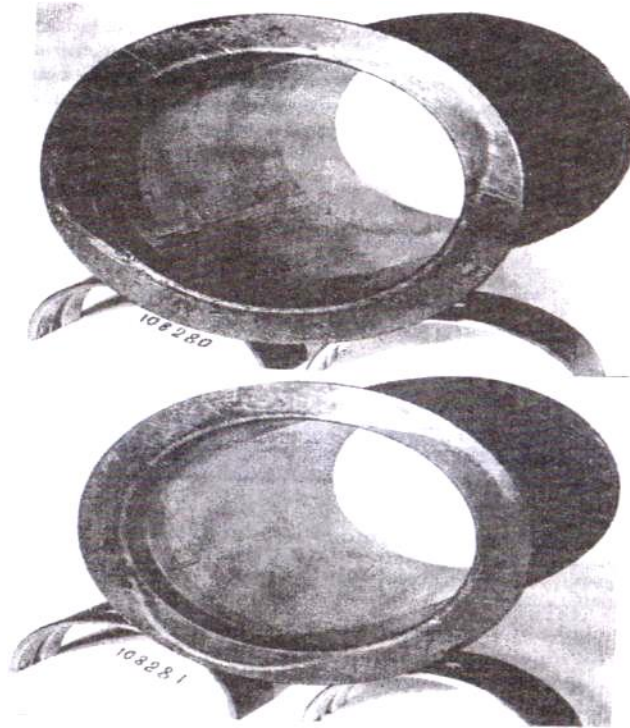


Рисунок 2.2: Випадки задирів циліндрів при запусках холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО за використання масла АС-8 при температурі повітря від мінус 22 до 25 °С: а) в області ненавантаження (з боку розвалу блоку) б) в області навантаження, де після зупинки двигуна спостерігається найбільше стікання масла.

Таблиця 2.1.

Триботехнічні властивості і зносостійкість негартованих (н) та гартованих (г) циліндрів

Характеристика поверхні циліндрів	Триботехнічні властивості циліндрів						Зносостійкість циліндрів					
	Тривалість припрацювання $t_{пр}$, хв		Задиростійкість τ, c		Коефіцієнт тертя, f		На машині тертя $I_{тн} \cdot 10^{-9}$, мкм/цикл		Після короткочасної обкатки дизеля, мкм/год		Після повної обкатки дизеля, мкм/год	
	н	г	н	г	н	г	н	г	н	г	н	г
Циліндри без покриття	12	23	18	16	0,70	0,80	9,2	4,2	3,2	1,3	0,15	0,11
	----1	----1	----1	----1	-----1	-----1	-----1	-----1	-----2	-----2	-----2	-----2
Циліндри з покриттям	6	10	36	35	0,55	0,55	8,0	3,7	2,4	1,0	0,11	0,08
	8	18	45	190	0,60	0,50	5,0	2,1	2,1	0,65	0,10	0,055
	----1	----1	----1	----1	-----1	-----1	-----1	-----1	-----2	-----2	-----2	-----2
	5	9	47	33	0,50	0,60	4,0	1,85	1,5	0,55	0,072	0,04

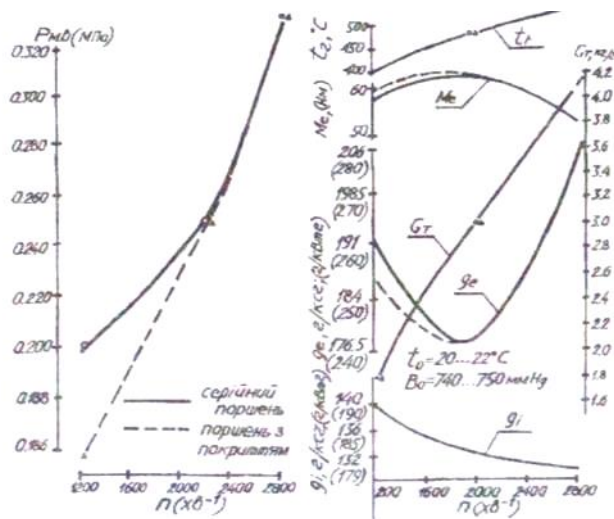
Примітки: У чисельнику і знаменнику зазначено триботехнічні показники циліндрів до та після обкатки двигуна відповідно. У чисельнику вказано стійкість до зносу циліндрів, в знаменнику - стійкість верхніх поршневих кілець вздовж радіусної товщини. Наявність припрацьовуючого покриття на циліндрі поліпшує як його триботехнічні характеристики, так і властивості пари тертя [103... 107]. Для вивчення впливу покриття циліндрів на стійкість до задирів та зносу циліндро-поршневої групи були проведені дослідження фізико-хімічних та триботехнічних властивостей поверхні циліндра після honing та нанесення покриття, як і після короткочасної та повної обкатки двигуна. Для порівняння триботехнічних властивостей і стійкості до зносу циліндрів із перлітного чавуну з металоізолюючим покриттям та без нього, були проведені випробування циліндрів на дизелі Д-240 та їх зразків на тертя СМЦ-2 (див. таблицю 2.1). Видно, що триботехнічні властивості зразків циліндрів з покриттям значно вищі. Час до припрацювання зменшився в 1,5 рази, стійкість до задирів зросла в 3,75 рази, коефіцієнт тертя знизився в 1,17 рази. Після обкатки двигуна триботехнічні властивості зразків циліндрів з покриттям і без покриття практично однакові через його експлуатацію. Важливо відзначити, що припрацьовуюче покриття на циліндрах у зоні ВМТ залишається дієздатним протягом тривалого періоду експлуатації.

Зносостійкість циліндрів із перлітного чавуну, які мають металополімерне покриття, та верхні поршневі кільця в них після технологічної та повної обкатки двигуна перевищує вартість циліндрів без покриття в 1,5 рази. Випробування зразків гартованих циліндрів з механохімічним покриттям та без нього на машині тертя показали (дивіться табл. 2.1), що покриття зменшує час до припрацювання в 2 рази, підвищує стійкість до задирів в 12 разів та знижує коефіцієнт тертя в 1,23 рази. Зразки цих самих циліндрів після повної обкатки дизеля СМД-60 мають однакові триботехнічні характеристики, оскільки протягом цього періоду покриття зносилося. Зносостійкість гартованих циліндрів з покриттям та верхні

поршневі кільця в них за період технологічної та повної обкаток дизеля СМД-60 перевищує вартість гартованих циліндрів без покриття в 2 рази. Додатково проводилися випробування дизелів Д-240 для визначення протизадирних властивостей циліндрів, виготовлених за технологією плосковершинного honing з нанесенням припрацьовуючого металополімерного покриття, що включало олово, мідь, графіт та інші тверді мастила.

Мета випробувань полягала в визначенні часу до заклинення поршнів у зразках серійних і експериментальних циліндрів. З метою прискорення процесу заклинення поршнів, відстань між ними була зменшена на 1,5 рази порівняно з оптимальною величиною. Холодна і гаряча обкатка двигуна проводилися без циркуляції води в системі охолодження. Холодна обкатка дизеля тривала 20 хвилин, тоді як гаряча - 45 хвилин на холостому ходу при оборотах 2200 об/хв. Після цього випробування на заклинення поршнів проводилися під навантаженням. Результати випробувань наведено в таблиці 2.2. Очевидно, що експериментальні циліндри з при- Вплив покриття верхніх поршневих кілець на їх задиростійкість та зносостійкість у досліджуваних циліндрах вивчався після технологічної та повної обкаток двигуна, а також під час експлуатації. Перевірці підлягали комплекти поршневих кілець, де верхні кільця були покриті пористим та твердим хромом, а також молібденом. Випробування на задиростійкість проводилися на бензиновому двигуні ЗІЛ-ІЗО та дизелі СМД-31. Виявлено, що найвищу стійкість до задирів забезпечують верхні поршневі кільця, покриті пористим хромом та молібденом, тоді як найнижчу - ті, що покриті твердим хромом. Під час випробування дизелів із серійними та експериментальними верхніми поршневими кільцями у циліндрах з покриттям та без нього було встановлено, що покриття переходить з циліндра на поршневі кільця, надаючи їм високу стійкість до задирів. Вплив покриття на стійкість пари тертя "циліндр-поршневі кільця" був досліджений під час випробувань на бензинових і дизельних двигунах.

становці дизеля ЗІЛ-645, порівнюючи серійний поршень, покритий оловом, і дослідний поршень з припрацьовуючим покриттям, що включало у себе 30% олова, 30% графіту, 30% міді та 10% синтетичної основи (смоли). У ході експерименту реєструвалися зовнішні характеристики швидкості та втрат механічної енергії для одноциліндрової установки з серійними і дослідними поршнями. З аналізу графіків на рисунку 2.5 стало очевидним, що дослідні поршні при операціях із обертанням при $n=1200$ об/хв зменшили механічні втрати на 8%. Значний ефект спостерігався при середніх обертах колінчастого вала ($n=1200\dots 2000$ об/хв). З вивчення зовнішніх характеристик швидкості (див. рис.2.5) випливає, що дослідні поршні в діапазоні обертів $n=1200\dots 2000$ об/хв покращили всі техніко-економічні показники двигуна. Зниження витрат пального становило 8 г/кВтгод (5,9 г/кСгод). Вплив припрацьовуючого покриття на заклинення поршня в циліндрі було визначено за допомогою спеціальних випробувань дизеля Д-240. Під час випробувань на дизель Д-240 послідовно встановлювалися різні комплекти поршнів.



Частота обертання колінчастого вала, хв а б

Рис.2.5 Характеристики одноциліндрової установки дизеля ЗІЛ-645:
а - характеристика механічних втрат; б - швидкісна характеристика.

Для порівняння випробуванням підлягали серійні поршні без покриття,

з покриттям оловом методом хімічного контакту і з механохімічним покриттям, що складалося з 30% олова, 30% міді, 30% графіту і 10% синтетичної основи (смоли). Випробуваннями визначалася стійкість покриття напрямної частини поршня до "заклинення" в циліндрі.

Використовувалися циліндри, виготовлені за технологією плосковерхинного хонінгу, з нанесенням припрацьовуючого металополімерного покриття (ПВХ-МП), а поршневі кільця були від фірми NPR (Японія). Зазор між направляючою частиною поршня і циліндра залишався постійним (0,14...0,15 мм). Усі випробування проводились на моторному маслі М-10Г. Для прискорення "заклинювання" поршнів дизель випробовувався без водяного радіатора і без циркуляції охолоджуючої рідини (водяний насос вимикався), з повним рівнем рідини в системі охолодження. Охолоджуюча рідина в процесі випробувань не доливалася. Режими випробувань наведено в таблиці 2.3. Серійні поршні без припрацьовуючого покриття працювали протягом 5 хв на режимі гарячої обкатки при $n=2200$ об/хв, поршні, покриті оловом - 1 год, а дослідні - 15 хв. На підставі комплексу порівняльних випробувань поршнів із механохімічним покриттям прийнято рішення Мінським моторним заводом впровадити цю технологію нанесення покриття на поршень для дизелів Д-245 (240Т) у експортному виконанні. Вплив типу двигуна, твердості та маслоємності поверхні циліндрів на їх пусковий знос був вивчений на двигунах ЗІЛ-130, ЯМЗ-236, 238 та КамАЗ-740 під час роботи в низькотемпературному режимі. В таблиці 2.4 представлені результати досліджень бензинових і дизельних двигунів при роботі в низькотемпературному режимі (режимі прогріву) після їх обкатки за стандартами заводів.

2.3.1 Вплив якості масла і пального

Для аналізу впливу якості моторного масла та пального на пускове зношування циліндрів використовувалися результати випробувань двигуна

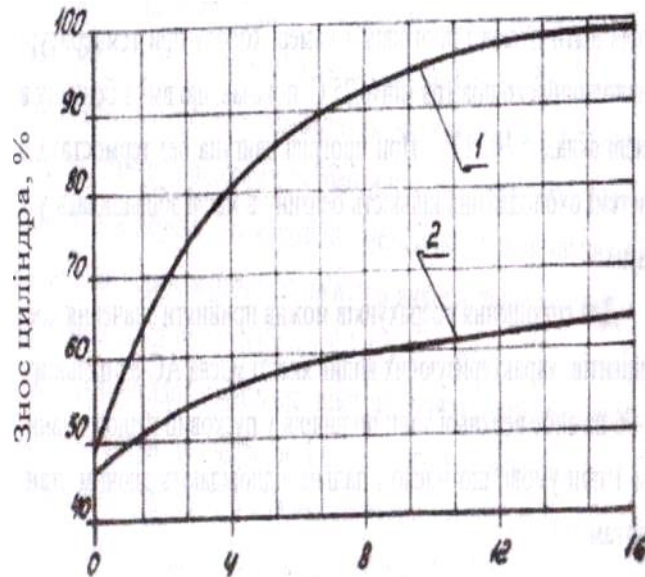
ЗІЛ-ІЗО під час пуску і прогріву за різних температур навколишнього повітря, а також його одноциліндрового відсіку та двигуна КамАЗ-740 під час роботи в низькотемпературному режимі (режимі прогріву). Встановлено, що при роботі бензинового двигуна на зниженому тепловому режимі з використанням товарного бензину з вмістом сірки 0,1...0,15%, якість присадок в одному і тому ж базовому маслі практично не впливає на знос верхньої зони циліндрів. Проте при використанні бензину з вищим вмістом сірки (до 0,4%), масло з підвищеними нейтралізуючими властивостями значно (на 25...35%) зменшує знос циліндрів. Це свідчить про те, що верхня зона циліндрів під час прогріву двигуна на стандартному пальному і маслі в основному піддається молекулярно-механічному зношуванню. Зношування циліндрів відбувається внаслідок контакту деталей, вільних від масла, що розчиняється рідкофазним бензином, який потрапляє в циліндри протягом цього періоду. Дія корозійно-механічного зношування в цій зоні стає переважаючою тільки при використанні бензину з підвищеним вмістом сірки (понад 0,15%). Якість присадок в маслі під час прогріву двигуна визначає знос нижньої частини циліндра, і його розмір переважно залежить від вмісту водяного конденсату, який накопичується в маслі протягом цього періоду роботи. Аналіз масла М-6ВЗ показав, що після п'яти пусків і прогрівів холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО в камері холоду при температурі повітря мінус 25°С вміст води в маслі становив 0,7...1,0%. При прогріві двигуна без термостата в системі охолодження цей показник подвоївся. Вода значно погіршує змащуючі властивості масляного шару і сприяє його розриву під кільцями, що призводить до прямого контакту поверхонь тертя та підвищеного зносу.

Наявність у маслах ефективних миючо-диспергуючих присадок дозволяє розсіювати воду, тим самим зроблюючи масляний шар більш однорідним і підвищуючи його стійкість до різних механічних пошкоджень. Це призводить до зменшення зносу циліндрів. На зношування циліндрів під час прогріву двигуна ЗІЛ-ІЗО впливає не лише вміст сірки в пальному, але й

його фракційний та груповий склад. Під час роботи відсіку двигуна ЗІЛ-ІЗО в низькотемпературному режимі протягом 120 годин і використанні бензинів з температурою кінця кипіння 183 і 237°C, знос циліндра в другому випадку збільшився в 1,5 рази через змивання та розчинення масляного шару висококиплячими фракціями бензину. Це стимулюється ароматичними вуглеводнями, які мають високу температуру кінця кипіння і високу розчинність. Аналіз масла, взятого з картера двигуна ЗІЛ-ІЗО після п'яти пусків і прогрівів в камері холоду при температурі навколишнього повітря мінус 25°C, показав, що вміст бензину в маслі становить 10...12%. При прогріві двигуна без термостата в системі охолодження кількість бензину в маслі подвоїлася.

2.3.2 Вплив умов експлуатації.

Такі фактори експлуатації, як тепловий стан двигуна перед зупинкою і під час запуску, а також режим прогріву, визначають товщину масляної плівки на циліндрах перед пуском і швидкість створення нової плівки в період прогріву. Таким чином, ці фактори мають суттєвий вплив як на знос, так і на задир циліндрів. Вплив в'язкості масла при зупинці двигуна, що характеризує товщину і міцність масляної плівки на циліндрах перед запуском холодного двигуна К-1е, і тривалість перерви в його роботі на знос циліндрів у період пуску та прогріву, досліджувався на одноциліндровому відсіку двигуна ЗІЛ-ІЗО. У процесі цих випробувань двигун зупинявся при нормальному тепловому режимі при в'язкості масла АС-8, рівній 12 мкм²/с (сСт), а потім через 2, 4, 8 і 16 годин перерви в його роботі проводився запуск. Такий експеримент повторювався при зупинці двигуна в умовах пониженого теплового режиму при в'язкості масла АС-8, рівній 280 мкм²/с (сСт). Результати випробувань представлені на рисунку 2.4. Видно, що знос циліндра в обох випадках збільшується зі збільшенням тривалості перерви в роботі двигуна.



Тривалість простою двигуна, год;

Рисунок 2.4. Зміна зношування циліндрів від тривалості перерви в роботі двигуна в залежності від в'язкості масла при його зупинці: 1, 2 - зупинка двигуна при в'язкості масла 12 і 280 мкм²/с (сСт), тобто при нормальному і пониженому тепловому режимах

Проте варто відзначити значуще зростання ступеня зносу циліндра при зупинці двигуна з низькою в'язкістю масла, а саме після роботи при нормальних або підвищених температурних режимах. Це може бути пояснене тим, що при збільшенні часу простою двигуна, зупиненого при нормальних або підвищених температурних режимах, до 8 годин і більше, масло з головної магістралі повністю стікає в картер, а його температура наближається до температури оточуючого повітря. Це сприяє збільшенню зносу циліндрів у період пуску і прогріву холодного двигуна за рахунок таких чинників: збільшення тривалості запізнення подачі масла на циліндри; зменшення товщини масляної плівки між поверхнями тертя, що сприяє проникненню парів агресивних продуктів та корозії на циліндрі в період простою двигуна, а також погіршенню умов роботи пар тертя в пусковий період; зниження температури охолоджуючої рідини та збільшення тривалості прогріву двигуна. При зупинці двигуна в умовах зниженого

теплового режиму досягається збільшення товщини масляної плівки на циліндрі, що, в свою чергу, гарантує: зниження ймовірності проникнення на робочу поверхню циліндра парів агресивних продуктів та корозії в період простою двигуна; покращення умов змащування пари тертя "циліндр-поршневі кільця" в період пуску і прогріву двигуна.

Отже, одним із методів для уникнення задирів та зменшення пускового зносу циліндрів двигуна може бути використання загущених масел із підвищеною в'язкістю (14... 16 мкм²/с (сСт) при 100°C), однак із пологою в'язкісно-температурною характеристикою та низькою температурою застигання (мінус 40...50°C). Для вивчення впливу теплового стану двигуна під час запуску на зношування циліндрів у період прогріву проведено аналіз результатів, отриманих під час досліджень пускового зносу основних деталей двигуна ЗІЛ-130 в широкому діапазоні температур оточуючого середовища. За 100 запусків і прогрівів холодного двигуна з перервами між запусками не менше 8 годин при температурі оточуючого повітря від 15 до 20°C з використанням масла АС-8 середньо-максимальний діаметральний знос циліндрів склав 3 мкм, а середній показник по циліндрах - 1,6 мкм. Після прокачування масла через головну магістраль перед запуском ці показники склали відповідно 0,61 і 0,35 мкм. Епюри пускового зносу циліндрів двигуна при позитивних температурах оточуючого повітря мають форму, що нагадує експлуатаційні умови. Максимальний знос циліндрів відбувається в зоні верхньої мертвої точки і викликається руйнуванням масляної плівки. Під час опускання поршня покращуються умови гідродинамічного змащування пари "циліндр-поршневі кільця", і знос циліндра зменшується. Середньо-максимальний діаметральний знос циліндрів за 50 запусків і прогрівів холодного двигуна при температурі оточуючого повітря мінус 25°C з використанням масла М-6ВЗ становить 5,1 мкм, а середній показник по циліндрах - 3,6 мкм. Після прокачування масла через головну магістраль вказані показники складають відповідно 3,0 і 2,9 мкм

Зношення циліндрів майже однакове по всій довжині та проявляє слабо

виражений пік при віддалені 70 мм від верхньої площини блоку. Такий характер епюрів пускового зношення циліндрів можна пояснити впливом потоку рідкофазної пальної суміші на масляний шар на всьому ходу поршня, а також наявністю у маслі водяного конденсату, який знижує міцність масляного шару. З наданих даних видно, що зношення циліндрів за один холодний запуск двигуна зі стандартною системою змащування при температурі повітря мінус 25°C в 3,4 раза більше, ніж при температурі плюс 15...20°C. Шляхом математичної обробки графіка на рисунку 2.5, що відображає залежність зношення циліндрів двигуна ЗІЛ-130 від його теплового режиму роботи, отримана формула для визначення відносного зношення циліндрів K при температурі охолоджуючої рідини, що відрізняється від оптимальної: $K = a(t-t_0)^2 + 1 < 2$

Де: a - коефіцієнт, уточнений методом найменших квадратів (для бензинових і дизельних двигунів $a = 8,2 \cdot 10^{-4}$); t , t_0 - відповідно дійсна і оптимальна температури охолоджуючої рідини, $t_0 = 85^\circ\text{C}$.

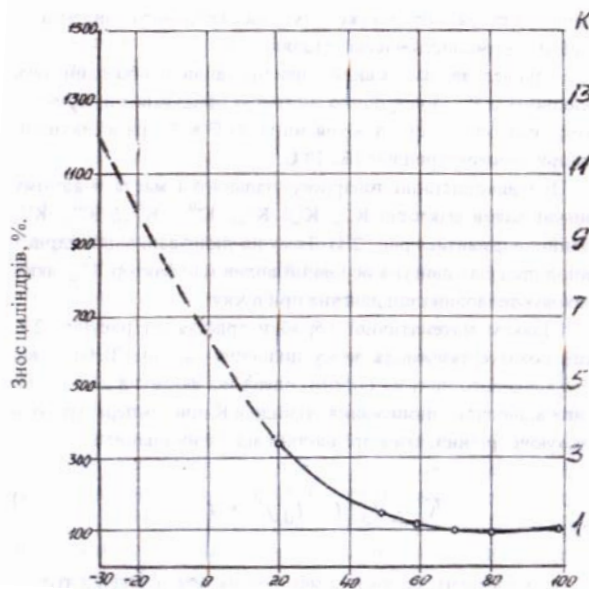


Рисунок 2.5 Зміна зносу циліндрів K двигуна ЗІЛ-130 в залежності від температури охолоджуючої рідини

Режим прогріву холодного двигуна має гарантувати надійну роботу та

мінімальне зношування циліндрів та підшипників колінчастого вала, шляхом: прискореного надходження масла до зони тертя; зниження прориву газів у картер та утворення забруднень в маслі; скорочення часу прогріву двигуна. Тому для кількісної оцінки впливу режиму прогріву на пускове зношування циліндрів двигунів ЗІЛ-ІЗО та КамАЗ-740 проводилися дослідження, спрямовані на виявлення залежності кожного з вказаних параметрів від частоти обертання колінчастого вала. Вплив частоти обертання колінчастого вала на запізнення надходження масла М-6ВЗ на циліндри визначався в камері холоду за температури мінус 25°C. При підвищенні частоти обертання колінчастого вала після пуску двигуна з 20 секунд (1200 об/хв) до 26,6 (1600) та 30 секунд (1800 об/хв), запізнення надходження масла в підшипники колінчастого вала, а внаслідок цього і на циліндри, зменшилося в 1,35 та 1,50 рази відповідно. Проте, зі зростанням частоти обертання колінчастого вала, температура корінних підшипників та тиск масла в головній магістралі також збільшується, що може призвести до задирів підшипників вала та відмов системи змащування. Тому прогрівати холодний двигун ЗІЛ-ІЗО з частотою обертання колінчастого вала вище 30 секунд (1800 об/хв) не є доцільно. Вплив частоти обертання колінчастого вала на тривалість прогріву холодних двигунів ЗІЛ-ІЗО та КамАЗ-740 визначався в широкому інтервалі температур навколишнього повітря. Зауважимо, що зі зростанням частоти обертання колінчастого вала, збільшується швидкість нагрівання охолоджуючої рідини та масла.

Останнє має безпосередній вплив на ефективність роботи системи очистки масла. При температурі навколишнього повітря плюс 20°C, прогрів холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО з частотою обертання колінчастого вала 10 (600), 16,65 (1000), і 26,66 с-1 (1600 хв-1) забезпечує роботу центрифуги з частотою обертання її ротора, рівною відповідно 36,66 (2200), 66,66 (4000), і 86,66 с-1 (5200 хв-1). Це свідчить про те, що зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала під час прогріву холодного двигуна підвищується ефективність очищення масла в центрифугі. Проте прогрів двигуна з

частотою обертання колінчастого вала вище $26,66 \text{ с}^{-1}$ (1800 хв^{-1}) не є доцільним, оскільки в цьому випадку ротор центрифуги обертається майже з максимальною частотою. Вплив частоти обертання колінчастого вала під час прогріву холодних двигунів ЗІЛ-ІЗО і КамАЗ-740 на прорив газів з надпоршневого простору в картер визначався при температурі охолоджуючої рідини і масла, рівній плюс 20°C . Для порівняння цього параметра визначали при температурі води і масла, рівній 80°C (оптимальній). Результати випробувань показують, що під час прогріву холодного двигуна ЗІЛ-ІЗО на холостому ходу з частотою обертання колінчастого вала від $8,3$ (500) до $33,3$ с^{-1} (2000 хв^{-1}) при температурі охолоджуючої рідини і масла, рівній плюс 20°C , найменший прорив газів в картер спостерігається при $16,6 \dots 28,3 \text{ с}^{-1}$ ($1000 \dots 1700 \text{ хв}^{-1}$). При роботі цього двигуна на холостому ходу з температурою води і масла $80 \dots 95^\circ\text{C}$ найменший прорив газів у картер відбувається при частоті обертання колінчастого вала $25,0 \dots 33,3 \text{ с}^{-1}$ ($1500 \dots 2000 \text{ хв}^{-1}$). Однак прорив газів із циліндрів у картер холодного двигуна на $1,5$ рази більший, ніж прогрітого. Припускається, що це викликано підвищенням витрат пального внаслідок погіршення процесу згоряння та збільшення зазору між поршнем і циліндром, а також змивання рідкофазним бензином масляної плівки на циліндрах холодного двигуна.

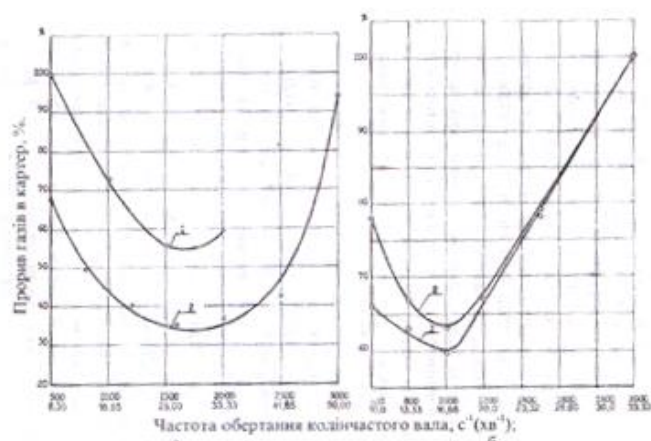


Рисунок 2.6 Зміна надходження газів в картер в залежності від частоти обертання колінчастого вала при прогріві двигуна а) двигун ЗІЛ-130; 1,2 – температура двигуна $80, 20^\circ\text{C}$; б) двигун КамАЗ-740; 1,2 – температура двигуна $80, 20^\circ\text{C}$.

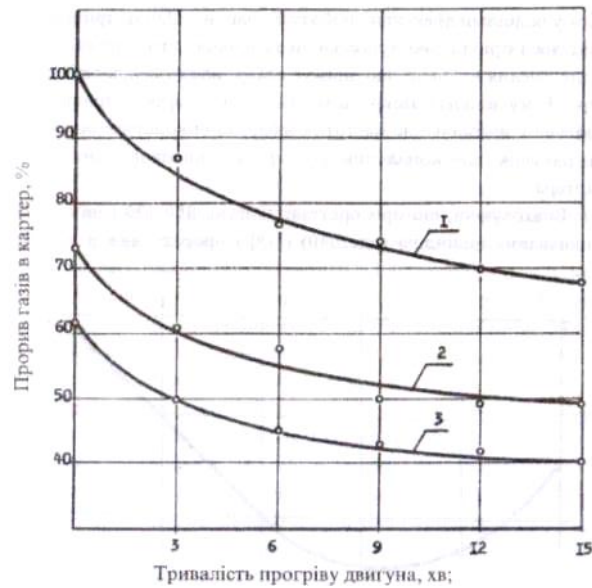


Рисунок 2.7. Зміна надходження газів в картер в залежності від тривалості прогріву двигуна ЗІЛ-130 на холостому ходу з різною частотою обертання колінчастого вала (пуск холодного двигуна при температурі 20°C): 1, 2 і 3 - частота обертання колінчастого вала 3,33; 16,65 і 25,0 с⁻¹ (500, 1000 і 1500 хв⁻¹).

У зв'язку з тим, що при роботі двигуна ЗІЛ-130 на холостому ходу з мінімальною частотою обертання колінчастого вала відбувається найбільший прорив газів в картер, конструкція системи примусової вентиляції картера повинна забезпечити максимально ефективну роботу її клапана. Однак при роботі двигуна з прикритою дросельною заслінкою розмір прохідного отвору клапана зменшується, що призводить до зниження ефективності вентиляції картера. Результати проведених досліджень свідчать, що інтенсивність прориву газів у картер залежить від типу двигуна, його теплового стану при пуску і частоти обертання колінчастого вала в період прогріву. З цього приводу, для оптимального прогріву двигунів ЗІЛ-130 і КамАЗ-740 рекомендується використовувати частоту обертання колінчастого вала в межах 26,6...28,3 (1600...1700) і 15,0...18,3 с⁻¹ (900...1100 хв⁻¹) відповідно. Отриманий результат щодо режиму прогріву цих двигунів слід включити в

інструкції заводів-виготовлювачів по експлуатації автомобілів, де рекомендується прогрівати двигуни ЗІЛ-130 з частотою обертання колінчастого вала від 13,3...20 с-1 (800...1200 хв-1) і дизельні двигуни - на мінімальних обертах холостого ходу..

У результаті того, що двигун ЗІЛ-130 працюючи на холостому ходу з найменшою частотою обертання колінчастого вала, виявляє найбільший прорив газів у картері, система примусової вентиляції картера повинна забезпечити найефективнішу роботу її клапана. Однак при використанні двигуна з закритою дросельною заслінкою розмір отвору клапана зменшується, що призводить до зниження ефективності вентиляції картера. Здійснені дослідження свідчать, що інтенсивність прориву газів у картері залежить від типу двигуна, його теплового стану при запуску і частоти обертання колінчастого вала під час прогріву. Відповідно до цього для оптимального прогріву двигунів ЗІЛ-130 і КамАЗ-740 рекомендується використовувати частоту обертання колінчастого вала в діапазоні від 26,6 до 28,3 (1600 до 1700) і від 15,0 до 18,3 с-1 (900 до 1100 хв-1) відповідно. Отримані результати щодо режиму прогріву цих двигунів слід включити в інструкції заводів-виробників по експлуатації автомобілів, які рекомендують прогрівати двигуни ЗІЛ-130 з частотою обертання колінчастого вала від 13,3 до 20 с-1 (800 до 1200 хв-1), а дизельні двигуни - на мінімальних обертах холостого ходу.

Пускове зношування циліндрів двигуна ЗІЛ-130 переважно відбувається через молекулярно-механічний вплив пар тертя "циліндр-поршневі кільця". Проведено аналіз стану поверхні аустенітних вставок циліндрів після 650 запусків та прогрівів, а також після експлуатації двигуна в умовах підвищеного теплового режиму. Вимірювання твердості вставок циліндрів виконувалося за допомогою інтерференційного глибиноміра моделі 270. З таблиці 2.4 видно, що твердість вставок практично однакова після запусків і прогрівів двигуна, порівняно з твердістю після його експлуатації. У таблиці 2.4 приведено порівняння твердості вставки циліндра

після механічної обробки та після роботи двигуна в умовах підвищеного теплового режиму. Виявлено, що твердість вставки після запусків і прогрівів двигуна є в 3,5 рази більшою, ніж після її механічної обробки. Це підвищення твердості можна пояснити структурними змінами у аустенітному чавуні під впливом високих температур і тиску газів під час згоряння палива, а також пластичною деформацією поверхневих шарів під час динамічного контакту поршневих кілець з циліндром. Рентгеноструктурний і металографічний аналізи свідчать, що це супроводжується розпадом аустеніту та виділенням дрібнодисперсних карбідів, що призводить до збільшення твердості та міцності поверхні вставки, а також зменшення її пластичності. Дослідження поверхні тертя вказують на те, що найвища твердість вставки реєструється в області верхнього компресійного кільця. Це пояснюється недостатнім змащуванням пари тертя "циліндр-поршневі кільця" і інтенсивною деформацією поверхневих шарів циліндра в цій області. При такій деформації виникають складні процеси трансформації металу з утворенням вторинних структур на поверхні та мартенситу в підповерхневих шарах. Отже, виявлені зміни у якості поверхні тертя аустенітних вставок циліндрів підтверджують, що основним видом їх зношування є молекулярно-механічне.

Мікроскопічний аналіз аустенітної вставки циліндра після 650 пусків і прогрівів холодного двигуна показав, що на поверхні тертя видно сліди зчеплення, задирів і викришування вздовж твірної циліндра.

Зміни у якості поверхні тертя виникають в результаті прямого контакту між циліндром та поршнем і поршневими кільцями. Це знову підтверджує, що основна причина пускового зношування циліндрів двигуна ЗІЛ-130 - це переважно молекулярно-механічний процес. Висока стійкість до задирання аустенітної вставки циліндра під час запуску і прогріву холодного двигуна пояснюється тим, що в процесі його роботи на поверхні і в підповерхневих шарах вставки відбуваються значущі зміни в структурі, властивостях і рельєфі, включаючи розпад аустеніту та вивільнення дрібнодисперсних карбідів, утворення мартенситу і перліту.

Таблиця 2.4

Характеристика стану поверхні тертя аустенітної вставки циліндра двигуна ЗІЛ-130

Характеристика стану поверхні тертя аустенітної вставки циліндра двигуна ЗІЛ-130

Умови роботи двигуна	Поверхня мікротвердість аустенітної вставки (кгс/мм ²) на віддалі від верхньої частини, мм:			Профілограми поверхні тертя вставки циліндрів в зоні ВМТ в.з.=20; г.з.=2000	Характеристика поверхні при 100-кратному збільшенні
	5	14	45		
Двигун не працював; циліндр після фінішної механічної обробки	312...449	421...449	421...449		Риски - сліди фінішної механічної обробки (конігування); видно границі зерен металічної основи.
Після 650 холодних пусків і прогрівів двигуна на стенді (низькотемпературний режим)	481...598	1011...1797	350...767		Окремі риски (сліди механічної обробки). Видно сліди зчеплення, задирів і викришування вздовж твірної циліндра, а також дрібні карбіди сіткового розміщення.
Після 60 год роботи двигуна на стенді при підвищеному тепловому і навантажувальному режимах	555...1248	1248...1797	481...702		Видно сліди зчеплення, включення пластинчатого графіту і слабко виражену сітку карбідів

Різниця в твердості і опорі руйнуванню поверхні вставки зумовлена наявністю твердих мартенситних і карбідних включень порівняно з більш м'якими компонентами. Формування вторинних структур при терті на такій основі призводить до вираженої гетерогенності в механічних і фізико-механічних властивостях та рельєфу поверхні, створюючи сприятливі умови для поліпшення характеристик тертя, змащувальної функції та мінімізації зносу. Отже, встановлено, що молекулярно-механічний знос є основним механізмом зношування верхньої зони циліндрів при пуску і прогріві двигуна ЗІЛ-130 зі стандартним паливом і маслом. Зменшення цього виду зношування можливе через оптимізацію часу потрібного для доставки масла до цих зон, підвищення стійкості до задиростійкості та маслоємності поверхонь тертя, використання масел з підвищеною в'язкістю при 100°C та оптимізацію режиму прогріву.

2.3.3. Визначення експлуатаційного пробігу автомобіля, еквівалентного по величині зносу циліндрів пуску двигуна

Для оцінки пускового зносу циліндрів двигуна використовується параметр L , який визначається діаметральним зносом циліндрів і відображає рівень їх зносу в період пуску та прогріву. Існують емпіричні формули для визначення L , але вони застосовні обмежено, оскільки не враховують конструктивні особливості двигунів та умов експлуатації.

Щодо зношування поршневих кілець, його підвищений рівень при пуску обумовлений затримкою подачі масла на циліндри, видаленням оливи бензином з поверхні кілець і канавок, а також витіканням масляної плівки газами з надпоршневого простору в картер. Зменшення цього виду зносу можливе шляхом прискорення подачі масла на циліндри під час запуску, підвищення маслоємності поверхонь тертя кілець, поліпшення утворення сумішей, зменшення прориву газів і скорочення часу прогріву двигуна.

Під час випробувань монолітних циліндрів із збільшеною маслоємністю поверхні тертя та стандартних циліндрів із вставкою у двигуні ЗІЛ-130 на низькотемпературному режимі було виявлено, що знос поршневих кілець у дослідних циліндрах менший на 10-20% порівняно з серійними.

2.4 Зношування підшипників колінчастого вала двигуна

Рисунок 2.8 демонструє характер та важливість пускового зношування шийок колінчастого вала двигуна ЗІЛ-130. Доля пускового зношування шийок колінчастого вала у загальному зносі визначається на основі випробувань і даних ЗІЛ відповідно до методики. Зношування шийок колінчастого вала внаслідок пусків і прогрівів двигуна ЗІЛ-130 після зберігання автомобіля між застосуванням становить 10,5% та 34,0%, а при прокачуванні масла через головну магістраль перед запуском - 4,0% та 9%

від загального зносу. Зношування корінних шийок колінчастого вала в період пуску і прогріву двигуна відбувається в основному в зонах, де знаходяться противаги або між двома противагами. Зношування нижніх вкладишів є на 1,6 рази більшим, ніж верхніх через підвищені навантаження на них.

Під час пуску і прогріву двигуна знос верхніх шатунних вкладишів перевищує нижні в 1,1 рази. Крім того, знос шатунних шийок і вкладишів правої групи циліндрів більший за знос шийок і вкладишів лівої групи відповідно в 1,3 і 1,4 рази. Збільшене зношування шатунних вкладишів правої групи спостерігається не лише при пуску і прогріві, але й під час експлуатації, а також на стендових випробуваннях двигуна з введенням пилю, де знос вкладишів правої групи перевищує знос вкладишів лівої групи в 1,2-2,0 рази

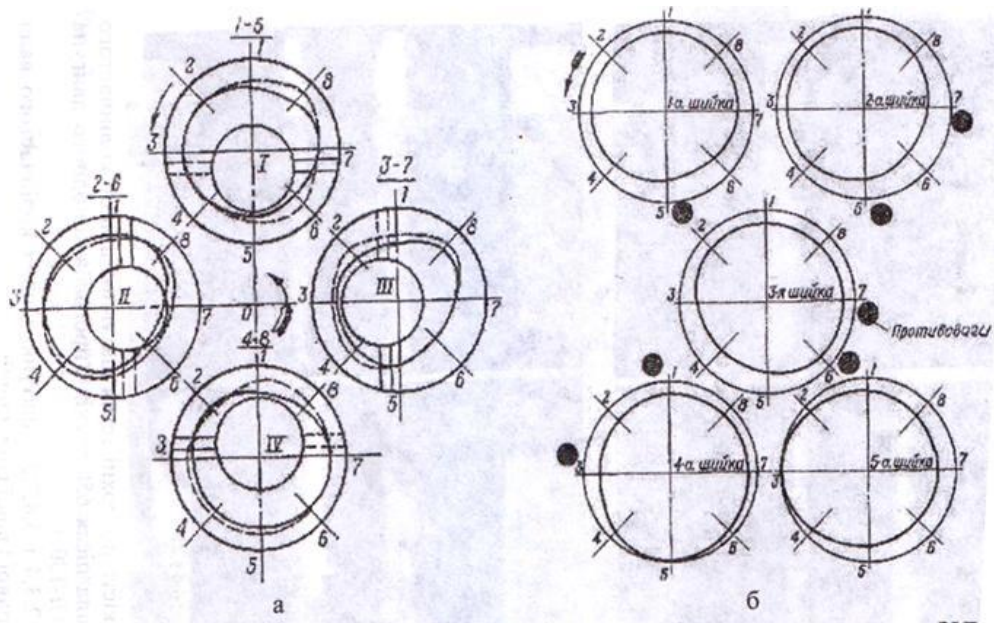


Рисунок 2.8 Знос шийок колінчастого вала за 650 пусків і прогрівів холодного двигуна ЗІЛ-130

Важливо відзначити, що під час експлуатації при гарантійному пробігу та до капітального ремонту двигуна шийки правої групи циліндрів зазнають задирів частіше на 15% та 25% відповідно, порівняно з лівою групою. Теоретичні та експериментальні дослідження вказують на те, що збільшені зноси та задир шийок та вкладишів підшипників правої групи циліндрів

пов'язані із розташуванням отворів для виходу масла у більш навантажених зонах шийок шатунів. Експериментально доведено, що ефективним конструктивним рішенням для зменшення зносу шийок та вкладишів підшипників правої групи циліндрів у двигуні ЗІЛ-130 є направлення масла до них з менш навантаженої зони шийки шатуна, так само, як і до шатунних підшипників лівої групи. Теоретичні та експериментальні дослідження підтверджують, що підвищені зноси та задири шийок та вкладишів підшипників циліндрів обумовлені розміщенням отворів для виходу масла в більш навантажених зонах шийки шатуна (рисунок 2.9).

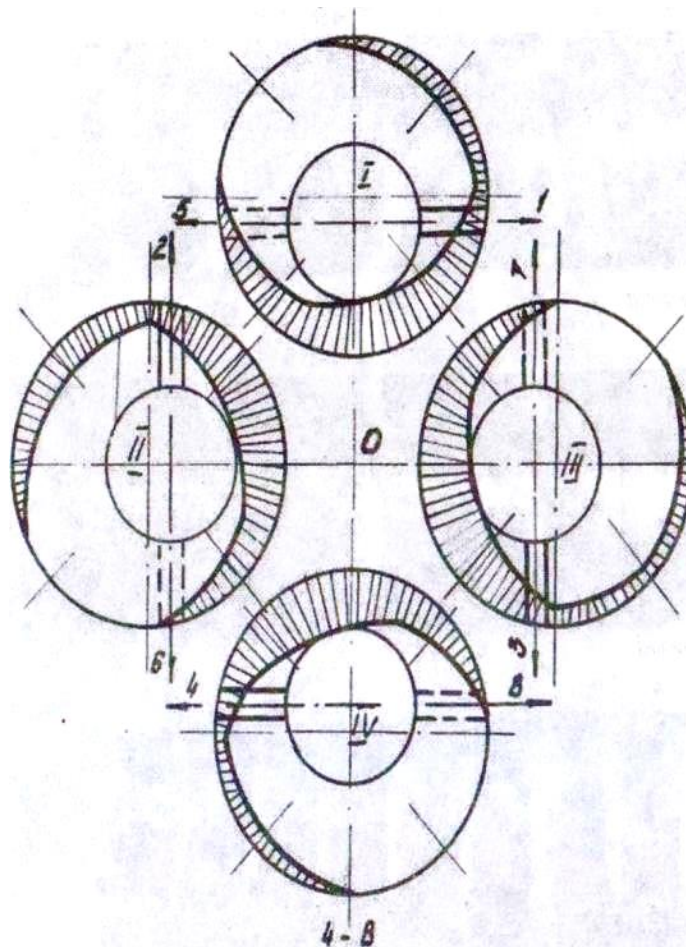


Рисунок 2.9. Характер зносу шатунних шийок, визначений розрахунком: O - вісь колінчастого вала; 1...8 - номери шатунних шийок; 1...4 - номери кривошипів.

Зношення шийок шатунів у період запуску та прогріву двигуна перевищує зношення корінних в 1,7 рази через затримку подачі масла до підшипника шатуна, що виникає внаслідок витікання масла з сепаратора

після зупинки двигуна. Ще однією можливою причиною підвищеного зношення та задирів шийок колінчастого вала під час запуску холодного двигуна є неефективність очистки масла в цей період, що залежить від схеми системи очистки, конструкції і гідравлічного опору повнопоточного фільтра.

Забруднення масла при запуску холодного двигуна стає можливим через високий тиск масла на вході в насос, що призводить до потрапляння продуктів забруднення масла, які осідають на дні картера. У випадку високого гідравлічного опору повнопоточного фільтра відбувається відкриття перепускного клапана, і забруднені домішки, разом із маслом, потрапляють до підшипників колінчастого вала.

При температурі навколишнього повітря плюс 20 °С ефективна очистка масла АС-8 в центрифугі починається лише через 6-8 хвилин, а при температурі мінус 22,5 °С центрифуга починає обертатися тільки через 3-4 хвилини після запуску і досягає постійної частоти обертання лише в кінці 15-хвилинного прогріву двигуна. Застосування сучасних паперових фільтруючих елементів із низьким гідравлічним опором дозволяє здійснювати очистку масла майже негайно після запуску. Отже, для поліпшення надійності роботи підшипників колінчастого вала під час запуску та прогріву холодного двигуна ЗІЛ-130 є доцільним вдосконалити систему очистки масла в цей період, використовуючи комбіновану систему з повнопоточним фільтром, обладнаним паперовим фільтруючим елементом, та частковопоточною центрифугою.

2.4 Розробка ТП заміни моторного масла

Технологічний процес заміни моторного масла представлено у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічний процес заміни моторного масла

Номер операції	Зміст переходу	Прилади, інструмент, пристосування, модель, тип
	2	3
Підготовча		
05	1. Встановити автомобіль на оглядову яму, або підйомник; 2. Увімкнути двигун; 3. Прогріти двигун;	Оглядова яма
	4. Вимкнути двигун.	
Підготовчо-зливна		
10	1. Відкрити кришку заливної горловини; 2. Підставити під картер місткість для масла; 3. Відкрити зливну пробку; 4. Злити масло.	Місткість для масла
Промивочна		
15	1. Закрутити зливну пробку; 2. Залити в картер промивочне масло; 3. Закрутити кришку заливної горловини; 4. Запустити двигун на 30-40 с і зупинити.	Промивочне масло
Контрольна		
20	1. Переконатися у відсутності течі масла з-під прокладки; 2. Дати маслу стекти протягом 10-15 хвилин; 3. Запустити на 5-8 хв. Двигун; 4. Зупинити.	

Підготовчо-зливна		
25	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відкрити кришку заливної горловини; 2. Підставити під картер місткість для масла; 3. Відкрити зливну пробку; 4. Злити масло. 	Місткість для масла
Підготовчо-заливна		
30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закрутити зливну пробку; 2. Залити в картер нове масло; 3. Закрутити кришку заливної горловини; 4. Запустити двигун на 5-8 хв і зупинити. 	Нове масло
Контрольна		
35	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дати маслу стекти протягом 10-15 хв; 2. Перевірити рівень масла; 3. При необхідності довести до норми. 	

На основі отриманих результатів досліджень розроблено низку пристроїв, спрямованих на поліпшення умов роботи тертя пар у період запуску та прогріву холодного двигуна. Ці пристрої спрямовані на уникнення затримки надходження масла до тертя пар і підвищення пускових характеристик двигуна, покращення формування суміші та підвищення ефективності очищення масла під час прогріву.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Дослідження основних причин запізнення надходження масла до пар тертя в період пуску і прогріву двигуна

3.1.1 Дослідження системи змащування двигуна ЗІЛ-130 у період пуску і прогріву

Зафіксувавши, що значна частина пускового зносу двигуна ЗІЛ-130 походить від затримки надходження масла до пар тертя, наступним завданням було виявлення та усунення факторів, які впливають на цей процес. Для вирішення цієї задачі проведено порівняльні випробування серійної системи змащування даного двигуна та її п'яти дослідних варіантів, обраних на основі аналізу і спрямованих на прискорення надходження масла до пар тертя під час запуску та прогріву холодного двигуна.

Дослідженню піддавався двигун ЗІЛ-130, в якому зазори в парах тертя, які змащуються маслом під тиском, відповідали технічним вимогам для збирання двигуна. Спочатку тестувався двигун зі стандартною системою змащування (перший варіант), а потім з п'ятьма експериментальними варіантами, які відрізнялися від стандартної системи змащування (рисунок 3.1) конструктивними змінами:

II-й варіант - центрифуга з перепускним клапаном відключена (рисунок 3.2);

III-й варіант - центрифуга відключена, а в початковій частині головної магістралі встановлений зворотний клапан, що відкривався при тиску масла 0,1 МПа (1,0 кг/см²) (рисунок 3.3). Функції зворотного клапана виконував перепускний клапан центрифуги;

IV-й варіант - редукційний клапан розташований не в насосі (рисунок 3.4), а в кінці головної магістралі правого ряду циліндрів; і тиск відключення клапана 0,12 МПа (1,2 кг/см²) (рисунок 3.4);

V-ий варіант - активована центрифуга з перепускним клапаном; редуційний клапан розташований в кінці головної магістралі правого ряду циліндрів ;

VI-ий варіант - до головної магістралі доданий водомасляний радіатор двигуна ЗІЛ-114

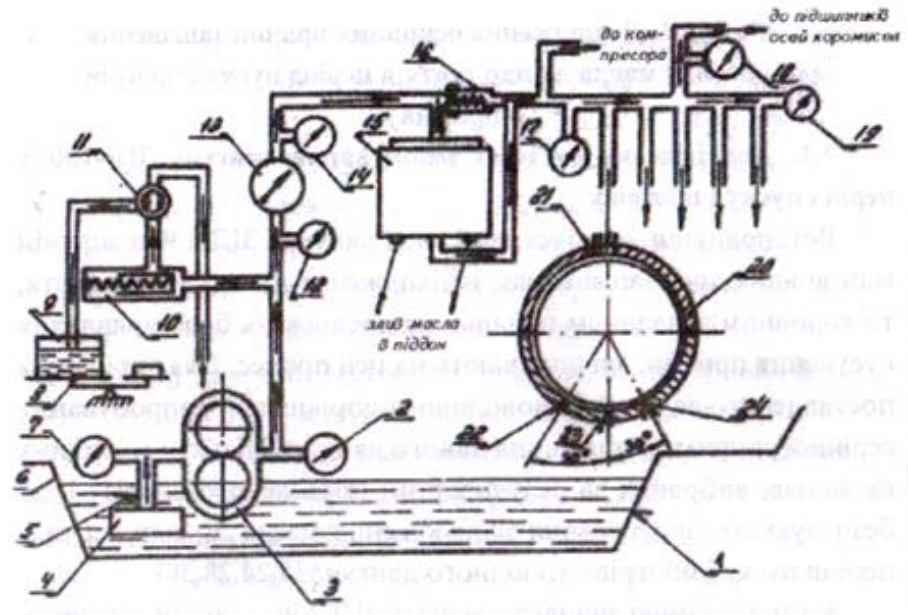


Рис.3.1. Схема серійної системи змащування двигуна ЗІЛ-130

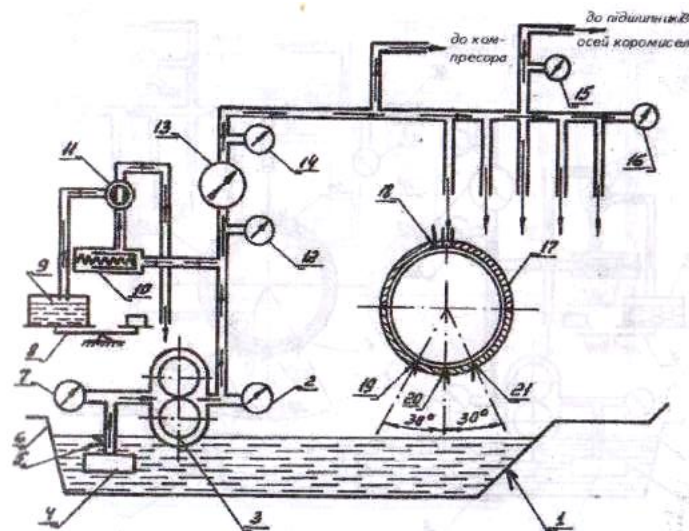


Рисунок 3.2 Система змащування з відключеною центрифугою

1, 5, 21, 22, 23, 24 - датчики температури типу термопари; 2, 12, 14, 17 - стандартні манометри; 3 - насос для подачі масла; 4 - резервуар для масла; 6 - оливний картер; 7 - вакуумметр; 8 - ваговий пристрій; 9 - ємність для вимірювання; 10 - клапан для регулювання тиску; 11 - трьохходовий вентиль; 13 - вимірювач витрати рідини; 15 - центрифуга; 16 - перепускний клапан; 20 - первинний підшипник колінчастого вала з термопарами, розташованими в верхньому і нижньому підшипниках.

3.1.2. Визначення гідравлічних параметрів системи змащування двигуна в період прогріву

Гідравлічні характеристики системи змащення (тиск і витрата масла) були визначені протягом першої хвилини роботи двигуна (включаючи пуск тривалістю не більше 10 секунд) і під час його прогріву на холостому ході з частотою обертання колінчастого вала 20 секунд (1200 обертів за хвилину). Обраний режим прогріву холодного двигуна був близький до експлуатаційного, оскільки він забезпечувався пусковим регулюванням карбюратора при закритій повітряній заслонці. Гідравлічні параметри системи змащення для ЗІЛ-130 визначалися на маслі АС-8 при температурі навколишнього повітря від плюс 15 до 20°C після різної тривалості перерви в його роботі, що становила 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 і 16 годин. Додатково вивчалися зміни параметрів системи змащення на маслі АС-8 при температурі від плюс 15 до мінус 22,5 °C і на маслі М-6ВЗ при температурі мінус 25°C. Після перерви в роботі двигуна тривалістю 16 годин кожний варіант системи змащення досліджувався не менше чотирьох разів при вказаній тривалості перерви в роботі двигуна і температурі навколишнього повітря. Рисунок 3.2. Схема системи змащування з відключеною центрифугою та перепускним клапаном (Варіант II): 1, 5, 18, 19, 20, 21 - термопари; 2, 12, 14, 15, 16 - зразкові манометри; 3 - масляний насос; 4 - маслоприймач; 6 - масляний

картер; 7 - вакуумметр; 8 - ваговий пристрій; 9 - мірний бачок; 10 - редуційний клапан; 11 - трьохходовий кран; 13 - лічильник витрати рідини; 17 - 1-й корінний підшипник колінчастого вала з термопарами, встановленими у верхній і нижній вкладиші.

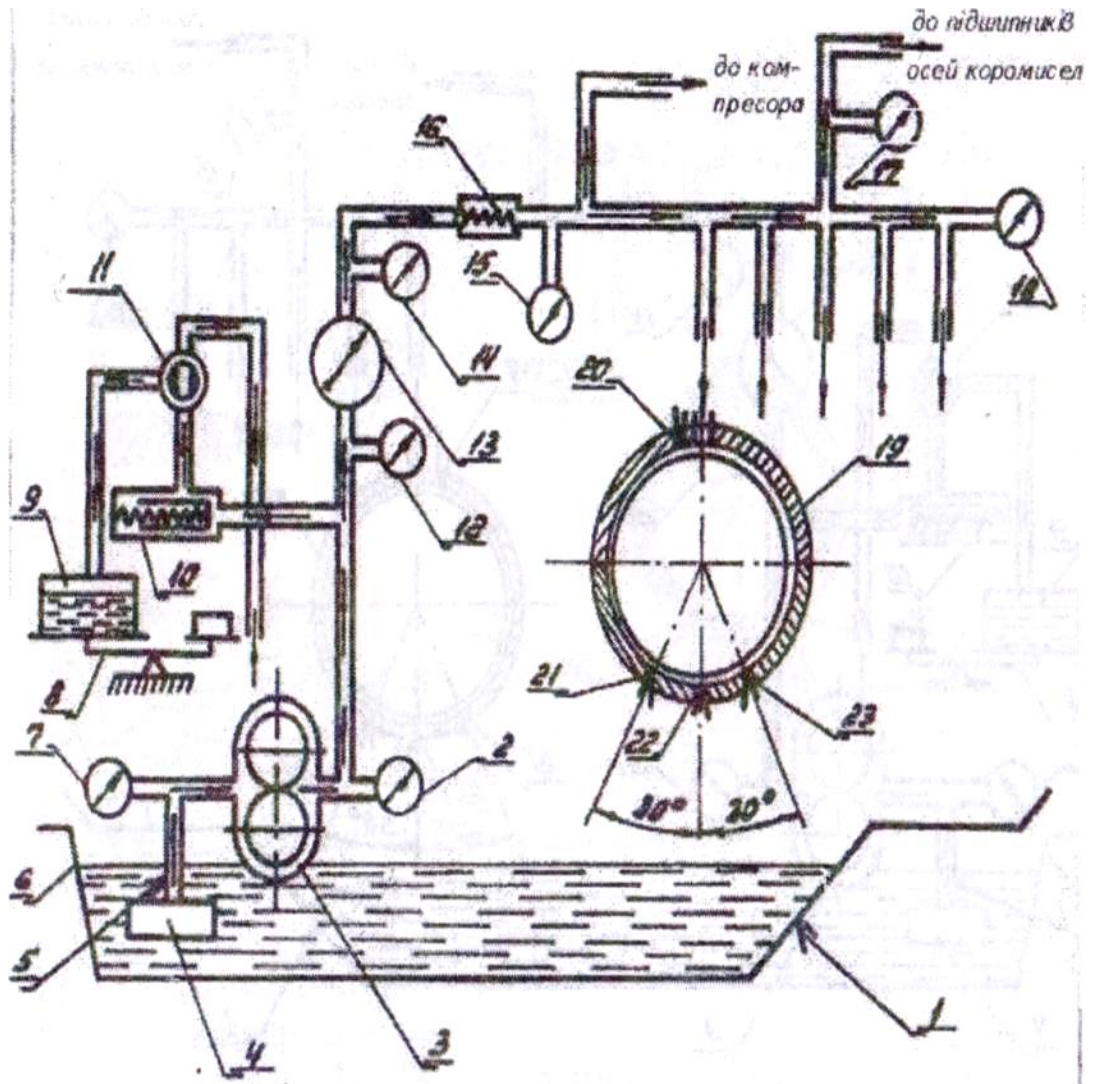


Рисунок 3.3. Схема системи змащування з відключеною центрифугою та наявністю клапана на початку головної магістралі (Варіант III): 1, 5, 20, 21, 22, 23 - термопари; 2, 12, 14, 15, 17, 18 - зразкові манометри; 3 - масляний насос; 4 - маслоприймач; 6 - масляний картер; 7 - вакуумметр; 8 - ваговий пристрій; 9 - мірний бачок; 10 - редуційний клапан; 11 - трьохходовий кран; 13 - лічильник витрати рідини; 16 - зворотній клапан; 19 - 1-й корінний

підшипник колінчастого вала з термопарами, встановленими у верхньому і нижньому вкладишах.

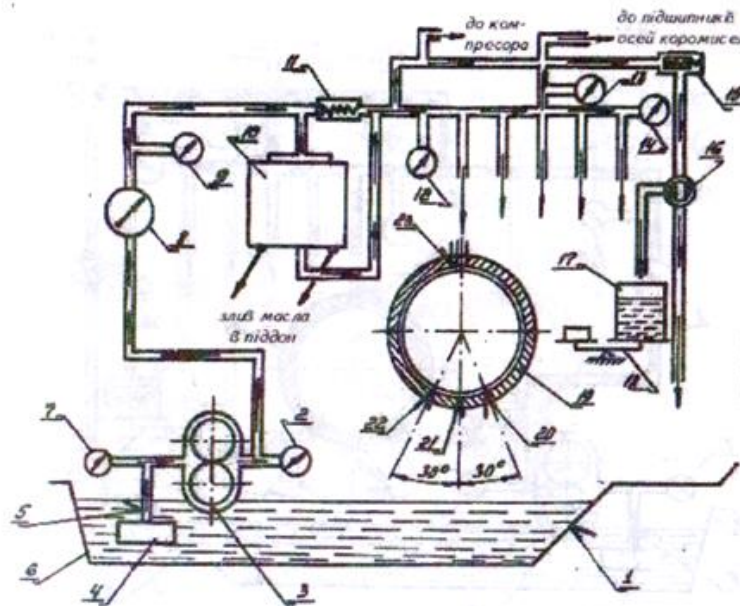


Рисунок 3.4. Схема системи змащування з редукційним клапаном, розміщеним в кінці головної магістралі (Варіант IV): 1, 5, 20, 21, 22, 23 - термопари; 2, 9, 12, 13, 14 - зразкові манометри; 3 - масляний насос; 4 - маслоприймач; 6 - масляний картер; 7 - вакуумметр; 8 - ваговий пристрій; 10 - центрифуга; 11 - перепускний клапан; 15 - редукційний клапан; 16 - трьохходовий кран; 17 - мірний бачок; 18 - ваговий пристрій; 19 - 1-й корінний підшипник колінчастого вала з термопарами, встановленими у верхньому і нижньому вкладишах.

У процесі досліджень визначилися такі параметри:

1. Тиск масла на вході головної секції насосу і її подача; тиск масла в головній магістралі.

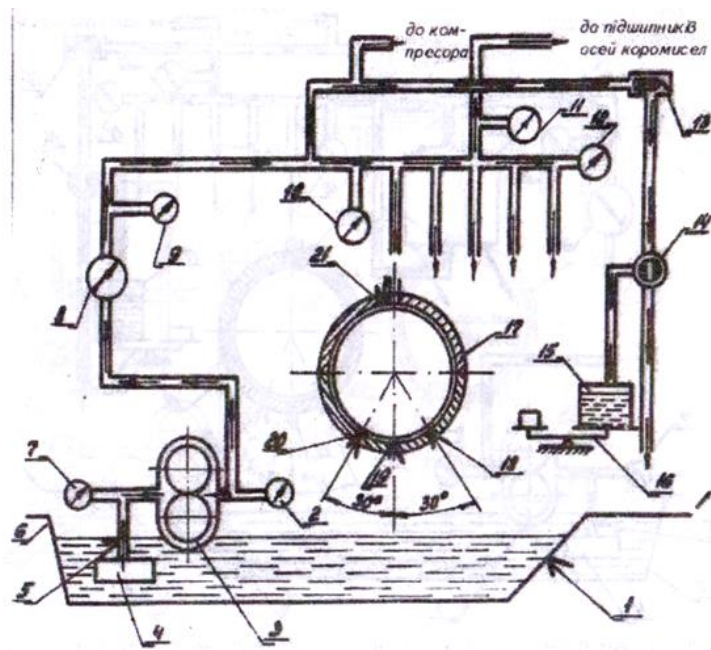


Рис.3.5. Схема системи з редукційним клапаном, розміщеним кінці головної магістралі і включеною центрифугою до підшипник В

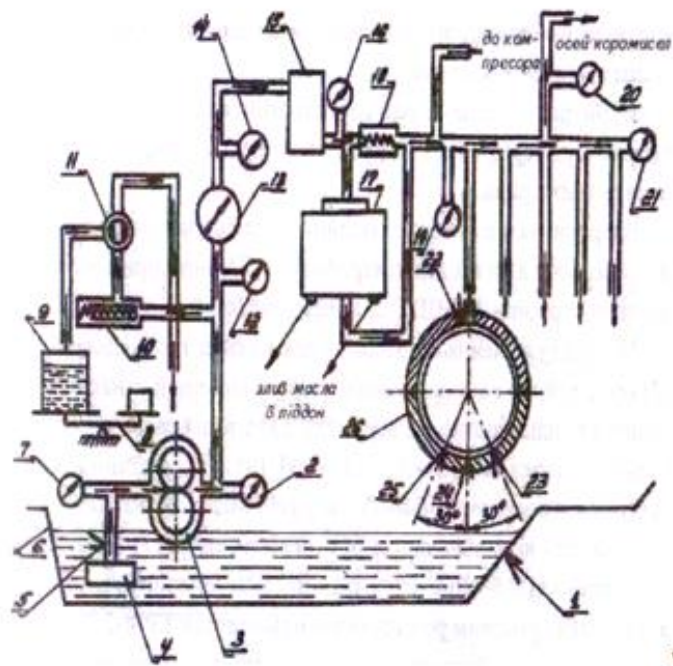


Рисунок 3.6. Схема системи змащування з водомасляним радіатором в головній магістралі (Варіант VI): 1, 5, 22, 23, 24, 25 - термометри; 2, 12, 14, 15, 19, 20, 21 - зразкові манометри; 3 - масляний насос; 4 - маслоприймач; 6 - масляний картер; 7 - вакуумметр; 8 - ваговий пристрій; 9 - мірний бачок; 10 - редукційний клапан; 11 - трьохходовий кран; 13 - лічильник витрати рідини; 15 - водомасляний радіатор; 17 - центрифуга; 18 - перепускний клапан; 26 - 1-

й корінний підшипник колінчастого вала з термопарами, встановленими у верхньому і нижньому вкладишах.

2. Час від моменту включення стартера до: відкриття редукційного клапана (трк), початку обертання ротора центрифуги (твц), надходження масла у вісь коромисел клапанів (тк), досягнення тиску масла 0,05 МПа (0,5 кг/см²) (тр) та встановленого тиску тру за головною секцією насосу. Також вимірювали тиск на початку і в кінці головної магістралі лівого блоку циліндрів, в магістралі, що підводить масло до осі коромисел, та в кільцевій канавці нижнього вкладиша 1-го корінного підшипника колінчастого вала (найбільше віддаленого від насоса).

3. Обсяг масла, який пройшов через редукційний клапан, на вході в центрифугу, через сопла приводу ротора центрифуги та через головну магістраль. Витрати масла через редукційний клапан вимірювалися ваговим методом, а на вході в центрифугу - об'ємним (за допомогою лічильника рідини 2-СВШС-25 з точністю 0,5).

4. Час від включення стартера до досягнення тиску масла 0,05 МПа (0,5 кг/см²) і встановленого тиску в кільцевій канавці 1-го корінного підшипника колінчастого вала визначався на основі осцилограми, зафіксованої осцилографом Н-105 з використанням дистанційного реєструючого манометра М-ІМ. У всіх інших точках системи змащування час визначався візуально за допомогою секундомірів і манометрів класу точності 0,5. Додатково, тиск масла в головній магістралі записувався груповим реєструючим манометром ГРМ-2.

5. З метою уникнення розбавлення масла бензином, заміна масла в картері відбувалася після двох пусків і прогрівів двигуна при низьких температурах повітря та через 10 пусків при високих. Результати дослідження гідравлічних параметрів системи змащування двигуна ЗІЛ-130 представлені нижче.

6. Гідравлічні параметри головної секції насоса відображені на рисунку 3.7.

7. Видно, що тиск масла на вході в головну магістраль секції насоса, а також його подача і об'ємний ККД залежать від температури масла і його в'язкісно-температурних властивостей. При пониженні температури пуску холодного двигуна від плюс 15 до мінус 22,5°C вказані параметри насоса зменшуються в 5,4 рази через підвищення в'язкості масла АС-8 від 330 до 16920 МКМ²/с (ССТ).

8. Подача головної секції насоса на згущеному маслі при низьких температурах значно вища, ніж на маслі звичайного виробництва. При температурі мінус 25°C подача насосом масла М-6ВЗ в 1,15 і 3,0 рази більша, ніж подача масла АС-8 при температурах мінус 15 і мінус 22,5°C відповідно.

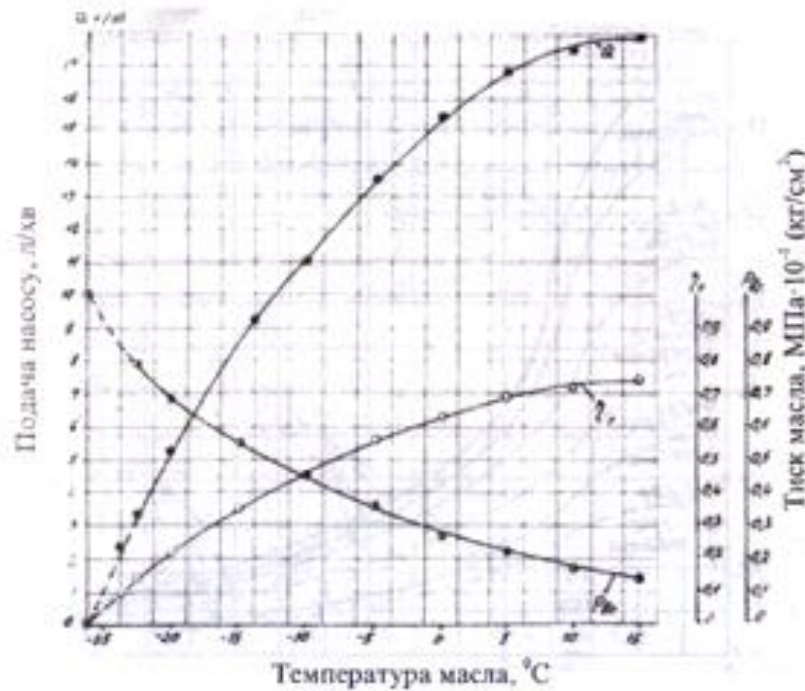


Рисунок 3.7 – Зміна подачі головної секції насоса

Зміни тиску масел АС-8 і М-6ВЗ на вході в головну секцію насоса під час пуску та прогріву двигуна при різних температурах показують, що стабілізація тиску масла на вході в насос починається в кінці 15-хвилинного прогріву двигуна.

Зміна подачі головної секції насоса, в залежності від в'язкості масла АС-8, визначена при різних інтервалах перерв у роботі двигуна. Зауважимо, що зі збільшенням в'язкості масла від 25 до 330 мкМ²/с (сСт) під час простою двигуна від 0,1 до 16 годин подача основної секції насоса зменшилася незначно.

Результати вимірів тиску масла в різних точках головної магістралі відображені на рисунках 3.8 та 3.9. Зі зростанням в'язкості масла АС-8 від 330 до 11120 мкМ²/с (сСт) при зниженні температури двигуна від плюс 15 до мінус 20 °С тиск масла в головній магістралі при пуску збільшується в 2,5 рази. Різниця в тисках масла на початку і в кінці головної магістралі при зазначених в'язкостях масла становить відповідно 0,15 і 0,30 кг/см².

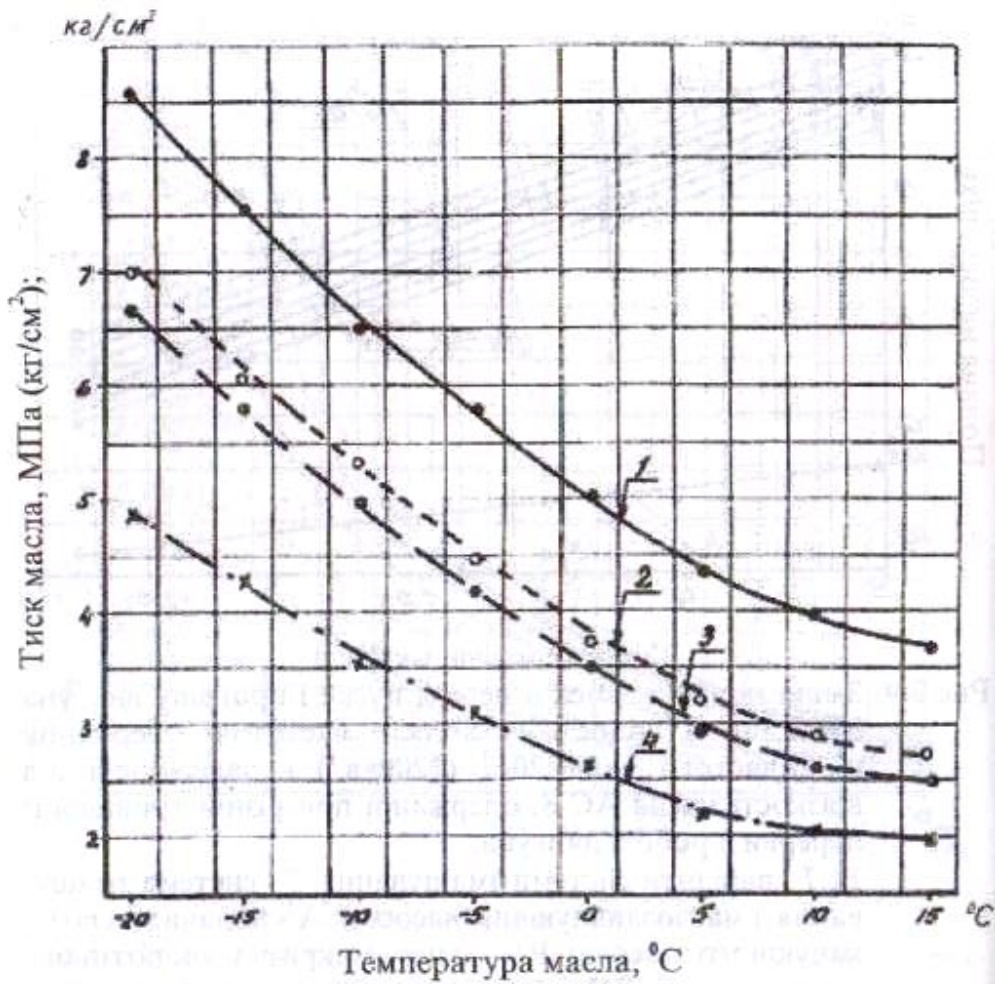


Рисунок 3.8 –Зміна тиску масла в неоднакових точка системи змащування

Під час випробувань дослідних варіантів системи змащування також

враховувалися зміни тиску масла в головній магістралі, залежно від присутності центрифуги з реактивним приводом та розташування редуційного клапана.

Відключення центрифуги при в'язкості масла 25 і 330 мкм/с (сСт) збільшує тиск у головній магістралі відповідно на 1,1 і 1,3 рази, оскільки відсутні витрати масла через сопла на привід ротора центрифуги. Розміщення редуційного клапана не в насосі, а в кінці головної магістралі призводить до зростання тиску масла в різних точках системи на 1,2 і 1,8 рази внаслідок подачі всього потоку масла від насоса через центрифугу в головну магістраль. При відключенні центрифуги та розміщенні редуційного клапана в кінці головної магістралі тиск масла в різних точках системи збільшується відповідно на 1,4 і 2,0 рази, оскільки потік масла від насоса надходить в головну магістраль, обходячи центрифугу.

Але через розміщення редуційного клапана в кінці головної магістралі високий тиск масла (до 0,8...1,0 МПа або 8...10 кг/см²) при низьких температурах пуску холодного двигуна ЗІЛ-130 може призвести до поломки приводу насоса або розриву магістралі, оскільки система змащування двигуна розрахована на граничний тиск масла, рівний 0,7 МПа (7,0 кг/см²). Це вказує на необхідність збільшення тиску відкриття редуційного клапана в насосі до 0,45...0,50 МПа (4,5...5,0 кг/см²) та встановлення обмежувача клапана в кінці головної магістралі, регульованого для відкриття при тиску масла 0,375 МПа (3,75 кг/см²), щоб прискорити надходження масла до пар тертя під час його роботи.

Графік на рисунку 3.9 демонструє зміну тиску масла в кінці головної магістралі в залежності від тривалості прогріву двигуна. Очевидно, що під час прогріву двигуна при низьких температурах оточуючого повітря тиск масла стабілізується приблизно через 15 хвилин після запуску. Інформація про час від включення стартера до відкриття редуційного клапана трк та до початку обертання ротора центрифуги твц відображена на рисунку 3.10 і залежить від конструкційних особливостей системи змащування, в'язкості

масла і тривалості запуску двигуна.

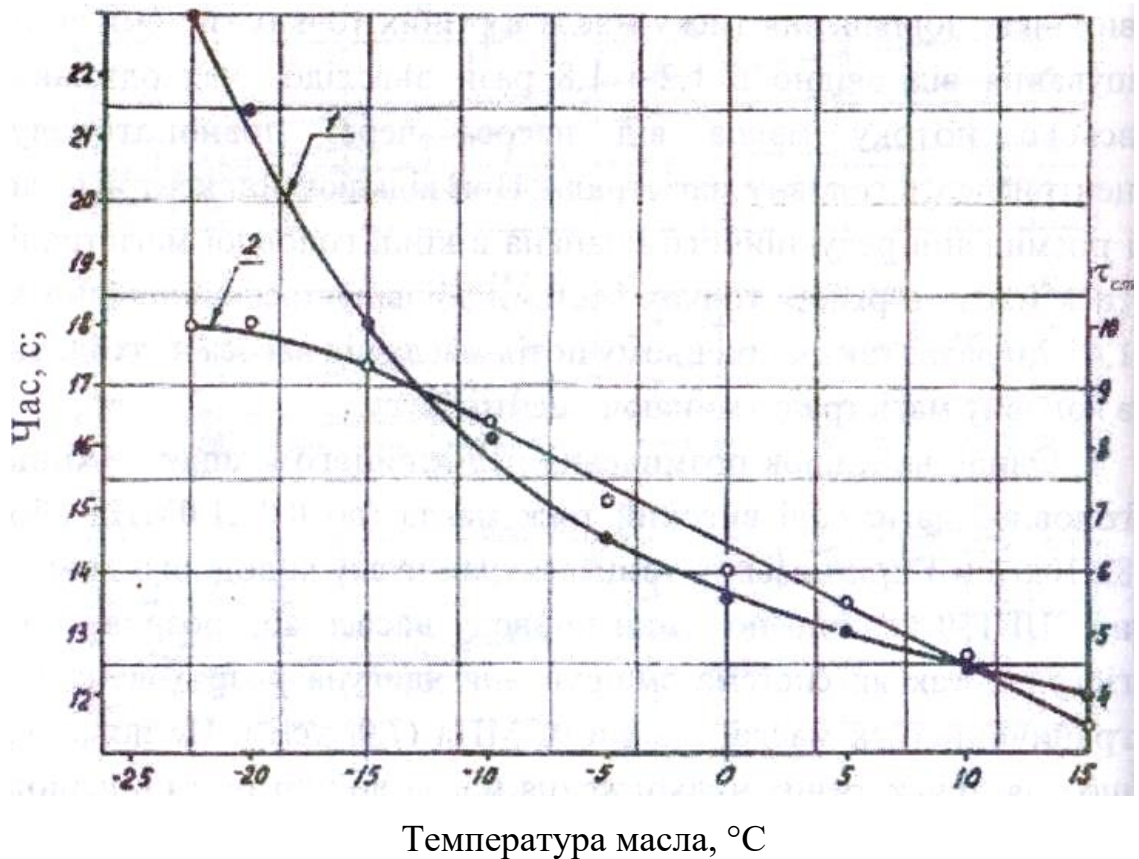


Рис.3.10. Зміна часу від включення стартера до відкриття редукційного клапана в залежності від температури масла АС-8 в період прогріву холодного двигуна ЗІЛ-130 на холостому ході з частотою обертання колінчастого вала 20с^{-1} (1200хв')

- Середній час від включення стартера до відкриття редукційного клапана (трк) та середня тривалість пуску двигуна (тст) є важливими параметрами, які визначаються в процесі випробувань двигуна.
- При відключенні центрифуги трк зменшується через зменшення об'єму головної магістралі та відсутність витрат масла через сопла приводу центрифуги. У цьому випадку, при в'язкості масла на рівні $330\text{мкм}^2/\text{с}$ (сСт), трк скорочується на 1,5 рази.
- Зі збільшенням тривалості перерви в роботі двигуна зі стандартною системою змащування від 0,1 до 16 год, значення трк та твц збільшуються відповідно на 3,0 і 2,8 рази. Це зумовлено витіканням масла з

головної магістралі в картер і підвищенням в'язкості, а також збільшенням тривалості пуску двигуна.

- У двигуні зі стандартною системою змащування при пониженні температури масла АС-8 від плюс 15 до мінус 22,5°C витрати масла зменшуються через редуційний клапан, на вході в центрифугу, через сопла приводу ротора центрифуги і через головну магістраль відповідно на 7,0; 4,1 і 1,8 рази через підвищення в'язкості масла. Витрата менш в'язкого масла М-6ВЗ при низьких температурах значно перевищує витрати масла АС-8. При температурі масла М-6ВЗ, рівній мінус 25°C, його витрати через головну магістраль збільшилися в 1,5 рази порівняно з відповідними витратами масла АС-8 при температурі мінус 22,5°C.

При запуску двигуна з відключеною центрифугою спостерігається збільшення витрати масла через редуційний клапан і головну магістраль через відсутність витрат масла через сопла приводу центрифуги. При в'язкості масла на рівні 330мкм²/с (сСт), це збільшення становить відповідно 1,4 і 1,5 рази. Розміщення редуційного клапана в кінці головної магістралі призвело до зниження витрати масла через цей клапан на 1,1 рази, а витрати масла через центрифугу і сопла приводу центрифуги збільшилися на відповідно 2,7 і 1,2 рази. У випадку відключення центрифуги і розміщення редуційного клапана в кінці головної магістралі, витрата масла через редуційний клапан зросла в 1,5 рази, оскільки весь потік масла від насоса направляється в головну магістраль.

Доля витрати масла через головну магістраль при різних частотах обертання колінчастого вала (500-3000 об/хв) і температурі масла 25-120°C становить від 40,2% до 66,3% у двигуні нової конструкції і від 24,2% до 48,2% у двигуні старої конструкції. Витрати масла через головну магістраль в двигуні нової конструкції перевищують витрати у двигуні старої конструкції в 1,7 рази, що пов'язано зі збільшенням початкового діаметрального зазору в корінних підшипниках. Витрата масла на привід центрифуги в новій конструкції становить від 33,7% до 59,8%, а в старій конструкції - від 51,8%

до 69,0%. Зміна конструкції двигуна ЗІЛ-130 призвела до зменшення витрати масла на привід центрифуги в 1,4 рази за рахунок зменшення діаметра сопла привода ротора на 0,2 мм.

Для підвищення надійності підшипників колінчастого вала і турбокомпресора під час пуску і прогріву двигунів важливо вивчити умови їх роботи в цей період і розробити рекомендації для зменшення зносів і запобігання пошкодженням цих підшипників.

За зазначеною методикою випробувань, спрямованою на вивчення умов роботи підшипників колінчастого вала, зафіксовані зміни тиску масла і товщини масляної плівки протягом процесу пуску та прогріву холодних двигунів. Огляд осцилограми на рисунку 3.10 розкриває, що роботу корінного підшипника під час пуску та прогріву двигуна ЗІЛ-130 можна розділити на три фази:

1. Перший період: від моменту включення стартера до початку першого спалаху в циліндрі.
2. Другий період: від початку першого спалаху в циліндрі до появи масла в підшипнику.
3. Третій період: від появи масла в підшипнику до встановлення робочого тиску в ньому.

З осцилограми видно, що в першому періоді при пуску двигуна в корінному підшипнику не виникає умов для розриву масляної плівки між шийкою вала та вкладишем. Це пояснюється високою міцністю холодної плівки, яка залишається між поверхнями тертя. Проте, протягом часу, коли колінчастий вал обертається стартером до появи першого спалаху в циліндрі (10-15 с), відбувається нагрівання та зменшення міцності масляної плівки, а також її витискування з підшипника при обертанні шийки.

Руйнування масляної плівки в підшипниках при перших спалахах у циліндрах спричинене не лише стрімким збільшенням тиску від газового тиску, але й дією сил інерції при зростанні обертів вала. Збільшення навантаження на підшипники і обертання колінчастого вала веде до

подальшого нагрівання і зниження міцності масляної плівки, а також до її витискування через підшипники і зменшення тиску масла в них. Це призводить до прямого контакту поверхонь тертя. Отже, у другому періоді пуску двигуна надійність роботи підшипників визначається частотою обертання колінчастого вала, міцністю масляної плівки і антифрикційними властивостями поверхонь тертя. Встановлено, що оптимальний режим тертя виникає при середній частоті обертання колінчастого вала, що сприяє зменшенню тривалості запізнення надходження масла в цю пару тертя і підвищує несучу здатність підшипників. Запобігання запізненню надходження масла в підшипники зменшує пусковий знос на 2,5-3,5 рази.

З осцилограми на рисунку 3.10 випливає, що причиною зниження надійності підшипників на початку III етапу пуску двигуна є потрапляння до них холодного масла з високою в'язкістю, що погіршує розподіл поверхонь тертя. Це призводить до зменшення товщини масляної плівки, що в свою чергу призводить до її розриву та контакту між шийкою та вкладишем. Крім того, масло під високим тиском (до 0,1 МПа або 10 кг/см²) потрапляє в ненавантажену зону підшипника, що збільшує навантаження на вал в області мінімального зазору та сприяє розриву масляної плівки та контакту поверхонь тертя.

Також виявлено, що під час прогріву холодних автотракторних дизелів розрив масляної плівки в підшипниках колінчастого вала настає при температурі зимових масел мінус 15°C. При використанні загущених (малов'язких арктичних) масел цей розрив виникає при температурі нижче мінус 27°C.

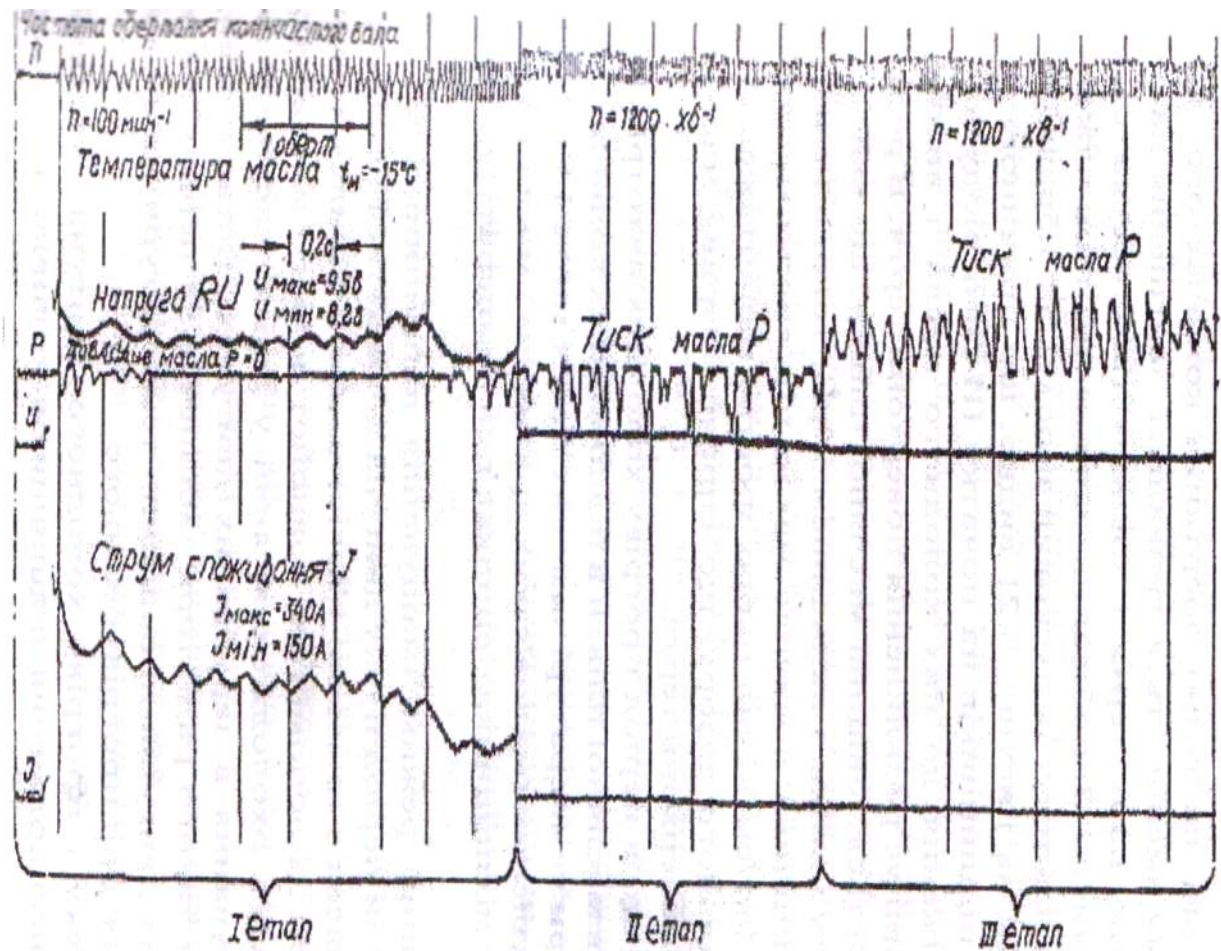


Рисунок 3.11 – Осцилограма зміни тиску масла в канавці циліндра

Гідродинамічний режим змащування підшипників колінчастого вала в III етапі пуску двигуна досягається не лише застосуванням масел з низькою в'язкістю, але й швидким зниженням їх в'язкості за допомогою повнопотокового масляного радіатора рідинного охолодження, який на даний момент широко використовується у закордонних двигунах. Встановлено, що використання такого радіатора протягом перших 2-4 хвилин прогріву холодних двигунів призводить до підвищення температури масла на 4-7 °C і більше, ніж у випадку без його використання.

У період пуску і прогріву холодного двигуна значний вплив на знос і пошкодження підшипників колінчастого вала має запізнення надходження масла до них та його фільтрація в цей період від технологічних абразивних частинок, які присутні в маслі після складання двигуна. Запізнення надходження масла в підшипники колінчастого вала викликане підвищенням обертання вала в пусковий період, зниженням в'язкості масла при пониженні температури пуску та конструктивними особливостями системи змащування.

Для зменшення пускового зносу підшипників колінчастого вала і підвищення їх надійності у цей період, необхідно, щоб запізнення надходження масла в пари тертя було не більше часу пуску холодного двигуна при низьких температурах (10-15 секунд). Таку тривалість запізнення можна забезпечити конструкцією системи змащування. Використання маслозакачуючого насоса для прокачування масла через головну магістраль високофорсованих дизелів з підшипниками колінчастого вала високої твердості та низької пластичності (наприклад, алюмінієві сплави і свинцеві бронзи) може допомогти уникнути пошкоджень підшипників та зменшити їх знос у пусковий період роботи двигунів. Експериментально встановлено, що під час прогріву холодних двигунів надійність роботи підшипників колінчастого вала і їх знос значно залежать від ефективності очищення масла, яке потрапляє у пари тертя.

Холодне масло сприяє утворенню навколо маслоприймача такого розрідження, яке може забрати з піддону картера разом з маслом і абразивні частинки технологічного походження, які постійно вимиваються маслом із двигуна і осідають в піддоні (металева мікростружка, ливарна земля і таке інше).

3.2 Стенд для зливу моторних олив

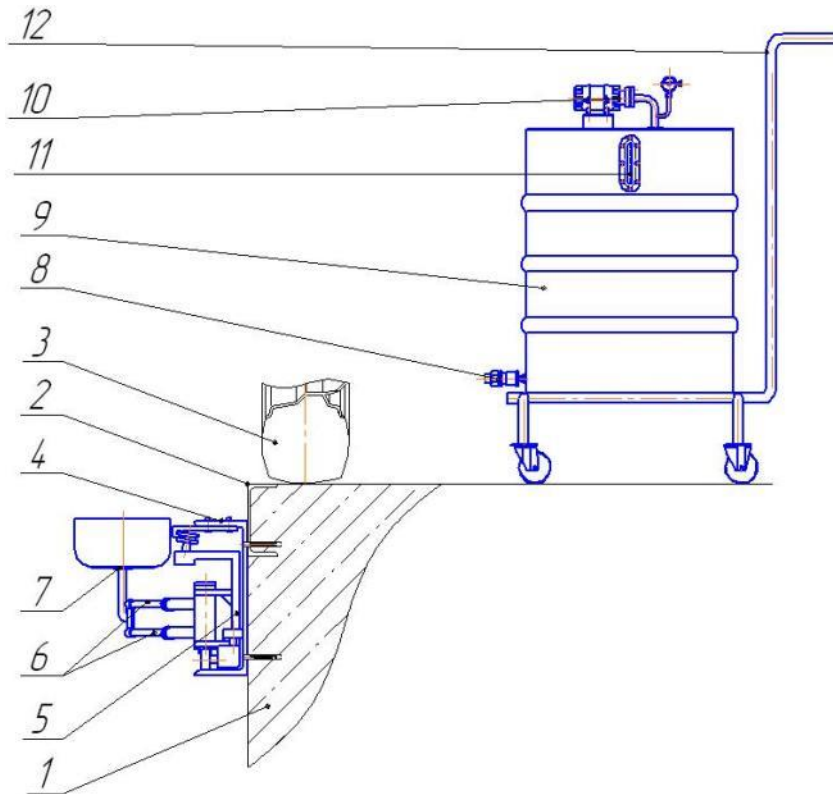


Рисунок 3.12 – Будова установки для зливу масла.

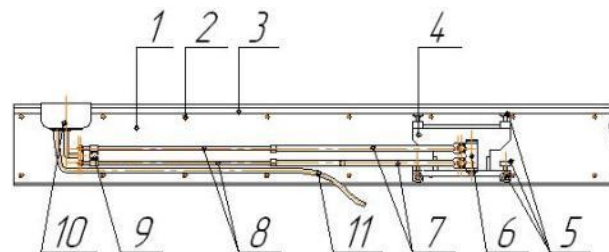


Рисунок 3.13 – Установка для зливу масла

Для проведення обчислень використовуються наступні символи.:

P_{δ} – зовнішнє навантаження, що припадає на один дюбель, Н

$$P_{\delta} = \frac{P_{уст}}{8} + \frac{P_{шв}}{8}, \quad (3.1)$$

де $P_{уст}$ – вага установки.

$P_{шв}$ – сумарна вага метра швелера.

$$P_{б} = 400/8 + 380/8 = 97,5 \text{ Н.}$$

Визначаємо розрахункову силу, Н

$$P_{розр.} = 2,8 P_{б},$$

де 2,8 = коефіцієнт, що враховує повздовжній розтяг

$$P_{розр.} = 97,5 * 2,8 = 273 \text{ Н.}$$

Момент згину дюбеля визначається розрахунковою формулою:

$$M_{зг} = 0,5 P_{розр} \cdot 0,5 d, \quad (3.2)$$

де d - діаметр не нарізаного стержня дюбеля; визначається формулою.

Момент опору перерізу дюбеля, визначається за розрахунковою формулою [15]:

$$W_{зг} = \frac{d(0,8 \cdot d^2)}{6}. \quad (3.3)$$

Визначаємо розрахункове зусилля на дюбелі, Н.

Знаходимо діаметр болта.

$$P_{розр} = F[\sigma]_p = \frac{\pi d^2}{4} [\sigma]_p, \quad (3.4)$$

$$d = \sqrt{\frac{4P_{расч.}}{\pi[\sigma]_p}} = \sqrt{4 \cdot 273 / 3,14 / 38 \cdot 10^7} = 0,005 \text{ м.}$$

де $[\sigma]_p$ - граничне напруження в стержні дюбеля, $[\sigma]_p = 38 \cdot 10^7$ Па

Розрахунок на міцність при згині проводиться за наступною формулою

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_{32}} < [\sigma]_{32}, \quad (3.5)$$

де σ_{32} - зусилля згину, Па

$$M_{32} = 0,5 \cdot 273 \cdot 0,5 \cdot 0,005 = 0,34 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W_{32} = 5(0,8 \cdot 5) / 6 = 3,33 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{32} = 0,34 / 3,33 = 0,1 \text{ Н/мм}^2 = 0,001 \text{ Па}$$

$$\sigma_{32} < [\sigma]_{32} \quad (3.6)$$

$$0,001 < 1,4$$

Умова міцності виконується.

3.2.1 Розрахунок з'єднання з натягом

Базові дані:

$$d = 14 \text{ мм;}$$

$$l = 20 \text{ мм;}$$

$$d_1 = 0 \text{ мм;}$$

$$D_2 = 24 \text{ мм;}$$

$$M_k = 10 \text{ Н*м};$$

Матеріал деталей :

втулка – Сталь 20 $\delta_B = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}$

вал - Сталь 20 $\delta_T = 6 \cdot 10^7 \text{ Па}$

Визначити потрібний найменший тиск на поверхнях контакту з'єднання за формулою:

$$P_{min} = \frac{2M_K}{\pi \times d^2 \times l \times f}, \quad (3.7)$$

Де M_k – крутний момент, Н*м;

d_{nc} – діаметр з'єднання, м;

l - довжина з'єднання, м;

f – коефіцієнт тертя.

Тут $f = 0,1$

Тоді:

$$P_{min} = \frac{2 \cdot 10}{3,14 \times 14^2 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-3} \times 0,1} = 16 \times 10^6 \text{ Па}$$

Визначити необхідне значення найменшого розрахункового натягу за формулою:

$$N_{min} = P_{min} \times d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right), \quad (3.8)$$

де C_1 і C_2 – коефіцієнти Ляме;

E_1 і E_2 – модулі пружності матеріалів відповідно для вала і втулки, Па.

Тут

$$E_1 = 10^{11} \text{ Па}$$

$$E_2 = 10^{11} \text{Па}$$

$$M_1 = 0,25$$

$$M_2 = 0,25$$

Значення C_1 і C_2 визначаються за формулами:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - M_1; \quad (3.9)$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{D_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D_2}\right)^2} - M_2; \quad (3.10)$$

де d_1 – діаметр отвору пустотілого вала, M ;

D_2 – зовнішній діаметр втулки, M ;

M_1 і M_2 – коефіцієнти Пуассона відповідно для вала і втулки.

Тоді чисельні значення C_1 і C_2 відповідно рівні

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{0}{14}\right)^2}{1 - \left(\frac{0}{14}\right)^2} - 0,25 = 0,75$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{14}{24}\right)^2}{1 - \left(\frac{14}{24}\right)^2} + 0,3 = 2,28$$

Визначаємо значення N_{min}

$$N_{min} = 16 \times 10^6 * 14 * 10^{-3} \left(\frac{0,75}{10^{11}} + \frac{2,28}{10^{11}} \right) = 6 \times 10^{-6} \text{ м} = 6 \text{ мкм}$$

Визначити з врахуванням поправок до N_{min} величину найменшого натягу за формулою:

$$[N_{min}] = N_{min} + \gamma_m + \gamma_t + \gamma_y + \gamma_n; \quad (3.11)$$

де γ_m - коригуючий член, що враховує видалення нерівностей контактних поверхонь деталей при зборці; γ_c - коригуючий член, що враховує послаблення натягу під впливом відцентрових сил; γ_n - коригуючий член, що компенсує зменшення натягу при повторних запресуваннях. Коригуючими членами γ_t , γ_c , γ_n можна знехтувати, оскільки в нашому випадку вони мають дуже невеликі значення.

Величина γ_m рівна

$$\gamma_m = 1,2(R_{zD} + R_{zd}) \approx 5(R_{aD} + R_{ad}) \quad (3.12)$$

Для втулки $R_a = 3,2$ мкм; для вала $R_a = 3,2$ мкм.

$$\gamma_m = 5(2+2) = 20 \text{ мкм.}$$

Тоді

$$[N_{min}] = 6 + 20 = 26 \text{ мкм.}$$

Визначте максимально припустимий питомий тиск, при якому не виникає пластична деформація на поверхнях контакту деталей..

В якості $[P_{max}]$ приймається менше з двох значень:

$$P_1 = 0,58 \delta_{T1} \left[t - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right]; \quad (3.13)$$

$$P_2 = 0,58 \delta_{T2} \left[t - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right]; \quad (3.14)$$

де P_1 і P_2 - найменший допустимий питомий тиск на контактних поверхнях втулки і валу;

δ_{T2} – межа текучості матеріалу.

В нашому випадку

$$\delta_{B1} = 8,5 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\delta_{T2} = 8,5 \times 10^7 \text{ Па}$$

$$\text{Тоді } P_1 = 0,58 \times 8,5 \times 10^7 \left[1 - \left(\frac{0}{14} \right)^2 \right] \approx 49,3 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$P_2 = 0,58 \times 8,5 \times 10^7 \left[1 - \left(\frac{14}{24} \right)^2 \right] \approx 32,5 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$\text{Отже, } [P_{max}] = 49,3 \times 10^6 \text{ Па}$$

Визначаємо найбільший розрахунковий натяг N_{max} за формулою:

$$N_{max}^1 = [P_{max}] d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right); \quad (3.15)$$

$$N_{max}^1 = 49,3 \times 10^6 \times 14 \times 10^{-3} \left(\frac{0,75}{10^{11}} + \frac{2,28}{10^{11}} \right) = 2 \times 10^{-6} \text{ м} = 2 \text{ мкм}.$$

Визначаємо величину найбільшого допустимого натягу за формулою:

$$[N_{max}] = N_{max}^1 \times \gamma_{y\delta} + \gamma_m + \gamma_t, \quad (3.16)$$

де $[N_{max}]$ – найбільший допустимий натяг;

$\gamma_{y\delta}$ – коефіцієнт збільшення тиску біля торців втулки під час

встановлення валу.;

γ_t – температурна поправка.

В нашому випадку $\gamma_t = 0$
 $\gamma_{\partial} = 0,5$

Тоді

$$[N_{max}] = 49,3 + 20 + 0,5 = 69,8 \text{ мкм.}$$

$$N_{max} = 69,8 \text{ мкм}$$

$$N_{min} = 22,5 \text{ мкм}$$

Визначаємо зусилля запре совки при збиранні деталей під пресом за формулою:

$$R_n = f_n P_{max} \times \pi \times d_{нс} \times l; \quad (3.17)$$

де $f_n = 1,2 f$

$$P_{max} = \frac{N_{max} - \gamma m}{d_{нс} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}$$

$$P_{max} = \frac{(69,8 - 20) \times 10^{-6}}{14 \times 10^{-3} \left(\frac{0,75}{10^{11}} + \frac{2,28}{10^{11}} \right)} \approx 117 \times 10^6 \text{ Па}$$

Тоді

$$R_n = 1.2 * 0.1 * 117 * 10^6 * 3.14 * 0.014 * 0.02 = 0,21 \times 10^3 \text{ Н}$$

З розрахунків було визначено силу, необхідну для встановлення валу ролика в задане місце в каретці, яка складає 21 кг або 210 Ньютона.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою

Дослідження гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою є ключовим етапом для розуміння та оптимізації його функціональності та ефективності. Вивчення цих характеристик дозволяє покращити роботу пристрою, забезпечуючи оптимальне мащення та продуктивність. Нижче наведено короткий огляд кожного аспекту дослідження:

Гідравлічні характеристики:

Аналіз гідравлічного опору: Дослідження визначає, як впливає гідравлічний опір на рух робочої рідини в системі маслозабезпечення.

Тиск та витрата: Вивчення режимів роботи, де визначаються оптимальні значення тиску та витрати для забезпечення належного мащення.

Електромеханічні характеристики:

Робота електродвигунів: Аналіз ефективності та динамічних характеристик електродвигунів, які відповідають за рух маслозабезпечуючого пристрою.

Використання сенсорів: Дослідження точності та надійності використання сенсорів для контролю та регулювання роботи пристрою.

Теплові характеристики:

Аналіз розподілу тепла: Вивчення, як розподіляється тепло в системі, щоб уникнути перегріву та забезпечити стабільну температуру.

Теплова провідність: Визначення теплової провідності масла та матеріалів, щоб покращити ефективність охолодження.

Це дослідження є важливим кроком для розробки та вдосконалення маслозабезпечуючих пристроїв, сприяючи підвищенню надійності, тривалості служби та ефективності систем мащення в різних умовах експлуатації.

Дослідження маслозакачуючих пристроїв дизельних двигунів є важливою галуззю, оскільки ефективність цих пристроїв безпосередньо впливає на роботу і надійність всього двигунового устаткування. Маслозакачуючі пристрої відіграють ключову роль у забезпеченні належного мащення рухомих частин та відведенні тепла від двигуна, що є критичними аспектами для його оптимальної ефективності та тривалості служби.

Дослідження включає в себе аналіз різноманітних технологій та конструкцій маслозакачуючих систем, оцінку їх ефективності в різних умовах експлуатації та розробку нових технологій для поліпшення цих пристроїв.

Одним із ключових аспектів дослідження є вивчення впливу різних параметрів, таких як тиск, температура, робочі рідини та конструктивні особливості, на функціональність маслозакачуючих пристроїв. Розуміння цих взаємозв'язків може призвести до оптимізації проектування та експлуатації цих пристроїв для досягнення максимальної ефективності.

Крім того, дослідження маслозакачуючих пристроїв також охоплює вивчення новітніх технологій, включаючи використання сучасних матеріалів, інтеграцію електроніки та автоматизації для поліпшення роботи цих систем.

Це напрямок дослідження є ключовим для подальшого вдосконалення та розвитку дизельних двигунів, сприяючи підвищенню їхньої продуктивності, ефективності та довговічності у різних галузях, від автотранспорту до промислового виробництва.

Дослідження гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою є ключовим етапом для розуміння та оптимізації його функціональності та ефективності. Опис цих досліджень включає аналіз різноманітних аспектів, які впливають на роботу та надійність маслозакачуючих пристроїв.

Гідравлічні характеристики охоплюють аспекти, пов'язані з рухом робочої рідини у системі. Це включає в себе вивчення гідравлічного опору,

тиску та витрати робочої рідини в різних режимах роботи пристрою. Дослідження визначає оптимальні параметри гідравлічної системи для забезпечення належної роботи маслозакачуючого пристрою.

Електромеханічні характеристики включають в себе вивчення роботи електричних компонентів, таких як електродвигуни та сенсори. Це охоплює ефективність перетворення електроенергії, динамічні характеристики електродвигунів та точність сенсорів для керування процесом маслозакачування.

Дослідження теплових характеристик спрямовані на вивчення теплового випромінювання та теплового випромінювання в системі. Це включає аналіз теплових втрат та розподілу тепла в маслозакачуючому пристрої для попередження перегріву та забезпечення стабільної роботи.

Комплексне дослідження цих характеристик дозволяє визначити оптимальні параметри та конструктивні рішення для маслозакачуючого пристрою, сприяючи його надійній та ефективній експлуатації у різних умовах та застосуваннях.

Пропонований пристрій для закачування масла складається з шестеренчастого масляного насоса МЗН-2 та стартера СТ-130 (рис. 4.1). Насос 1 кріпиться до кришки 2 стартера 3, розташованої з боку колектора 4, і приводиться в рух валом якоря стартера 5. Внутрішня порожнина 6 корпусу стартера 3 герметизована завдяки встановленню у колектор 4 і на вал якоря 5 сальників 7.

Порожнина 6 корпусу стартера 3 з'єднана з порожниною для нагнітання маслозакачуючого насоса 1 трубопроводом 9, а з головною магістраллю системи змащування - трубопроводом 2.

Для активації маслозакачуючого пристрою перед запуском двигуна, без введення в зачеплення привідної шестерні стартера з зубчастим вінцем маховика, встановлено додаткове реле включення електродвигуна. Маслозакачуючий пристрій працює наступним чином: перед запуском двигуна електродвигун стартера активується за допомогою додаткового реле

та блокує маслозакачуючий пристрій. Насос починає постачати масло із картера двигуна в герметизований корпус стартера, де воно знижує свою в'язкість через обробку поперечним електромагнітним полем, електромагнітним нагріванням деталей та внутрішнім тертям масла. Цей процес призводить до поляризації молекул, в результаті чого відбувається пружне зміщення зарядів і орієнтація постійних диполів.

Внаслідок такої обробки понижується в'язкість масла в корпусі стартера. Таке масло з пониженою в'язкістю подавалося насосом у головну магістраль і після досягнення в ній тиску 0,15 МПа (1,5 кг/см²) здійснювався пуск двигуна шляхом включення основного реле стартера.

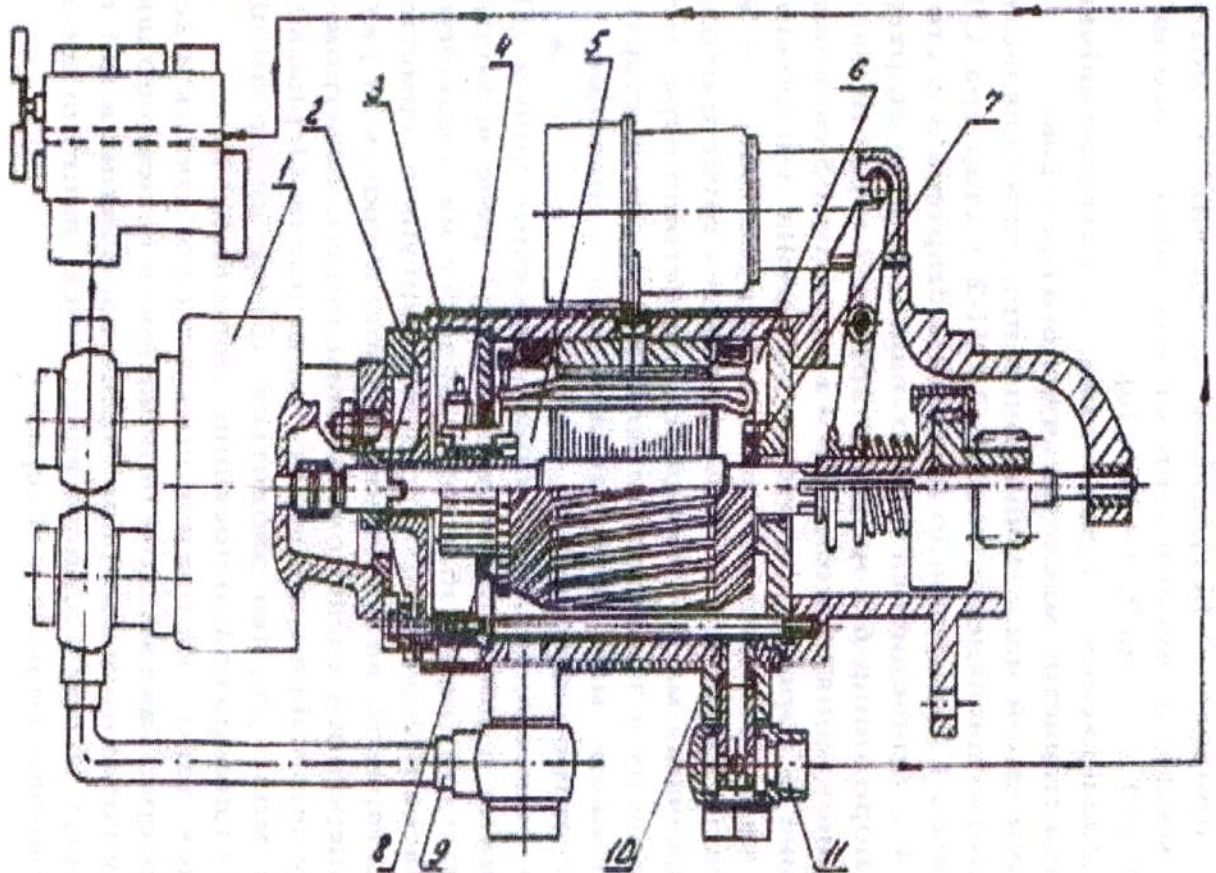


Рис. 4.1. Схема маслозакачуючого пристрою: 1 - маслозакачуючий

насос; 2 - кришка; 3 - корпус; 4 - колектор; 5 - якір; 6 - порожнина обробки масла електромагнітним полем; 7 і 8 - сальник; 9 і 11 - нагнітаючий трубопровід; 10 - штуцер.

Основні характеристики маслозакачуючого пристрою наведені в таблиці 4.1. Експерименти проводилися на спеціальному стенді, що дозволяє емулювати умови роботи пристрою під час запуску двигуна. Схема стенду представлена на рисунку 4.2. Підігрів масла виконувався за допомогою циркулюючої води, яка подавалася до маслозакачуючого насосу.

Таблиця 4.1.

Основні параметри маслозакачуючого пристрою.

Найменування параметрів	Величина
Габаритні розміри, мм:	
діаметр	114
довжина	400
число зубів насосу	8
модуль	3,5
діаметр кола головки зуба, мм	32,75
висота зуба, мм	7,75
довжина зуба, мм	10,0
початковий діаметр шестерні, мм	28,0
Зазор між шестернями і корпусом, мм:	
осьовий	0,07...0,15
радіальний	0,05...0,09
Діаметр всмоктуючого трубопроводу, мм	14
Діаметр нагнітаючого трубопроводу, мм	10

Під час досліджень було виміряно наступні параметри тиску масла на виході з маслозакачуючого пристрою: тиск масла на вході в насос, частоту обертання вала насоса, температуру і тиск масла на вході і виході пристрою, а також струм споживання та напругу на затискачах електродвигуна

стартера. Для вимірювання цих значень використовувались точні вимірювальні прилади класу точності 0,5...1,0, такі як ртутний п'езометр, тахометр, зразкові манометри, хромель-копель термомпари, електронний потенціометр ЕПП-09, лічильник витрати рідини 2-СВШС-25, амперметр і вольтметр. Зміна тиску масла через маслозакачуючий пристрій у діапазоні від 0,05 (0,5) до 0,8 МПа (8,0 кг/см²) при відключеному редукційному клапані насоса проводилась за допомогою дроселя. Для живлення маслозакачуючого пристрою використовувалися акумуляторні батареї 6СТМ-128МС з повною ємністю заряду. Проведено чотири цикли випробувань тривалістю 1 хв кожен при плюсовій температурі масла та два цикли при мінусових температурах.

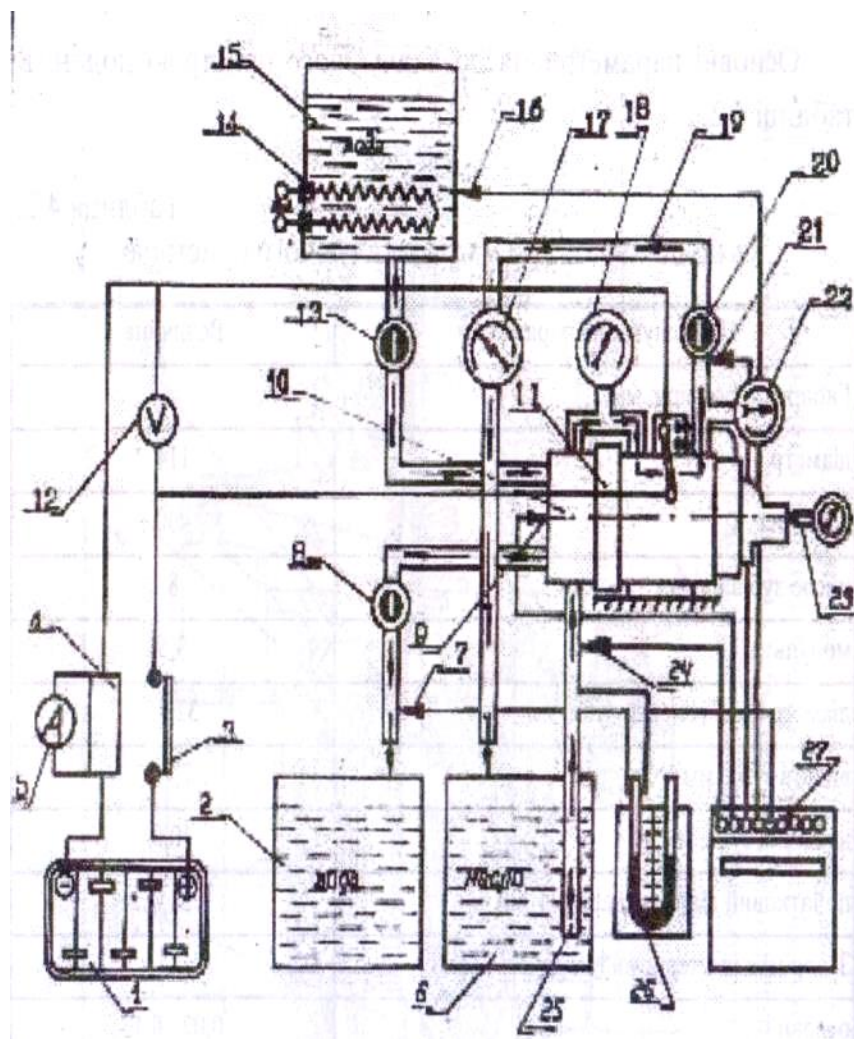


Рисунок 4.2. Схема стенда для визначення гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик маслозакачуючого пристрою:

1 - акумуляторні батареї; 2 - бак для водозливу; 3 - перемикач; 4 - амперметрний шунт; 5 - амперметр; 6 - масляний резервуар; 7, 9, 16, 24 - термopари; 8, ІЗ - двоxходовий кран; 9 - маслозакачувальний насос; 11 - стартер; 12- вольтметр; 14 - електронагрівач; 15 - бак для води нагріву; 17 - рідинний вимірювач; 18, 22 - манометр; 19 - насосний трубопровід; 20 - регулювальний клапан тиску масла; 23 - ручний тахометр; 25 - впускний трубопровід; 26 - ртутний п'езометр; 27 - насосова подача;

Оцінка ефективності роботи маслозакачувального пристрою визначається об'ємним і ефективним коефіцієнтом корисної дії. Зміна подачі насоса, споживаного струму в колі і напруги на затисканні стартера в залежності від тиску масла на виході при різній його в'язкості показана на рисунках. Зі збільшенням тиску масла зменшується частота обертання вала стартера і подача насоса, підвищується спожитий струм у колі і знижується напруга на затисканні стартера. Коефіцієнт корисної дії пристрою збільшується із зниженням в'язкості і з ростом тиску масла. Це викликається тим, що пониження в'язкості масла веде до росту подачі насоса і зниження спожитої потужності. Ефективний коефіцієнт корисної дії пристрою має максимальне значення при в'язкості масла $146 \text{ мкм}^2/\text{с}$ (сСт), тиску масла $0,5 \text{ МПа}$ (5 кг/см^2) і частоті обертання вала насоса 46 с (2720 об/хв). Причиною низького значення ефективного коефіцієнта корисної дії пристрою є конструкційні і електромеханічні особливості стартера.

Зниження температури масла до мінус 15°C призводить до збільшення швидкості його нагріву до $3,0^\circ\text{C}$ в хвилину. Це пояснюється зменшенням подачі насоса і підвищенням теплової продуктивності електромагнітного нагрівача внаслідок збільшення спожитої потужності. Запропонований пристрій в порівнянні з маслозакачуючим насосом має такі переваги: відсутність окремого електродвигуна для приводу маслозакачуючого насоса; використання електродвигуна стартера в якості електромагнітного нагрівача масла.

Проведені дослідження показали, що гідравлічні, електромеханічні і теплові характеристики маслозакачуючого пристрою дозволяють його використовувати в моторних випробуваннях з метою визначення доцільності використання в системі змащування автомобільного двигуна ЗІЛ-130.

4.2 Дослідження змін властивостей моторних масел при проходженні через електромагнітне поле маслозакачуючого пристрою

Дослідження змін властивостей моторних масел при проходженні через електромагнітне поле маслозакачуючого пристрою є захоплюючою галуззю, оскільки воно відкриває нові можливості для підвищення якості та ефективності мащення внутрішнього горіння двигунів. Опис цього дослідження включає аналіз впливу електромагнітного поля на фізико-хімічні властивості моторних масел.

Однією з ключових характеристик, яку досліджується, є в'язкість масла. Електромагнітне поле може впливати на молекулярну структуру масла, змінюючи його в'язкість та покращуючи розподіл масла по мотору. Це може призвести до зменшення опору руху та покращення мащення важливих деталей двигуна.

Також досліджується вплив електромагнітного поля на термічні властивості масла. Зміни в тепловому провідності та розподілі тепла в моторному маслі можуть впливати на температурний режим роботи двигуна та сприяти покращенню ефективності охолодження.

Окрім того, вивчаються характеристики стійкості масла до окислення та утворення нагару при впливі електромагнітного поля. Можливе покращення стійкості та зменшення утворення відкладень може збільшити термін служби моторних масел та зменшити ризик поломок.

Ці дослідження покликані розкрити потенційні переваги та виклики впровадження технології електромагнітного впливу на масла в системах

маслозабезпечення, визначити оптимальні параметри та умови для досягнення найкращих результатів.

Так як моторне масло піддається механічному, тепловому і електромагнітному впливу під час роботи маслозакачуючого пристрою, було необхідно провести дослідження впливу цих факторів на зміну властивостей масла. В цьому контексті, підлягали дослідженню різні масла, такі як М-6ВЗ, М-10Г та М-10Г-еталонне. Експерименти з обробкою масел змінним електромагнітним полем маслозакачуючого пристрою проводилися на спеціальному стенді.

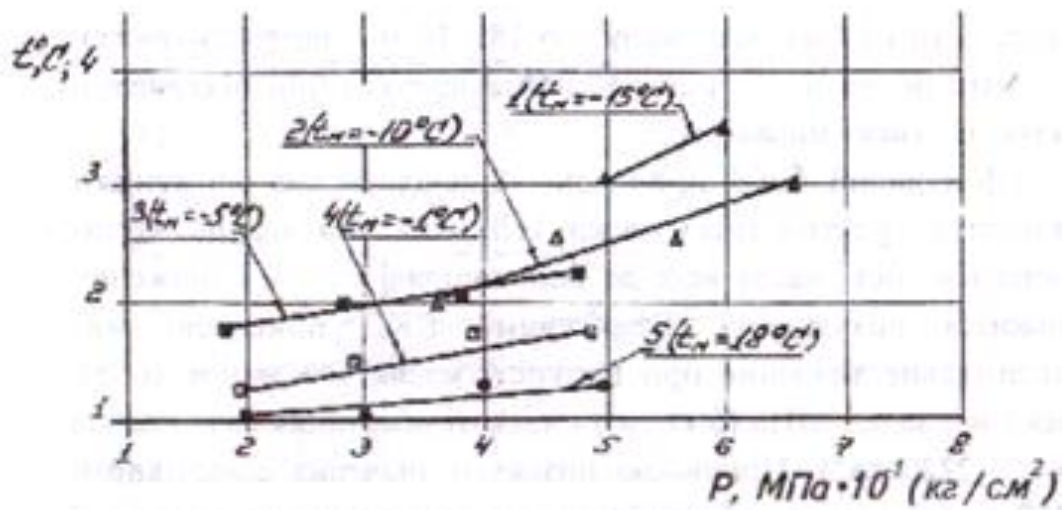


Рисунок 4.3 Зміна швидкості нагріву масла в електромагнітному нагрівачі

Для випробувань готували по 6 літрів масла кожного типу, які по черзі заливали в масляний бак для намагнічування. Після цього їх прокачували через електромагнітне поле маслозакачуючого пристрою протягом 3, 6, 9 і 12 хвилин. Після намагнічування визначалися температура застигання та кінематична в'язкість масла при температурах 100, 50, 20, 0 і -15°C. У маслах, які піддавалися намагнічуванню протягом 9–12 хвилин, додатково визначали протизносні і протизадирні властивості на установці Т-1, що імітує роботу пари кулачок-штовхач реального двигуна.

Для порівняння проводилися вимірювання в'язкісно-температурних, фізико-хімічних, протизносних і протизадирних властивостей свіжих масел, які не піддавалися впливу змінного електромагнітного поля.

У проведених дослідженнях виявлено характерне зниження в'язкості масел у зоні низьких температур при обробці їх змінним електромагнітним полем. Це спостерігається з початку при температурах 20–50 °С, при вищих температурах в'язкісно-температурні криві намагнічених і ненамагнічених масел майже ідентичні.

З падінням температури різниця в протіканні в'язкісно-температурних характеристик між намагніченими і ненамагніченими маслами починає зростати. При порівнянні в'язкісно-температурних характеристик намагнічених масел видно, що ступінь впливу змінного електромагнітного поля значно залежить від органічної основи масла і складу присадок у ньому, а також від тривалості впливу електромагнітного поля. Наприклад, для масла М-10Г2 під впливом змінного електромагнітного поля протягом 9 хв в'язкість при температурі мінус 15 °С зменшилася в 3,6 рази (з 17220 до 4796 мкм²/с), в той час як масло М-6В3 в тих же умовах показало зниження в'язкості в 1,3 рази (з 753 до 590 мкм²/с). В'язкість намагніченого масла М-10Г при температурі мінус 10 °С зменшилася в 1,2 рази.

Зміна в'язкості масла при температурі мінус 15 °С в залежності від тривалості впливу електромагнітного поля показана на рисунку 4.3. З аналізу характеру в'язкісно-температурних кривих для досліджуваних масел можна зробити припущення, що подальше збільшення тривалості впливу електромагнітного поля не призведе до помітного зниження в'язкості масла. Таким чином, оптимальна тривалість впливу змінного магнітного поля на досліджувані масла становила 9–12 хвилин. Після обробки масел електромагнітним полем їх індекс в'язкості збільшується від 1,1 до 1,5 разів, в залежності від органічної основи масла і композиції присадок.

Властивості масел М-10Г і М-10Г2, визначені у різний період після їх обробки змінним електромагнітним полем, не є стійкими, і з часом вони

наближаються до в'язкісно-температурних характеристик ненамагніченого масла. Відзначено, що вплив електромагнітного поля викликає зниження температури застигання масел. Масло М-6ВЗ, яке виявилось менш чутливим до дії електромагнітного поля, підтримує стабільність своїх характеристик і після 11 діб відсутності змін залишається на практично незмінному рівні.

Вивчення впливу електромагнітного поля на характеристики моторного масла є цікавим напрямком досліджень і може вносити певні вдосконалення у функціонування системи мащення двигуна. Давайте розглянемо деякі можливі аспекти цього впливу:

Зміни в'язкості масла:

Електромагнітне поле може взаємодіяти з молекулярною структурою масла, змінюючи його в'язкість.

Зменшення в'язкості може покращити текучість масла та полегшити його розподіл по мотору, що сприяє кращому мащенню.

Теплові характеристики:

Вплив на термічні властивості масла, такі як теплопровідність та розподіл тепла.

Зміни в теплопровідності можуть впливати на температурний режим роботи двигуна та його охолодження.

Хімічна стійкість:

Дослідження може виявити вплив електромагнітного поля на хімічну стійкість масла до окислення та утворення відкладень.

Покращення стійкості може допомогти збільшити термін служби масла та зменшити необхідність його частої заміни.

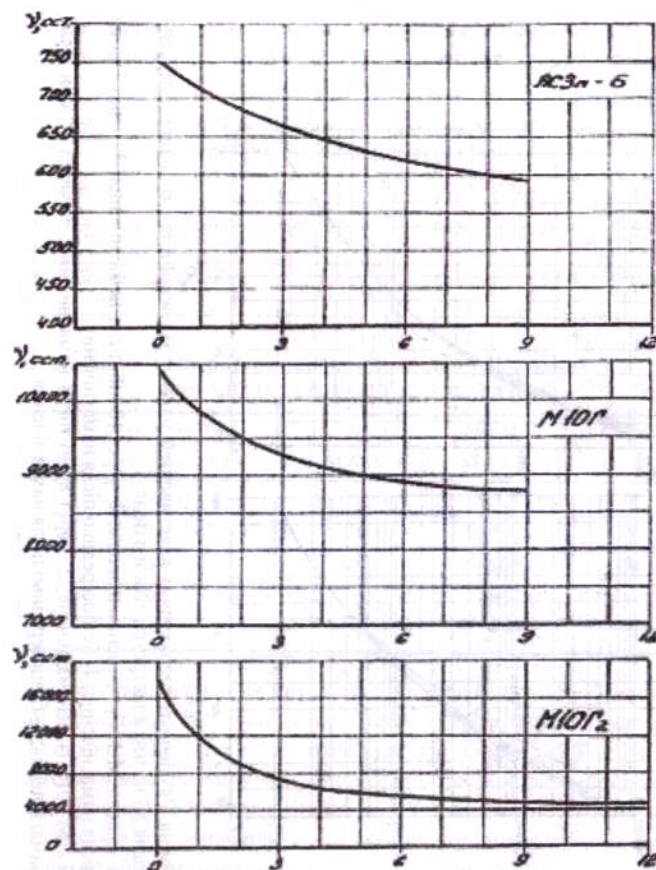
Вплив на дисперсійні властивості:

Дослідження може розкрити, як електромагнітне поле впливає на розподіл та розчинення твердих частинок у маслі.

Покращення дисперсійних властивостей може зменшити утворення нагару та забруднення в системі.

Важливо відзначити, що дослідження впливу електромагнітного поля на масло повинно враховувати безпеку та ефективність таких технологій. Також слід враховувати, що позитивний вплив в одних умовах може не мати аналогічного ефекту в інших.

Незважаючи на це, важливо зауважити, що, навіть після тривалого періоду (60 діб) після намагнічування, в'язкісні показники масла М-6ВЗ залишаються на більш низькому рівні порівняно з ненамагніченими маслами при мінусових температурах. Узагалі, встановлено, що обробка змінним електромагнітним полем призводить до зниження температури застигання масел, і ці дані вказують на вплив магнітного поля та тривалості його дії на цю характеристику масла.



Тривалість намагнічення, хв;

Рис. 4.3. Зміна в'язкості масел при температурі мінус 15°C в залежності від тривалості намагнічування

Інформація щодо зносу штовханів подана на рисунку 4.4. Видно, що при використанні масел, які були піддані впливу змінного електромагнітного поля, спостерігається тенденція до зменшення зносу штовханів у порівнянні з роботою на немагнічених маслах при тривалості випробувань понад 10 годин. Знос кулачків при використанні намагнічених масел зменшується від 1,2 до 1,5 разів порівняно з роботою на немагнічених маслах. Додатково, при використанні намагнічених масел спостерігалось практично відсутність лакових відкладень на поверхнях деталей, у той час як робота на немагнічених маслах супроводжується утворенням шару лаку.

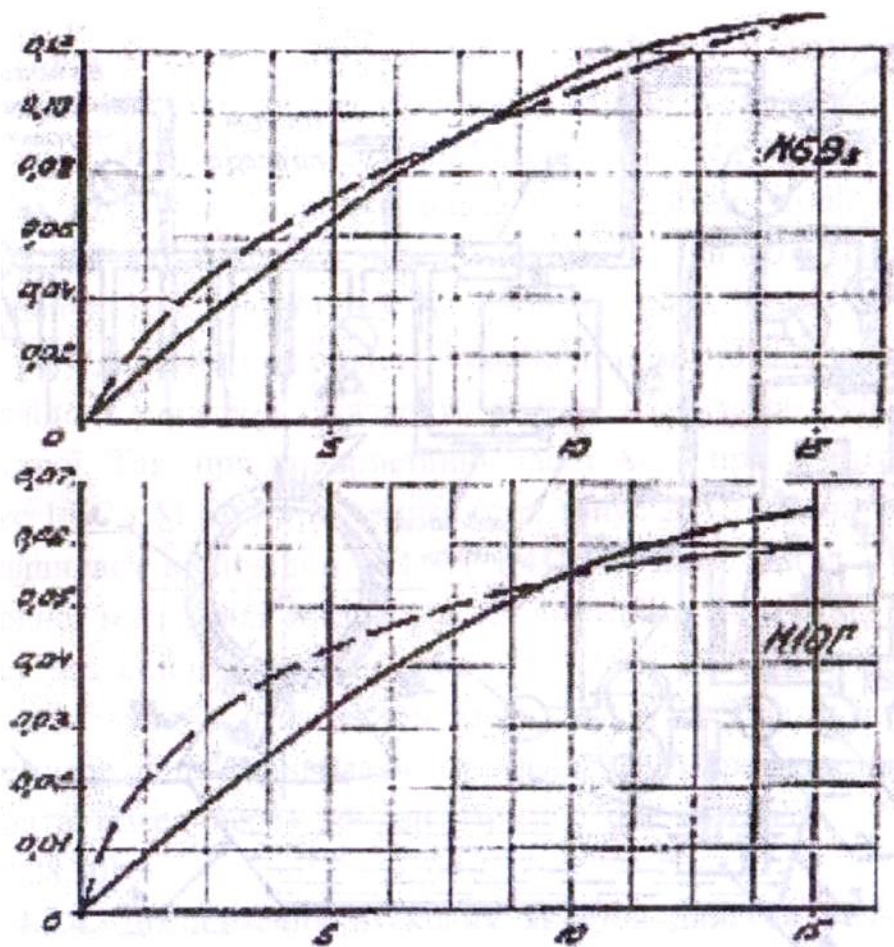
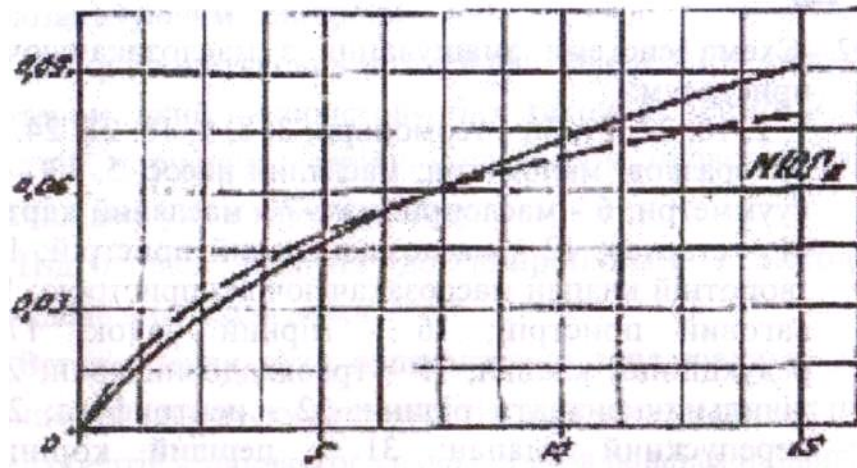


Рисунок 4.4 Знос штовханів при роботі на намагнічених ----- і немагнічених маслах



Тривалість випробувань;

Рисунок 4.5 Знос штовханів при роботі на намагнічених ----- і ненамагнічених маслах

Отже, ефективність обробки масел змінним магнітним полем в маслозакачуючому пристрої, що триває від 9 до 12 хвилин, дозволяє поліпшити їх в'язкісно-температурні та інші характеристики. Однак отримані властивості масел є нестійкими і з часом наближаються до характеристик ненамагнічених масел.

Проведені лабораторні випробування маслозакачуючого пристрою підтверджують цілеспрямованість проведення моторних досліджень двигуна ЗІЛ-130 із застосуванням маслозакачуючого пристрою.

4.3. Дослідження системи змащування із маслозакачуючим пристроєм в період пуску двигуна

Розроблений маслозакачуючий пристрій був встановлений на двигуні ЗІЛ-130 та інтегрований у його систему змащування паралельно з головною секцією насоса (рисунок 4.5). На цьому двигуні проводились випробування гідравлічних параметрів дослідної системи змащування в порівнянні з серійною системою при плюсових та мінусових температурах масла.

Після прокачки масла через систему змащування протягом двох хвилин перед пуском холодного двигуна, її гідравлічні параметри (тиск і витрата

масла) за першу хвилину прогріву двигуна помітно покращилися порівняно із серійною системою через зниження в'язкості масла в маслозакачуючому пристрої. Наприклад, використання масел АС-8 при температурі мінус 15 °С і М-6ВЗ при температурі мінус 25 °С призвело до збільшення подачі насоса відповідно на 1,3 і 1,4 рази; тиск масел у кінці головної магістралі знизився в 1,4 і 1,5 рази; витрата масел через редуційний клапан зросла в 1,15 і 1,25 рази; витрата масел на вході в центрифугу зросла в 1,6 і 1,7 рази; витрата масел через сопла привода ротора центрифуги зросла в 12 разів; витрата масел через головну магістраль зросла в 1,2 рази.

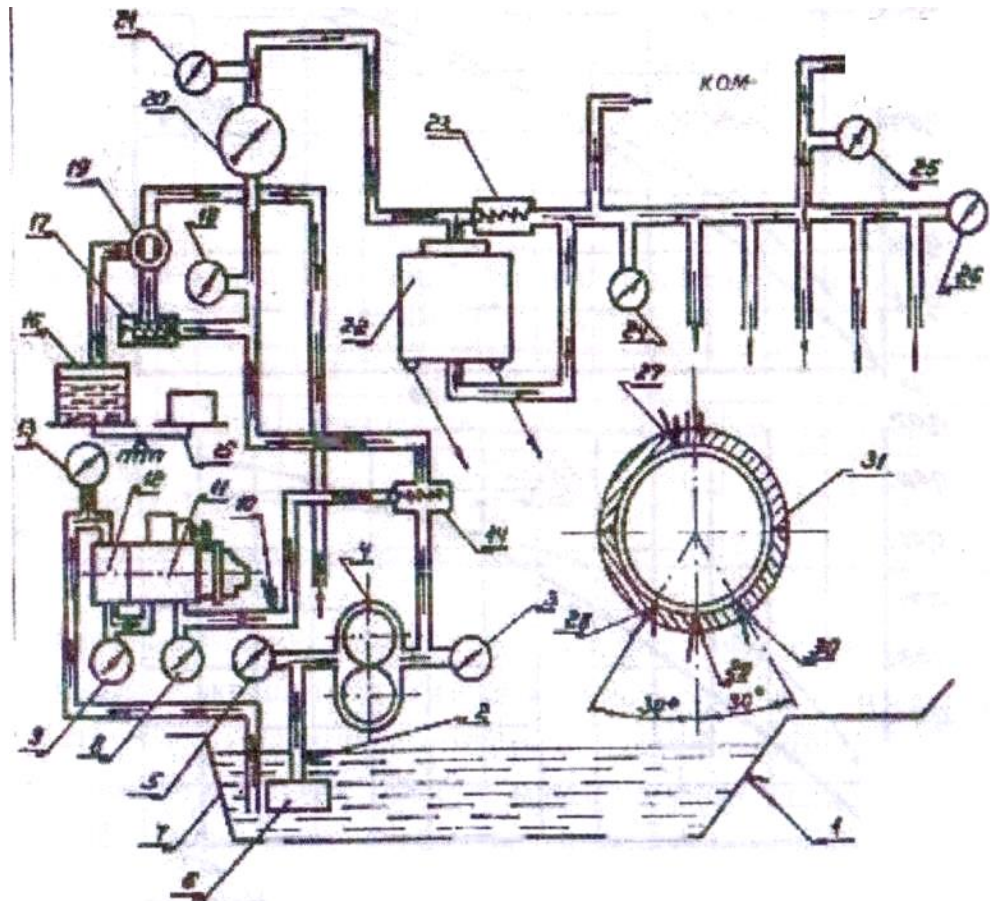


Рисунок 4.5. Схема системи змащування з маслозакачуючим пристроєм:

1, 2, 10, 27, 29, 30 - термопары; 3, 8, 9, 18, 21, 24, 25, 26 - зразкові манометри; масляний насос; 5, 13 - вакуумметри; 6 - маслоприймач; 7 - масляний картер; 11 - стартер; 12 - маслозакачуючий пристрій; 14 - зворотній клапан маслозакачуючого пристрою; 15 - ваговий пристрій; 16 - мірний

бачок; 17 - редукційний клапан; 19 - трьохходовий кран; 20 - лічильник витрати рідини; 22 - центрифуга; 23 - перепускний клапан; 31 - перший корінний підшипник колінчастого вала з термopарами, встановленими у верхньому і нижньому вкладишах. (ст.. 176)

Результати оцінки гідравлічних параметрів систем змащування, які порівнювали серійну та експериментальну (з маслозакачуючим пристроєм), свідчать, що час від включення колінчастого вала при температурі масла АС-8, що дорівнює плюс 15 °С та мінус 15 °С, а також при температурі масла М-6ВЗ, рівній мінус 25 °С, склав відповідно 19,40 і 28 секунд.

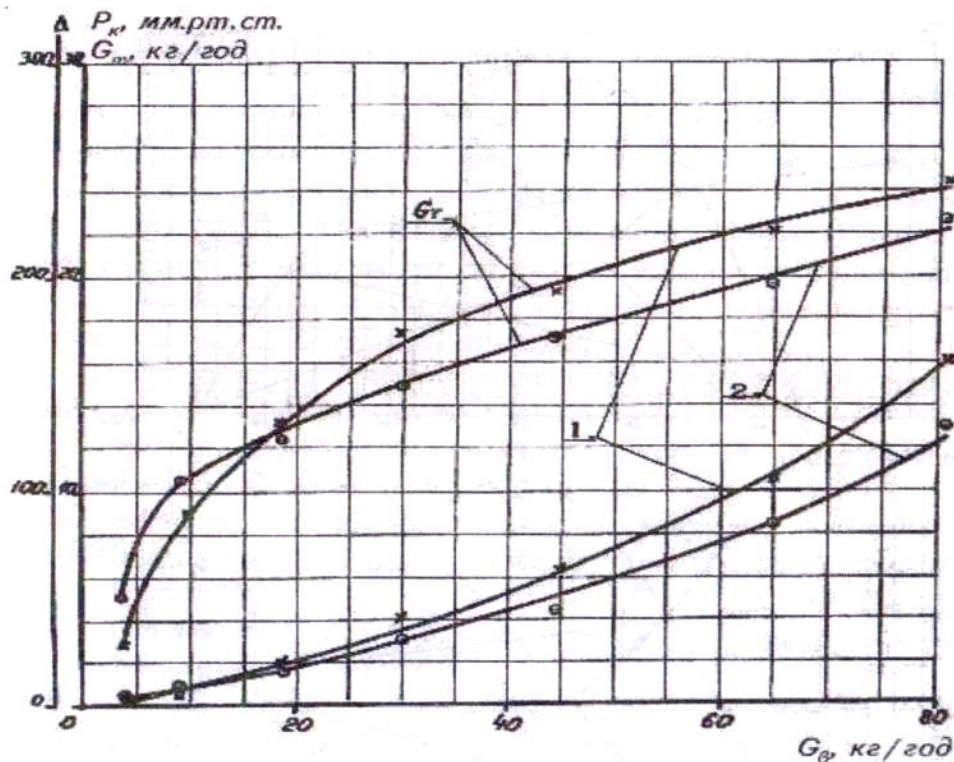
4.4. Дослідження пускових якостей двигуна з маслозакачуючим пристроєм

Для оцінки пускових характеристик двигуна ЗІЛ-130, обладнаного стартером, який використовується також як маслозакачуючий пристрій, у порівнянні з серійним стартером, проводились випробування в камері холоду.

Для забезпечення ефективного пуску двигуна та мінімізації мінімальних пускових обертів колінчастого вала встановлювався оптимальний кут випередження запалювання, що дорівнює 9-10°. Заради надійного пуску двигуна зазор між електродами свічки запалювання регулювався в межах 0,6-0,7 мм.

Пускове налаштування карбюратора також проводилося перед випробуваннями. Після налаштування потужностних та економічних параметрів карбюратора виконувалась перевірка його пускових характеристик на спеціальній безмоторній вакуумній установці. Ця перевірка була важливою, оскільки вона визначала надійність пуску холодного двигуна. З закритою повітряною заслінкою змінювалися витрати повітря через карбюратор, вимірювалися витрати повітря та пального, і величина розрідження за карбюратором. Отримані дані використовувались для

графічного визначення пускової характеристики карбюратора (рисунок 4.6), яка порівнювалась з оптимальною. Як видно, ці характеристики практично ідентичні.



Витрати повітря;

Рисунок 4.6. Пускова характеристика карбюратора К-88А: 1 і 2 - дійсна і рекомендована; G_t і G_v - питомі витрати пального і повітря, кг/год.

Калібрування стартера і маслозакачуючого пристрою. Для визначення моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна виконувалося калібрування стартера і маслозакачуючого пристрою на спеціальному стенді.

Підготовка двигуна для вимірювання частоти обертання колінчастого вала стартером. Для реєстрації частоти обертання колінчастого вала двигуна, на його передньому кінці закріплювалася зірочка індуктивного датчика. Перед нею розміщувався датчик, що складався з котушки з двома обмотками і сердечника. Постійний струм напругою 12 В подавався на первинну обмотку, а вторинна обмотка була підключена до шлейфа осцилографа Н-105.

Підготовка акумуляторних батарей до експлуатації в камері холоду. У випробуваннях використовувалися акумуляторні батареї 6СТМ-128 з 75%-ною зарядкою. Перед роботою в камері холоду, батарея встановлювалася та охолоджувалася разом із двигуном. Випробування проводилися лише тоді, коли температура електроліту у всіх акумуляторних батареях була рівною температурі двигуна або відрізнялася від неї не більше, ніж на 2°C.

Вимірювання моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна. Момент опору прокручування колінчастого вала двигуна визначався на основі сили струму, яку споживав стартер. Сила струму вимірювалася за допомогою шунта, розташованого послідовно в колі живлення та вимірювальних приладів, таких як мінівольтметр та осцилограф.

Оцінка пускових характеристик двигуна проводилася під час його перших трьох запусків, обладнаного заводським стартером і стартером, який використовувався як маслозакачуючий пристрій.

Пускові процедури при різних температурах повітря включали такі етапи:

- Наповнення поплавкової камери пальнем за допомогою ручної підкачки бензинового насоса.
- Закриття повітряної заслонки карбюратора та кілька різких рухів важілем для відтягування дросельної заслінки.
- Запуск осцилографа, ініціювання запалювання та робота стартера (останній включався не більше 10 секунд).

Якщо двигун не заводився з першої спроби, то проводили ще дві спроби пуску з інтервалом у 1 хвилину. Параметри, які записувалися на стрічку осцилографа, включали шкалу часу (0,2 с), силу струму в колі стартера, напругу на затисканнях стартера та частоту обертання колінчастого вала двигуна.

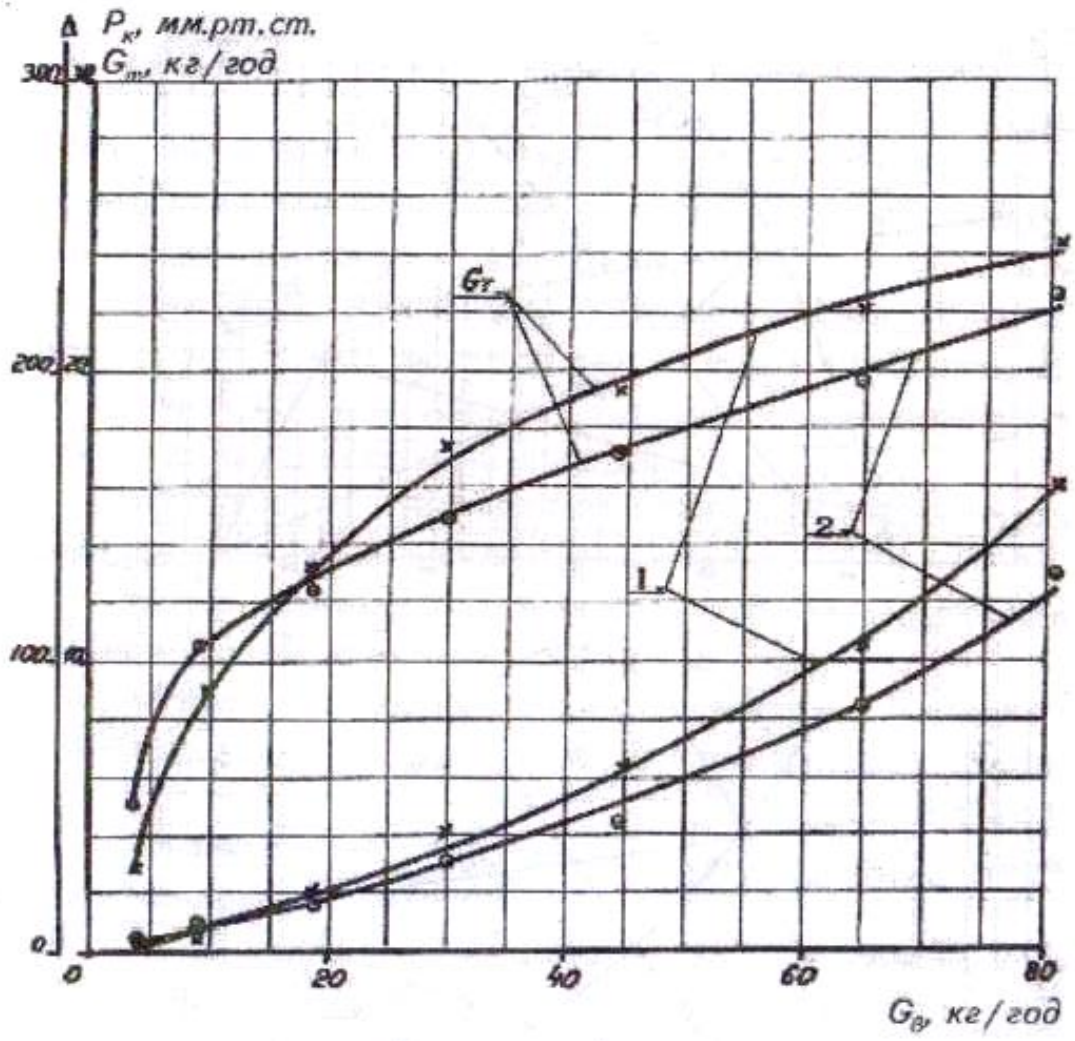


Рисунок 4.7 Пускова характеристика дизельного двигуна К88-А

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз та характеристика потенційних небезпек і шкідливих умов в проєктованому цеху

Таблиця 5.1 - Рівень шуму на ділянці

Найменування	Кількість чоловік	Допустимий рівень шуму, дБ	Фактичний рівень шуму, дБ
ОЦ	8	80	75
Координатний	15	80	70
Дільниця ЧПК	7	80	63
Горизонтально-розточна	7	80	77

Рівень шуму по ділянці не перевищує допустимої межі 80 дБ відповідно ДСТУ 12.1.005-76

1. В повітряному середовищі робочої зони ділянки допустима концентрація шкідливих речовин не перевищує 6 мг/м³ відповідно ДСТУ 12.1.005-76
2. Температура і вологість по ділянці

Таблиця 5.2 – Температура та вологість на дільниці

Найменування	К-сть чоловік	Допустима температура °С	Фактична температура °С	Допустима вологість % t 20°С	Фактична вологість % t 20°С
ОЦ	3	25	22	60 80%	64 %
Координатний	15	25	24	60 80%	76 %
Ділянка ЧПК	7	25	25	60 80%	66 %
Горизонтально-розточна	7	25	22	60 80%	54 %

Вологість і температура на ділянці не перевищує допустимого значення відповідно ДСТУ 12.1.005-76

3. Освітлення

Таблиця 5.3 – освітленість на ділянці

Найменування	Кількість чоловік	Норма освітлення, лк	Фактичне освітлення, лк
ОЦ	8	300	300
Координатний	15	350	350
Ділянка ЧПК	7	200	200
Горизонтально-розточна	7	300	350

Освітленість на ділянці відповідає нормі відповідно ДСТУ 11А9-71

Оскільки все обладнання знаходиться під напругою, то існує небезпека ураження людини електричним струмом. Для запобігання ураження електричним струмом і задовольняючи вимоги ДСТУ 12.1.0308 для кожного станка виконане занулення.

Так як проектуєма ділянка живиться від 3^x фазної 4^x провідної мережі напругою 1000 В, то використовуємо захисне занулення. Суть занулення є в тому, що у випадку замикання якої небудь фази на корпус при наявності захисного занулення виникає однофазне коротке замикання, яке викликає спрацювання максимального захисту і відключення пошкодженої ділянки мережі.

При замиканні фази на занулений корпус установка автоматично відключається якщо значення струму однофазного короткого замикання (тобто між фазним і нульовим захисним проводом) I_k задовольняє умова:

$$I_n \geq k \cdot I_{ном.} = 3 \cdot 60 = 180 \text{ А.}$$

де k – коефіцієнт кратності номінального струму.

$I_{ном.} = 60 \text{ А}$ – номінальний струм плавлення вставки запобіжника струму автоматичного вимикача.

Лінія 380/220 В з мідним провідником $3 \times 150 \text{ мм}^2$ живиться від трансформатора 630 кВ·А, який знаходиться на відстані 300 м від електророзподільчого щита, який знаходиться в цеху. Від електрощита по стіні в цеху прокладений нульовий захисний провідник, в якості якого використовується сталева полоса з перерізом $40 \times 4 \text{ мм}$.

Щоб впевнитись в ефективності спрацювання занулення, ми визначаємо дійсне значення струму однофазного короткого замикання що проходить по петлі фаза-нуль при замиканні фази на корпус двигуна. Якщо це значення струму $I_{нд}$ перевищує найменше допустиме по умові спрацювання захисту струм $I_k = 180 \text{ А}$ значить відключаюча можливість системи забезпечена.

Для цього визначаю повний опір трансформатора

$$Z_m = 0,042 \text{ Ом}$$

Опір фазного провідника складається з суми опорів фазних провідників на двох ділянках.

$$R_\phi = R_{\phi 1} + R_{\phi 2}$$

На першій ділянці від трансформатора до щита

$$R_{\phi 1} = \rho \frac{l_1}{S_1} = 0,018 \cdot (300 : 150) = 0,036 \text{ Ом};$$

де ρ – удільний опір провідника, що дорівнює для міді $0,018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

l_1 – довжина ділянки;

S_1 – переріз провідника.

На другому відрізку: від електрощита до занулюваного електродвигуна, де приймаються проводи $3 \times 25 \text{ мм}$ і довжина відрізка 36 м .

$$R_{\phi 2} = 0,018 \cdot (36 : 25) = 0,036 \text{ Ом}$$

Повний активний опір фазного провідника

$$R_{\phi} = 0,036 + 0,036 = 0,072 \text{ Ом}$$

Внутрішній індуктивний опір фазного провідника $x_{\phi} = 0$, так як провідник воно порівняно мале, тому ним можна знехтувати.

Активний опір нульового провідника

$$R_{н.з.} = R_{н.з.1} + R_{н.з.2} = 0,81 + 0,045 = 0,085 \text{ Ом.}$$

На першій ділянці від трансформатора до електрощита

$$R_{н.з.} = rW_l \cdot l_l = 2,7 \cdot 0,3 \cdot 0,81 \text{ Ом,}$$

де rW_l – опір 1 км провідника.

$$rW_l = 2,7 \text{ Ом } 1 \text{ км.}$$

В якості заземлюючого провідника використовується сталеві труба, в якій прокладені фазні проводи.

Очікувана сила густина струму в нульовому провіднику

$$I = I_k : S_l = 180 : 150 = 1,2 \text{ А/мм}^2$$

На другій ділянці від електрощита до зануляємого електродвигуна

$$R_{н.з.2} = rW_2 \cdot l_2 = 2,24 \cdot 0,05 = 0,045 \text{ Ом}$$

Очікувана густина струму

$$I = I_k : S_2 = 180 : 25 = 1,12 \text{ А/мм}^2$$

Тоді з довідника знаходжу опір нульового захисного провідника

$$x_{н.з.} = x_{н.з.1} + x_{н.з.2} = 0,48 + 0,06 = 0,54 \text{ Ом}$$

на першій ділянці:

$$x_{н.з.1} = xW_1 \cdot l_1 = 1,6 \cdot 0,3 = 0,48 \text{ Ом}$$

де $xW_1 = 1,92 \text{ Ом/км}$

на другій ділянці:

$$x_{н.з.2} = xW_2 \cdot l_2 = 1,34 \cdot 0,05 = 0,06 \text{ Ом}$$

Зовнішній індуктивний опір 1 км. петлі фаза-нуль приймаємо

$$x_n = 0,038 \text{ Ом/км,}$$

тоді

$$x_n = 0,038 + 0,35 = 0,073 \text{ Ом}$$

Визначаємо дійсне значення струму однофазного замикання, що проходить по петлі фаза-нуль:

$$I_{к.д.} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + \sqrt{(R_{\phi} + R_{н.з.})^2 + (x_{\phi} + x_{н.з.} + x_n)^2}} =$$

$$\frac{220}{\frac{0,042}{3} + \sqrt{(0,072 + 0,85)^2 + (0,54 + 0,073)^2}} = 201,84 \text{ А}$$

Оскільки дійсне значення струму однофазного K_3 $I_{к.д.} = 202 \text{ А}$ перевищує найменше допустиме значення по умові захисту струм $I_n = 180 \text{ А}$, тому нульовий зхисний провідник вибраний правильно, тобто відключаюча можливість системи занулення забезпечена.

. Це виробництво, в яких опрацьовуються незаймісті речовини і матеріали в холодному стані. Для пожежної профілактики і передбачаються наступні заходи:

- дотримання протипожежних правил при експлуатації освітлення, вентиляції, опотлення, електроприладів і технологічного обладнання;
- заборона паління в недозволених місцях;
- своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного обладнання;
- правильну експлуатацію внутрішньо-заводського транспорту;
- своєчасний протипожежний інструктаж робочих і службовців;
- оснащення передовими засобами пожежогасіння;

Для приміщення категорії Д на 600-800 м² площі передбачаю 1 вогнегасник ОУ-8; ручний ОУ-2 і ОХП-10.

- відпрацьовані ганчірки зберігати в спеціальній тарі, що закривається;
- оснащення пожежного водоканалу.

По ступеню вогнебезпеки споруди механічного цеху II категорії, для якого:

- найбільш допустимі відстані від дверей приміщення до виходу назовні – 50 м;
- виходом в тупіковий коридор – 25м;
- найменша габаритна ширина:
 прохід – 1м;
 коридор – 1,4м;
 двері – 0,8м;
 марш – 1,2м і більше.

5.2 Характеристика стихійних лих, аварій, катастроф та їх наслідки

У наш цивілізований, технічно розвинений час людство залишається залежним від природних явищ, які досить часто мають катастрофічний характер. Виверження вулканів, землетруси, посухи, селеві потоки, снігові лавини, повені спричиняють загибель багатьох тисяч людей, завдають величезних матеріальних збитків.

Найбільші збитки з усіх стихійних лих спричиняють повені (40%), на другому місці – тропічні циклони (20%), на третьому і четвертому місцях (по 15%) – землетруси та посухи.

Стихійні лиха – це природні явища, які мають надзвичайний характер та призводять до порушення нормальної діяльності населення, загибелі людей, руйнування і нищення матеріальних цінностей.

За причиною виникнення стихійні лиха поділяють на:

- а) тектонічні (пов'язані з процесами, які відбуваються в надрах землі), до них належать землетруси, виверження вулканів;
- б) топологічні (пов'язані з процесами, які відбуваються на поверхні землі), до них належать повені, зсуви, селі;
- в) метеорологічні (пов'язані з процесами, які відбуваються в атмосфері), до них належать спека, урагани, посуха та ін.

Тектонічні стихійні лиха

Виверження вулканів. За руйнівною дією та кількістю енергії, яка виділяється при виверженні вулкана, саме це стихійне лихо належить до найнебезпечніших для життєдіяльності людства. Під попелом та лавою гинули цілі міста.

Землетруси. Щорічно вчені фіксують близько 1 млн. сейсмічних і мікросейсмічних коливань, 100 тис. з яких відчуваються людьми та 1000 спричинюють значні збитки.

Землетрус – це сильні коливання земної кори, викликані тектонічними причинами, які призводять до руйнування споруд, пожеж та людських жертв.

Гіпоцентр, або осередок землетрусу, - місце, де зсуваються гірські породи.

Епіцентр – точка на поверхні землі, що знаходиться прямо над гіпоцентром.

Основними характеристиками землетрусів є: глибина осередку, магнітуда, інтенсивність енергії на поверхні землі.

Таблиця 5.4 – Ознаки землетрусу

Ознаки близького землетрусу	- запах газу, де раніше цього не відзначалось
	- тривога птахів та домашніх тварин
	- іскри між близько розташованими електричними дротами
	- голубе освітлення внутрішньої поверхні будинків

Першість за кількістю землетрусів утримують Японія та Чілі: понад 1000 в рік, або 3 на день.

Топологічні стихійні лиха

Повені. За даними ЮНЕСКО, від повеней у XX ст. загинуло 9 млн. осіб. Недарма в народі кажуть, що найстрашніші для людини це вода і вогонь.

Повінь – це значне затоплення місцевості внаслідок підйому рівня води

в річці, озері, водосховищі, спричинене зливами, весняним таненням снігу, вітровим нагоном води, руйнуванням дамб, гребель тощо. Повені завдають великої матеріальної шкоди та призводять до людських жертв.

Наслідки повеней

- затоплення шаром води значної площі землі;
- ушкодження та руйнування будівель та споруд;
- ушкодження автомобільних шляхів та залізниць;
- руйнування обладнання та комунікацій, меліоративних систем;
- загибель свійських тварин та знищення врожаю сільськогосподарських культур;
- вимивання родючого шару ґрунту;
- псування та нищення сировини, паливо, продуктів харчування, добрив тощо;
- загроза інфекційних захворювань (епідемії);
- погіршення якості питної води;
- загибель людей.

Повені відрізняються від інших стихійних лих тим, що деякою мірою прогнозуються. Але прогнозувати ймовірність повеней набагато легше, ніж передбачити момент її початку. Точність прогнозу зростає при отриманні надійної інформації про кількість та інтенсивність опадів, рівні води в річці, запаси води в сніговому покриві, зміни температури повітря. довгострокові прогнози погоди тощо.

Основний напрям боротьби з повенями в зменшенні максимальних витрат води в річці завдяки перерозподілу стоку в часі (насадження лісозахисних смуг, оранка ґрунту поперек схилу, збереження узбережних смуг рослинності, терасування схилів тощо). Для середніх та великих річок досить дієвим засобом є регулювання паводкового стоку за допомогою водосховищ. Окрім того, для захисту від повеней широко застосовується давно відомий спосіб – влаштування дамб. Для ліквідації небезпеки утворення затворів проводиться розчищення та заглиблення окремих ділянок

русла ріки, а також руйнування криги вибухами за 10-15 днів до початку льодоходу.

Ще один досить важливий шлях регулювання стоку й запобігання повеней – ландшафтно-меліоративні заходи.

Зсуви. Зсуви можуть виникнути на всіх схилах з нахилом в 20о і більше в будь-яку пору року. За швидкістю зміщення порід зсуви поділяють на:

- повільні (швидкість становить декілька десятків сантиметрів на рік);
- середні (швидкість становить декілька метрів за годину або добу);
- швидкі (швидкість становить десятки кілометрів за годину).

Зсуви – це ковзкі зміщення мас гірських порід вниз по схилу, які виникають через порушення рівноваги. Зсуви виникають через ослаблення міцності гірських порід внаслідок вивітрювання, вимивання опадами та підземними водами, систематичних поштовхів, нерозважливої господарської діяльності людини тощо.

Снігові лавини. Снігові лавини також належать до зсувів і виникають так само, як і інші зсувні зміщення. Сили зчеплення снігу переходять певну межу, і гравітація викликає зміщення снігових мас уздовж схилу.

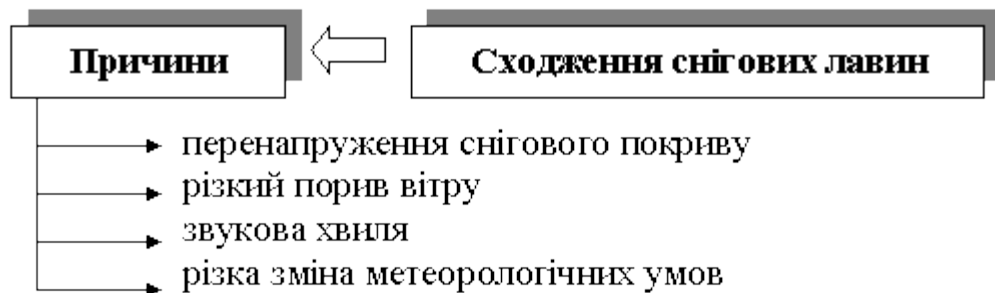


Рисунок 5.1 – Причини снігових лавин

Існує пасивний та активний захист від лавин. При пасивному захисті уникають використання лавинонебезпечних схилів або ставлять на них загороджувальні щити. При активному захисті проводять обстріл лавинонебезпечних схилів, що викликає сходження невеликих, безпечних лавин, запобігаючи таким чином накопиченню критичних мас снігу.

Селі. Виникають селі в басейнах невеликих гірських річок внаслідок злив, інтенсивного танення снігів, проривів завальних озер, обвалів, зсувів, землетрусів.

Селі – це паводки з великою концентрацією ґрунту, мінеральних частин, каміння, уламків гірських порід (від 10-15 до 75% об'єму потоку).

За складом твердого матеріалу, який переносить селевий потік, їх можна поділити на:

- грязьові (суміш води з ґрунтом при незначній концентрації каміння, об'ємна вага складає 1,5-2 т/куб.м);
- грязекам'яні (суміш води, гравію, невеликого каміння, об'ємна вага – 2,1-2,5 т/куб.м);
- водокам'яні (суміш води з переважно великим камінням, об'ємна вага – 1,1-1,5 т/куб.м).

Метеорологічні стихійні лиха

Вітри – це так звані “прилади-змішувачі”, вони забезпечують обмін між забрудненим повітрям міст та чистим, насиченим киснем полів і лісів, теплим екваторіальним та холодним повітрям полярних областей, розганяють хмари і приносять дощ на поля, на яких без них нічого б не росло.

Вітер силою в 9 балів, коли швидкість становить від 20 до 24 м/с, руйнує старі будівлі, зриває дахи з будівель. Цей вітер називається шторм.

Якщо швидкість вітру досягає 32 м/с, то це – ураган. Ураганами називають також тропічні циклони, які виникають в Тихому океані поблизу узбережжя Центральної Америки.

Досить небезпечне явище – смерчі, вони трапляються частіше, ніж урагани й тайфуни. Смерчі утворюються тоді, коли стикаються дві великі повітряні маси різної температури і вологості, до того ж в нижніх шарах повітря тепле, а в верхніх – холодне. Тепле повітря, зазвичай, піднімається вгору й охолоджується, а водяна пара, яка міститься в ньому, випадає дощем. Але коли збоку починає дути вітер, котрий відхиляє в бік потік теплого повітря, який піднімається вгору, то виникає вихор, швидкість якого досягає

450 км/год.

Пожежі. Причинами виникнення пожеж є недбала поведінка людини з вогнем, порушення правил пожежної безпеки, природні явища (блискавка, посуха). Відомо, що 90% пожеж виникає з вини людини і тільки 7-8% спричинені блискавками.

Пожежі – це неконтрольований процес горіння, який викликає загибель людей та нищення матеріальних цінностей.

Лісові пожежі поділяють на низові, верхові, підземні. За інтенсивністю горіння лісові пожежі поділяються на слабкі, середні, сильні.

Основними заходами боротьби з лісовими низовими пожежами є:

- засипання вогню землею;
- заливанню водою (хімікатами);
- створення мінералізованих протипожежних смуг;
- пуск зустрічного вогню.

5.3 Закон про захист населення та території від надзвичайних ситуацій

Громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, значних пожеж, стихійного лиха. Уряд України, та інші органи виконавчої влади, адміністрації підприємств, установ і організацій, незалежно від форм власності і господарювання, повинні забезпечувати реалізацію цього права. Держава, як гарант цього права, створює систему цивільної оборони. Мета її – захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф, від стихійного лиха, сильнодіючих отруйних речовин, зброї. Заходи цивільної оборони поширюються на всю територію України, на всі верстви населення. Розподіл цих заходів за обсягом і відповідальністю за їх виконанням здійснюється за територіально – виробничим принципом.

Основні завдання, обов'язки та принципи цивільної оборони

визначенні в Положенні про цивільну оборону України № 299 (затверджено 10 травня 1994 р.)

Це Положення визначає завдання Цивільної оборони України, порядок її організації та функціонування.

1. Завданнями Цивільної оборони та заходами щодо їх реалізації є:

1.1. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і забезпечення зменшення збитків і витрат у разі стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів і великих пожеж.

1.2. Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний та воєнний час, постійне інформування його про стан наявної обстановки.

1.3. Захист населення від наслідків стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж і застосування засобів ураження.

1.4. Організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха і осередках ураження.

1.5. Створення системи аналізу, прогнозування, управління, оповіщення і зв'язку, спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і бактеріологічним зараженням, підтриманням їхньої готовності до сталого функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

1.6. Організація життєзабезпечення населення під час аварій, катастроф, стихійного лиха і у воєнний час.

1.7. Підготовка і перепідготовка осіб керівного складу цивільної оборони, її органів управління та сил, навчання населення вміння застосувати засоби індивідуального захисту і діяти у надзвичайних ситуаціях.

1.8. Контроль за виконанням завдань цивільної оборони, покладається на штаби цивільної оборони, які в цьому напрямі діяльності співпрацюють з центральними та місцевими органами державної виконавчої влади, органами місцевого та регіонального самоврядування, громадськими організаціями.

2. Система цивільної оборони та організація її діяльності

2.1. Цивільна оборона організовується за територіально-виробничим

принципом на всій території держави.

2.2. Загальне керівництво цивільною обороною відповідно до принципу її побудови здійснюють Кабінет Міністрів України, Уряд Криму, центральні та місцеві органи державної виконавчої влади, адміністрація підприємств, установ і організацій незалежно від форми власності та господарювання. У містах, районах у містах (крім Києва та Севастополя), селищах і селах керівництво здійснюють виконкоми відповідних Рад народних депутатів.

2.3. Завдання, функції та повноваження штабів визначаються положеннями про Штаб Цивільної оборони України і про територіальні штаби цивільної оборони. Функціональні обов'язки спеціальних підрозділів міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, штатних працівників цивільної оборони підприємств, установ і організацій визначаються відповідними начальниками цивільної оборони.

2.4. Для проведення заходів цивільної оборони органи управління цивільної оборони, підприємства, установи і організації на підставі рекомендацій Штабу Цивільної оборони України розробляють плани: розвитку й удосконалення цивільної оборони; цивільної оборони (дій органів управління та сил у разі надзвичайної ситуації). Всі плани (за винятком тих, що стосуються мобілізаційних заходів) розробляються як документи відкритого користування.

2.5. Для надійного і сталого управління процесами захисту населення у надзвичайних ситуаціях і виконання інших функцій, передбачених планами на воєнний час, використовується державна система пунктів управління.

2.6. Для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі надзвичайних ситуацій застосовуються сили цивільної оборони: війська, спеціалізовані і невоєнізовані формування. Порядок повсякденного функціонування військ цивільної оборони та дії їх у надзвичайних ситуаціях визначаються Статутом військ Цивільної оборони України.

2.7. Спеціалізовані формування цивільної оборони - це складова частина сил цивільної оборони, що призначена для виконання специфічних

робіт, пов'язаних з радіаційною та хімічною небезпекою, значними руйнуваннями, аварійними ситуаціями на нафтогазодобувних промислах.

2.8. Невоєнізовані формування цивільної оборони - це складова частина сил цивільної оборони, які утворюються на воєнний час в областях, містах, районах, а також на підприємствах, що продовжуватимуть свою виробничу діяльність під час війни. До невоєнізованих формувань належать загони, команди, групи, ланки, які призначені для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі надзвичайних ситуацій.

3. Повноваження та обов'язки посадових осіб, органів державної виконавчої влади, адміністрації підприємств, установ та організацій з питань цивільної оборони

4. Підготовка кадрів

а) підготовка кадрів для Цивільної оборони України здійснюється у навчальних закладах і на відповідних курсах;

б) Для підготовки і перепідготовки керівного складу Цивільної оборони України, подання допомоги природоохоронним та іншим органам, причетним до забезпечення промислової та екологічної безпеки, створюються: Центральні державні курси Цивільної оборони промислової та екологічної безпеки України; територіальні курси цивільної оборони.

5. Матеріальне та фінансове забезпечення цивільної оборони

а) матеріальне забезпечення цивільної оборони - це комплекс організаційних, інженерно-технічних, правових та інших заходів, спрямованих на безперервне постачання органів управління і сил цивільної оборони, а також населення, що потерпіло внаслідок надзвичайних ситуацій. Потреба цивільної оборони у матеріальних ресурсах, техніці і спеціальних видах майна задовольняється Держкомресурсів та Мінекономіки цільовим призначенням на замовлення Штабу Цивільної оборони України і розподіляється ним відповідно до замовлення штабів Республіки Крим, областей, міст Києва і Севастополя, військових з'єднань і частин цивільної оборони. Реалізація матеріальних ресурсів, спеціальних видів майна

цивільної оборони за номенклатурою, встановленою Держкомресурсів і Штабом Цивільної оборони України, здійснюється Держкомресурсів, іншими центральними та місцевими органами державної виконавчої влади, які мають власну систему матеріального постачання. Задоволення потреби цивільної оборони в інших видах матеріальних ресурсів і майна забезпечується постачальницькими органами Уряду Криму, обласних, Київської та Севастопольської державних адміністрацій, міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, підприємствами, установами і організаціями;

б) відповідно до чинного законодавства військам цивільної оборони для розташування їхніх житлових і військових містечок, спорудження адміністративних і господарських будівель, навчальних закладів та об'єктів в установленому порядку виділяються і надаються в користування земельні ділянки;

в) фінансове забезпечення цивільної оборони провадиться за рахунок державного та місцевих бюджетів, а також коштів підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності та господарювання.

6. Технічне забезпечення цивільної оборони

Організація технічного забезпечення цивільної оборони покладається на спеціалізовані підприємства та організації, що входять до сфери управління Мінсільгосппроду.

7. Транспортне забезпечення цивільної оборони

Організація транспортного забезпечення цивільної оборони покладається на органи управління залізничного, автомобільного, водного та авіаційного транспорту Мінтрансу.

Для ліквідації наслідків аварій та надзвичайних ситуацій на об'єктах народного господарства відповідно до закону України „Про аварійно-рятувальні служби” створюються аварійно рятувальні служби.

Цей Закон визначає організаційні, правові та економічні засади створення і діяльності аварійно-рятувальних служб, обов'язки, права, гарантії

соціального захисту та відповідальність рятувальників, а також питання міжнародного співробітництва у сфері ліквідації надзвичайних ситуацій.

Стаття 1. Визначення термінів.

- аварійно-рятувальна служба - сукупність організаційно об'єднаних органів управління, сил та засобів, призначених для вирішення завдань щодо запобігання та ліквідації НС техногенного і природного характеру та окремих їх наслідків, проведення пошукових, аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт;

- професійна аварійно-рятувальна служба - аварійно-рятувальна служба, особовий склад якої працює на постійній, а рятувальники цього складу - також на професійній основі, яка передбачає спеціальну фізичну та психологічну підготовку особового складу;

- спеціальна (воєнізована) аварійно-рятувальна служба - професійна аварійно-рятувальна служба, заснована на принципах єдиначальності, централізації управління, статутної дисципліни, особистої відповідальності;

- спеціалізована аварійно-рятувальна служба - професійна аварійно-рятувальна служба, що має підготовлений і споряджений особовий склад для ліквідації окремих класів і підкласів НС (гасіння газових фонтанів, подання медичної допомоги потерпілим, водолазні роботи тощо) та відповідні аварійно-рятувальні засоби;

- аварійно-рятувальні служби громадських організацій - аварійно-рятувальні служби, створені об'єднаннями та спілками об'єднань громадян.

Стаття 3. Завдання та функції аварійно-рятувальних служб.

Основними завданнями аварійно-рятувальних служб є:

- проведення під час виникнення НС на об'єктах і територіях аварійно-рятувальних робіт;

- ліквідація НС та окремих їх наслідків;

- виконання робіт із запобігання виникненню та мінімізації наслідків НС техногенного і природного характеру та щодо захисту від них населення і територій;

- захист навколишнього природного середовища та локалізація зони впливу шкідливих і небезпечних факторів, що виникають під час аварій та катастроф.

Стаття 5. Сфера діяльності аварійно-рятувальних служб, створених на професійній основі.

Аварійно-рятувальні служби обслуговують окремі території а також підприємства, установи та організації незалежно від форми власності, на яких існує небезпека виникнення НС природного та техногенного характеру.

Стаття 8. Види аварійно-рятувальних служб, їх статус.

Аварійно-рятувальні служби поділяються на державні, комунальні, аварійно-рятувальні служби громадських організацій та аварійно-рятувальні служби підприємств, установ, організацій (об'єктові аварійно-рятувальні служби).

Стаття 9. Створення аварійно-рятувальних служб.

Створення, реорганізація, ліквідація, а також перепрофілювання державних, комунальних та аварійно-рятувальних служб громадських організацій здійснюються за погодженням з центральним органом виконавчої влади з питань НС та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи.

Стаття 12. Комплектування та підготовка особового складу аварійно-рятувальних служб.

Особовий склад професійних аварійно-рятувальних служб комплектується на контрактній основі і поділяється на основний та допоміжний.

Постанова Кабінету міністрів України “Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв’язку у надзвичайних ситуаціях.

Одним із міроприємств цивільної оборони є оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний та воєнний час, постійне інформування його про стан наявної обстановки.

З метою виконання завдання у всіх ланках міських і позаміських пунктів на основі автоматизованих систем централізованого оповіщення, мережі зв'язку та радіомовлення, а також спеціальних заходів створюється система оповіщення та інформаційного забезпечення. Вона являє собою комплекс організаційно-технічних засобів для передачі відповідних сигналів і розпоряджень органам державної виконавчої влади, адміністрації підприємств, установ і організацій, силам цивільної оборони і населенню. Автоматизована система оповіщення та інформаційного забезпечення створюється на базі загальнодержавної мережі зв'язку та радіомовлення і поділяється на державну і регіональну. Система має забезпечити циркуляційне оповіщення посадових осіб із застосуванням для цього міської телефонної мережі, засобів радіомовлення і телебачення.

Система оповіщення та інформаційного забезпечення використовується централізовано.

Оповіщення підпорядкованих штабів, сил цивільної оборони і населення організує вищестоячий штаб.

Для надійного і сталого управління процесами захисту населення у надзвичайних ситуаціях і виконання інших функцій, передбачених планами на воєнний час, використовується державна система пунктів управління: на державному рівні - пункт, який має бути захищений, обладнаний засобами зв'язку і життєзабезпечення, з цілодобовим чергуванням, розташований безпосередньо в місці дислокації Адміністрації Президента та Кабінету Міністрів України, що утримується за рахунок державного бюджету. Режим роботи, а також чисельність особового складу, який має працювати на зазначеному пункті управління, а також на запасному пункті управління в позаміській зоні, визначаються у порядку, що встановлюється Кабінетом Міністрів України; на рівні міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади - запасні пункти управління в позаміській зоні, які утримуються за рахунок коштів, що виділяються на утримання міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади; на

обласному рівні та в Республіці Крим - по два запасних пункти: один - в місті, де розташовано орган, що здійснює керівництво цивільною обороною на даному рівні, і один у позаміській зоні. Ці пункти повинні мати захисні споруди, бути обладнаними засобами зв'язку і оповіщення, системами життєзабезпечення. Утримуються вони на балансі відповідного органу державної виконавчої влади. На інших адміністративних рівнях пункти управління створюються за місцем дислокації органу, що здійснює керівництво цивільною обороною на даному рівні, в одному з сховищ об'єкта народного господарства.

Мінзв'язку забезпечує органи управління цивільної оборони зв'язком з організацією централізованого використання загальнодержавних і відомчих засобів зв'язку (за погодженням з відповідними міністерствами та іншими центральними органами державного і галузевого управління); розробляє та здійснює заходи для забезпечення надійного захисту і сталої роботи державних і галузевих мереж і підприємств зв'язку, технічних засобів зв'язку та оповіщення; забезпечує розвиток та удосконалення мережі зв'язку у позаміській зоні (з урахуванням структури управління цивільної оборони, а також галузевих автоматизованих систем управління); здійснює разом із Укртелерадіокомпанією і Штабом Цивільної оборони України, а також із заінтересованими міністерствами та іншими центральними органами державної виконавчої влади організаційно-методичне керівництво створенням і підтримкою готовності територіальних і локальних мереж оповіщення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій; забезпечує на договірних умовах експлуатаційно-технічне обслуговування стаціонарних засобів зв'язку та оповіщення на підприємствах зв'язку і в штабах цивільної оборони. Вказівки Мінзв'язку щодо забезпечення сталої роботи засобів зв'язку в інтересах цивільної оборони обов'язкові для усіх міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, підприємств, установ і організацій.

ВИСНОВКИ

У ході вивчення та дослідження теми технічної діагностики системи змащення дизельних двигунів в магістерській роботі було отримано значущі результати та зроблені важливі висновки, які розширюють розуміння процесів в області технічної діагностики та підтримки дизельних двигунів.

В першу чергу, було встановлено, що використання різноманітних методів технічної діагностики, таких як вібраційний аналіз, термографія та аналіз масла, дозволяє ефективно визначати стан систем змащення. Це стає ключовим чинником у попередженні потенційних поломок та підвищенні надійності дизельних двигунів.

Розроблене програмне забезпечення для обробки та аналізу даних забезпечує зручний і автоматизований процес діагностики, що робить можливим швидке реагування на виявлені аномалії і прийняття вчасних заходів.

Важливим аспектом висновків є те, що ефективні методи технічної діагностики сприяють зменшенню часу простою та витрат на ремонт, що в свою чергу призводить до збільшення продуктивності та скорочення витрат експлуатації дизельних двигунів.

Зазначимо також, що робота розглядається в контексті вимог до екологічності та сталого розвитку, і технічна діагностика систем змащення дизельних двигунів виявляється ключовим елементом досягнення цих цілей.

Загалом, отримані результати свідчать про важливість подальших досліджень та впровадження нових методів технічної діагностики для підтримки оптимальної експлуатації та тривалості служби дизельних двигунів у контексті сучасних вимог до технічної ефективності та сталості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
2. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту / О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, А.Б. Гупка, Л.М. Слободян, Б.Р. Гевко, Р.В. Хорошун // ЛНТУ, Том 2 № 21 (2023): сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк, - 2023. с. 135-144.
3. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCPТ 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gypka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с

9. Параметрична модель фрикційного контакту / Р.Я. Лещук, І.Т. Ярема, А.Б. Гупка // 16-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 18 травня – 19 травня 2023 р.) : Матеріали симпозіуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2023. с. 58.

10. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.