

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого магістерського рівня**

на тему: **«Удосконалення експрес-діагностування моторних олив
вантажного автомобіля»**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Іванів І.В.

(Прізвище та ініціали)

Керівник:

Рубан П.П.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент:

Паславський Р.І.

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 621.433.052

Іванів І.В. «Удосконалення експрес-діагностування моторних олив вантажного автомобіля».

//Кваліфікаційна робота. – Дубляни: Львівський національний університет природокористування. 2024. – 92с.

Встановлено, що при однаковому об'ємі системи мащення у форсованих двигунах збільшується приріст температури оливи, що веде до інтенсифікації процесів його старіння і підвищення інтенсивності зношування деталей двигуна.

Експериментально визначено параметри залежностей основних показників моторної оливи від напрацювання і об'єму його доливання в картер форсованих двигунів КАМАЗ -Євро. Встановлено, що при реальних режимах доливання оливи його температура змінюється на 13 -14 °С. Це впливає на інтенсивність зміни технічного стану двигуна.

Використання практичних рекомендацій з підтримки функціонального стану системи мащення форсованих двигунів КАМАЗ -Євро (з об'ємом доливу 1,8-2 л. при періодичності 1 тис. км. або з використанням розробленого регулятора рівня оливи в картері) забезпечує економічний ефект в середньому 16200 грн. на один двигун КАМАЗ -Євро в рік.

Таблиць 4; рисунків 12; бібліогр. джерел 42

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1.АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОЛИВ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДИЗЕЛІВ.....	9
1.1. Етапи розвитку мастильних систем автомобільних дизелів.....	9
1.2. Аналіз використовуваних мастильних систем.....	13
1.2.1. Мастильна система дизеля КАМАЗ -740.....	13
1.2.2. Мастильна система дизелів КАМАЗ -Євро-2, 3.....	16
1.3. Аналіз закономірностей старіння оливи в процесі експлуатації.....	18
1.4. Методи визначення нормативів профілактики мастильної системи двигуна.....	31
Висновки по розділу.....	33
2. АНАЛІТИЧНА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ОЛИВИ В КАРТЕР НА НАДІЙНІСТЬ ДВИГУНА.....	35
2.1. Сутність механічних втрат і їх розмір, процеси тертя, мащення та зношування в вузлах двигунів.....	35
2.2. Призначення добавок до моторних мастил.....	42
2.3. Вплив рівня оливи в картері на об'єм мастильного матеріалу і тепловий режим.....	46
2.4. Аналітичне дослідження режиму оливного голодування вузлів двигуна.....	50
2.5. Аналітичне дослідження режиму спінювання оливи в картері.....	52
2.6. Вплив режиму доливання оливи на ефективність профілактики системи мащення двигуна.....	56
Висновки по розділу.....	61

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	62
3.1. Програма та загальна методика роботи.....	62
3.2. Методика аналітичного дослідження.....	64
3.3 Технічна база досліджень і методи визначення показників.....	64
3.4 Методика експериментального дослідження.....	69
3.5 Висновки до розділу.....	72
4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ...	73
4.1 Залежності показників стану оливи від напрацювання.....	73
4.2 Вплив об'єму доливання оливи на періодичність його заміни і надійність двигуна.....	77
Висновок по розділу	79
5.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	81
5.1. Нормативно-правова основа охорони праці.....	81
5.2. Структурно функціональний аналіз процесів ультразвукової очистки електромагнітних форсунок автомобільних двигунів.....	83
5.3. Умови і обставини появи небезпечних ситуацій та їх наслідки.....	84
5.4. Проектування логічно-імітаційної моделі виникнення травм в процесі процесі визначення властивостей моторних олив	87
5.5. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	89
Висновки за розділом.....	94
6 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ.....	95
6.1 Аналіз системи мащення двигунів КАМАЗ - 740 і КАМАЗ-ЄВРО	95
6.2 Практичні рекомендації з регулювання рівня оливи в картері двигуна ...	98
6.3 Техніко-економічна оцінка ефективності роботи	102
Висновки по розділу	102
ВИСНОВКИ.....	104

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....105

ВСТУП

Одним із шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобілів є вдосконалення системи технічних обслуговувань і ремонту для забезпечення і збереження в експлуатації необхідних показників надійності та зниження витрат на підтримку працездатності двигунів.

Постійне зростання вимог до підвищення ефективності експлуатації автомобілів веде до інтенсифікації форсування двигунів, що, в свою чергу, є причиною підвищення термонапруги деталей, погіршення умов роботи моторної оливи, збільшення його чаду, прискорення спрацьовування присадок, підвищення інтенсивності зношування тертьових пар, лако- і нагароутворення, що веде до зниження ресурсу двигуна.

Працездатність двигунів багато в чому залежить від правильного функціонування системи мащення або її функціонального стану. Під функціональним станом розуміється стан системи, при якому вона здатна виконувати свою основну функцію - мінімізувати зношування з'єднаних деталей за рахунок нормалізації режимів тертя між ними, а також виключати термічні деформації найбільш навантажених елементів шляхом відводу від них надлишкового тепла.

Підтримання необхідного рівня оливи в картері двигуна покликане забезпечувати необхідний температурний режим деталей двигуна, винос продуктів спрацювання з пар тертя, а також оптимальні умови мащення за рахунок присутніх в оливі присадок. В процесі експлуатації відбувається зменшення об'єму оливи в картері з-за витоків і чаду, а також зміна його властивостей внаслідок старіння. Це призводить до порушення функціонального стану системи мащення, підвищенню температури оливи, порушення нормального режиму мащення та інтенсифікації зношування деталей.

Виконання періодичної профілактики системи мащення (наприклад, долив оливи до необхідного рівня) дозволяє відновлювати її функціональний стан, знизити температуру оливи, оновити присадки, що, в цілому, підвищить ресурс двигуна.

Однак, в даний час недостатньо науково обгрунтовані параметри режиму доливання (періодичність та об'єм) моторної оливи у форсованих автомобільних дизельних двигунах, значна кількість таких двигунів тривало експлуатується з не раціональним об'ємом оливи, що призводить до скорочення ресурсу.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності експлуатації форсованих автомобільних двигунів за рахунок підтримки функціонального стану системи мащення в експлуатації, є актуальними.

Об'єкт дослідження - процеси зміни технічного стану деталей і параметрів системи мащення автомобільних двигунів в експлуатації.

Предмет дослідження - закономірності зміни показників моторної оливи в процесі експлуатації форсованих двигунів КАМАЗ -Євро.

Метою роботи є зниження експлуатаційних витрат автомобільних форсованих дизельних двигунів за рахунок зменшення інтенсивності погіршення технічного стану деталей і старіння оливи на основі підтримки функціонального стану системи мащення шляхом регулювання об'єму оливи в картері.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- дослідити процес старіння моторної оливи від час її експлуатації та зміни технічного стану циліндро-поршневої групи і підшипників колінчастого валу двигуна;
- визначити параметри залежності показників технічного стану двигуна і оливи від об'єму її доливання, уточнити ресурс двигуна і напрацювання до заміни оливи;
- розробити практичні рекомендації з регулювання рівня оливи в картері двигуна;

- 3) здійснити техніко-економічну оцінку ефективності роботи.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОЛИВ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДИЗЕЛІВ

1.1. Етапи розвитку систем мащення автомобільних дизелів

Умови мащення ще більш погіршуються при підвищенні жорсткості роботи дизелів і, відповідно, навантаження на деталі.

Сучасні форсовані автомобільні двигуни мають, як правило, V-подібне розташування циліндрів, що підвищує навантаження на шатунні підшипники.

Форсування двигунів супроводжується поліпшенням їх масових і габаритних показників. Разом з тим значно збільшується величина потужності двигуна в розрахунку на одиницю об'єму оливи в картері, що веде до зростання температури оливи в картері і збільшення витрати оливи на чад.

При форсуванні також відбувається збільшення тиску оливи в підшипниках колінчастого валу в два рази, в сполученні « кільце - гільза » – до трьох разів, температура у верхній поршневої канавці досягає 280 °С, шатунних вкладишів – 160 °С, підшипника турбокомпресора – 280 - 320 °С [26-28]. Все це істотно погіршує умови роботи оливи - знижується її ресурс через більш швидке спрацьовування присадок, підвищується витрата оливи на чад, утворюються лако і нагаро-відкладення на поверхнях деталей, а потрапляння твердих частинок нагару в пари тертя веде до підвищеного зношування деталей. Як видно з вищевикладеного, умови роботи оливи роблять значний вплив на надійність роботи двигуна.

Найбільш ефективними методами забезпечення надійної роботи таких високофорсованих двигунів є:

- застосування сучасних високоякісних моторних оливи;
- введення додаткового охолодження оливи;
- внесення змін до конструкції двигунів;
- поліпшення вентиляції картера.

Досвід експлуатації автомобільного транспорту показує, що знос деталей транспортних засобів є причиною понад 50% усіх відмов в автомобілі [29]. Для двигунів внутрішнього згоряння характерні відмови, пов'язані із зносом, перш за все, поршневих кілець і гільз циліндрів, шатунних і корінних шийок колінчастого валу, вкладишів, а найчастіше в двигунах відбувається задир цих пар тертя.

Нині інтенсивно розвиваються такі напрямки досліджень, як трибологія – наука про тертя і зношування, і триботехніка – їх застосування у вузлах машин. Розвивається молекулярно-механічна теорія тертя і стала теорія зношування, контактено-гідродинамічна теорія змащення твердих тіл. Результати розвитку даних напрямків дозволяють на стадії проектування оцінювати і прогнозувати довговічність вузлів тертя.

Сучасна тенденція двигунобудування спрямована на підвищення агрегатної потужності, в основному на різні способи форсування. Одним з найбільш ефективних і поширених способів форсування є піддув повітря в циліндри двигуна, що дозволяє підвищити потужність в два - три рази і знизити питомі витрати палива. Наслідком цього є підвищення механічної і теплової напруженості деталей двигуна. Тому підвищення частоти обертання колінчастого валу обмежується зростанням інерційних навантажень на деталі і застосування більш досконалої очищення оливи та ін.

Нині асортимент мастильних матеріалів постійно і бурхливо розширюється. Значних успіхів досягнуто у виробництві нових присадок до мастил, масова частка яких в оліях неухильно зростає, що дозволило значно підвищити надійність роботи двигунів (рисунок 1.1) [14, 26-28].

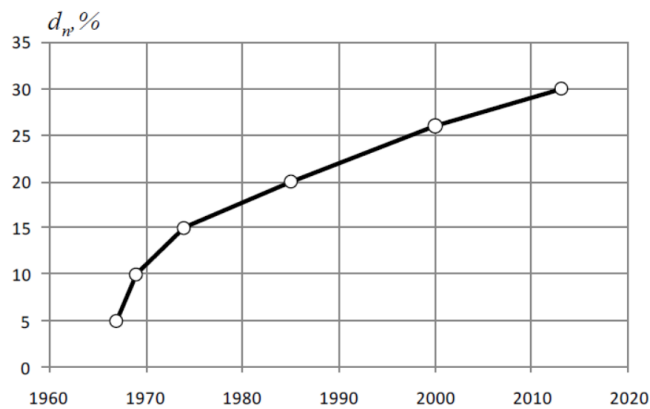


Рисунок 1.1 – Зміна масової частки присадок в оливах за даними [14, 26 -28]

Проте поряд з підвищенням якості оливи для забезпечення надійності роботи двигуна необхідно також і правильне використання оливи. Необхідно розробляти методи оцінки його працездатності в процесі використання, а також забезпечувати в двигуні якісну очистку оливи від утворених в ньому і потраплених ззовні шкідливих речовин.

Аналіз показників ефективності експлуатації вантажних автомобілів дозволив стверджувати, що в структурі собівартості автомобільних перевозок на витрати ТО і Р доводиться 12-15%. Внаслідок цього на забезпечення працездатності автомобіля за весь термін його служби витрачається в 5-6 разів більше коштів, ніж на виготовлення [41, 42].

За статистичними даними 22% парку вантажних автомобілів України представлено автомобілями виробництва ПАТ «КАМАЗ». Дослідженнями надійності автомобілів КАМАЗ встановлено, що на силовий агрегат доводиться від 32% до 37% всіх відмов, в числі яких на двигун - від 25% до 30%. Аналіз структури відмов двигунів в експлуатації показав наявність значної частки (від 45% до 50%) раптових відмов, як правило, через порушення правил технічної експлуатації, конструктивно-технічних недоробок і виробничих дефектів. Враховуючи, що до 60% витрат на ремонт доводиться на усунення відмов силових агрегатів, підвищення надійності двигунів дозволить значно збільшити ефективність експлуатації автомобілів КАМАЗ за рахунок зниження витрат на усунення відмов.

У міру індустріальної модернізації своїх автомобілів ПАТ «КАМАЗ» формує і випускає модельний ряд сучасного сімейства форсованих двигунів, які відповідають екологічним стандартам ЄЕК ООН: EURO - 1, EURO - 2, EURO - 3 і EURO - 4.

Одним з найважливіших показників конкурентоспроможності автомобілів є співвідношення витрат на забезпечення працездатності за весь термін експлуатації до витрат на виготовлення. У розвинених країнах це співвідношення становить в середньому 120%, в той час як в Україні це більше 400%, що і обумовлює проблемну ситуацію

Таблиця 1.1

Основні характеристики двигунів «КАМАЗ»

Найменування параметра, одиниця виміру	Модель двигуна				
	КАМАЗ 740.10	КАМАЗ - 740.11-240	КАМАЗ - 740.13-260	КАМАЗ - 740.30	КАМАЗ - 740.50
Номінальна Потужність, кВт (к.с.)	154 (210)	176 (240)	191 (260)	191 (260)	265 (360)
Тиск оливи в двигуні, кПа (кгс / см ²)	195-388 (3,5-4)	392-539 (4-5,5)	392-539 (4-5,5)	392-539 (4-5,5)	392-539 (4-5,5)
Максимальний обертаючий момент, Н м (кгс м)	667 (68)	833 (85)	931 (95)	1079 (110)	1470 (150)
Діаметр циліндра, мм	120	120	120	120	120
Хід поршня, мм	120	120	120	120	130

Проведемо аналіз конструкції мастильних систем базового двигуна КАМАЗ - 740 і форсованих двигунів КАМАЗ–Євро для виявлення причин у темпах старіння

моторної оливи під час експлуатації та обґрунтуванні кількості її доливання для компенсації чаду.

1.2. Аналіз використовуваних систем масщення

1.2.1. Система масщення дизеля КАМАЗ -740

Система масщення (рис. 1.2.) двигуна - комбінована, з «мокрим» картером [6].

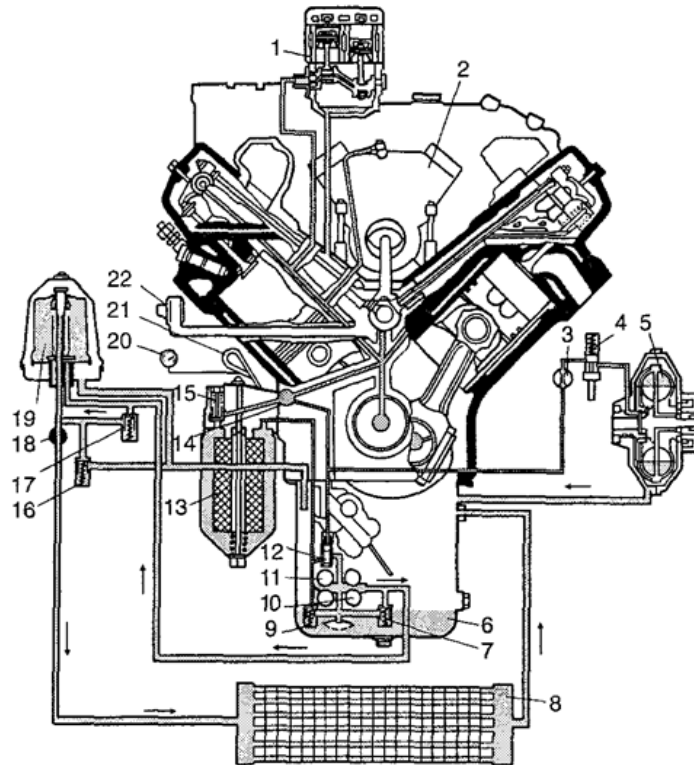


Рис. 1.2

Схема системи масщення дизеля КамАЗ-740:

1 – компресор; 2 – паливний насос високого тиску; 3 – кран умикання гідромуфти; 4 – термосиловий датчик; 5 – гідромуфта привода вентилятора; 6 – піддон; 7 – запобіжний клапан радіаторної секції; 8 – оливний радіатор; 9, 12 – відповідно запобіжний та диференціальний клапани; 10, 11 – відповідно радіаторна й нагнітальна секції оливного насоса; 13 – повнопотоковий фільтр; 14 – головна оливна лінія; 15 – перепускний кран фільтра; 16 – зливальний кран центрифуги; 17 – обмежувач; 18 – кран; 19 – центрифуга; 20 – манометр; 21 – шуп; 22 – сапун

Рисунок 1.2 – Схема системи масщення двигуна КАМАЗ -740

В неї входить оливний насос, два фільтри (відцентровий і повнопотоковий), оливний піддон (основна ємність), оливний радіатор, масляні магістралі, в яких передбачені перепускні та запобіжні клапани і манометр.

Олива під тиском подається до корінних і шатунних підшипників колінчастого валу, до втулок коромисел, до підшипників ПНВД і компресора. До

верхніх сферичним опорам штанг механізму газорозподілу олива подається пульсуючим струменем, а до решти деталей - розбризкуванням або самопливом.

З піддону олива через оливоприймач засмоктується в секції оливного насоса. Через канал в правій стінці блоку олива з секції подається в корпус повнопотокового фільтра, де вона очищається, проходячи через два фільтруючих елемента, і надходить в головну масляну магістраль. З головної масляної магістралі олива по каналах в перегородках блоку підводиться до корінних підшипників колінчастого валу, підшипників розподільного валу, втулок коромисел. До шатунних підшипників колінчастого валу олива подається по каналах в колінчастому валу від найближчої корінній шийки. Олива, що знімається зі стінок циліндра оливознімним кільцем, через отвори в канавці кільця і поршня відводиться всередину поршня і змазує опори поршневого пальця і верхньої головки шатуна.

Каналом в задній стінці блоку і по трубці олива під тиском надходить до підшипників компресора. З каналу в передній стінці блоку передбачений відбір оливи для мащення підшипників паливного насосу високого тиску. З головної масляної магістралі олива під тиском подається до розташованого в передньому торці блоку термосилового датчика і далі, коли включений кран, в гідромумфту. Олива з радіаторної секції насоса надходить до фільтра відцентрової очистки, потім в радіатор, а з нього в піддон. Коли кран закритий, олива з відцентрового фільтра зливається в піддон двигуна через зливний клапан.

Оливний насос двосекційний, шестеренний, продуктивність основної секції 85 л / хв, радіаторної – 16 л /хв. Секція оливного насоса подає олива в систему змащення двигуна, а задня (радіаторна) - у фільтр відцентрового очищення і радіатор.

Запобіжний клапан, що нагнітає секції, відрегульований на тиск 0,8 -0,85 МПа і перепускає оливу з нагнітаючої порожнини у всмоктувальну.

Клапан системи мащення (диференційний) розміщений в корпусі нагнітаючої секції, призначений для обмеження тиску в головній магістралі і відрегульований на тиск початку відкриття 0,4 -0,45 МПа.

Оливний піддон сталевий, штампований, прикріплений до блоку циліндрів болтами з пружинними шайбами. Між піддоном і блоком встановлена герметична резино-пробкова прокладка товщиною 3,0 мм.

Повнопотоковий фільтр очищення оливи прикріплений трьома болтами до правої стінці блоку циліндрів. При збільшенні опору фільтру (при низькій температурі оливи або засміченні фільтруючих елементів) олива, минаючи фільтруючі елементи, надходить через перепускний клапан в головну магістраль. Клапан відкривається, коли різниця тисків до і після фільтруючих елементів досягає 0,25 -0,3 МПа.

Фільтр відцентрової очистки оливи з активно-реактивним приводом ротора, встановлений на передній кришці блока циліндрів з правого боку двигуна. Ротор в зборі з ковпаком приводиться в обертовий рух під дією струменя оливи, яка витікає з щілини – сопла в осі ротора, а також реактивних сил, що виникають на виході оливи з ротора в канал осі через тангенціальні сопла в роторі.

При роботі двигуна олива з радіаторної секції насоса під тиском подається в фільтр, забезпечуючи обертання ротора. Під дією відцентрових сил механічні частки відкидаються до стінок ковпака ротора і затримуються, а очищене олива через отвір в осі трубки ротора надходить в повітряно-оливний радіатор або через зливний клапан в корпусі фільтра, відрегульований на тиск 0,05-0,07 МПа і обмежує максимальний тиск перед центрифугою.

Щоб уникнути порушення балансування ротора при обслуговуванні фільтра на роторі і його ковпаку виконані мітки, які повинні співпадати при його складанні.

Оливний радіатор трубчасто-пластинчатий, дворядний, повітряного охолодження. При температурі вище 0 ° С, а також при роботі автомобіля в тяжких дорожніх умовах необхідно включати оливний радіатор, відкриваючи кран, що

знаходиться на корпусі фільтра відцентрової очистки оливи. При температурі нижче 0 °С рекомендується вимикати оливний радіатор.

Система вентиляції картера відкрита, гази проходять через сапун-уловлювач відокремлює частинки оливи від газів.

1.2.2. Система мащення дизелів КАМАЗ -Євро-2, 3

Система мастильна двигуна комбінована, з «мокрим» картером (рисунок 1.3). Олива під тиском подається до корінних і шатунних підшипників колінчастого валу, до підшипників розподільного валу, втулок коромисел, до підшипників паливного насоса високого тиску, компресора і турбокомпресорів.

Система змащування включає в себе оливний насос, картер оливи, фільтр очищення оливи, водооливний теплообмінник, масляні канали в блоці і головках циліндрів, передній кришці і картері маховика, зовнішні мастилопроводи, оливозаливну горловину, клапани для забезпечення нормальної системи та контрольні прилади.

Олива з оливного картера через оливоприймач надходить в оливний насос, з якого через канал в правій стінці блоку циліндра вона подається в фільтр очищення оливи. Далі вона потрапляє через водооливний теплообмінник в головну масляну магістраль, звідки по каналах в блоці і головках циліндрів направляється до корінних підшипників колінчастого валу, форсунок охолодження поршнів, втулок коромисел і верхніх наконечників штанг штовхачів. До шатунних підшипників колінчастого валу олива подається по отворах всередині валу від найближчої корінній шийки. Через канали в задній стінці блоку циліндрів і картері маховика олива під тиском надходить до підшипників: компресора паливного насоса і турбокомпресорів, через канали в передній стінці блоку – до підшипників паливного насоса високого тиску. Передбачено відбір оливи з головної магістралі для подачі до вмикача гідромуфти.

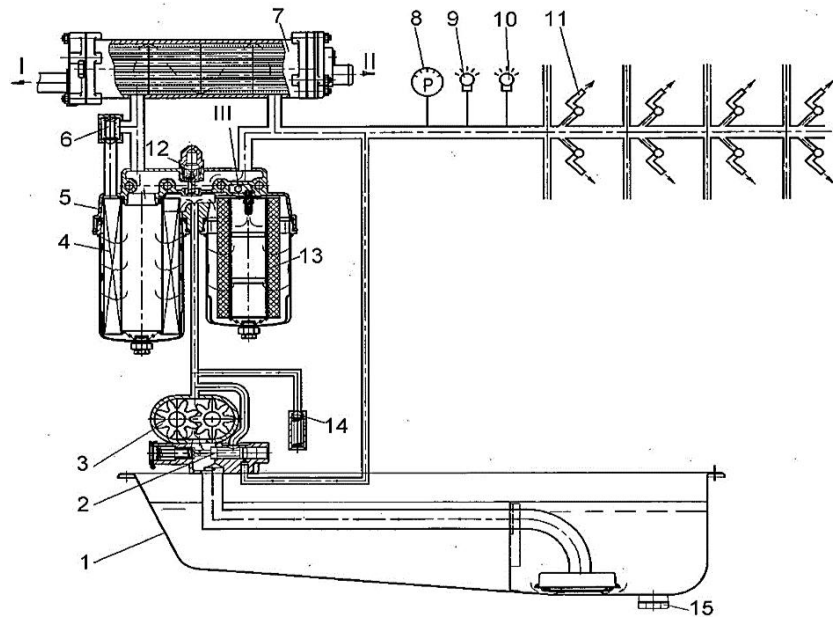


Рисунок 1.3 – Схема системи мащення двигунів КАМАЗ - СВРО

1 - оливний картер; 2 - клапан системи мащення; 3 - оливний насос; 4 - повнопотоковий елемент фільтра; 5 - оливний фільтр; 6 - перепускний клапан; 7 - водооливний теплообмінник; 8 - показчик тиску оливи; 9 - сигналізатор аварійного падіння тиску оливи; 10 - сигналізатор перегріву оливи; 11 - форсунки охолодження поршнів; 12 - термодіафрагма; 13 - частково-поточковий елемент фільтра; 14 - клапан запобіжний; 15 - пробка зливного отвору; I - відведення охолоджуючої рідини; II - підведення охолоджуючої рідини; III - злив в оливний картер

Односекційний оливний насос підвищеної продуктивності [150 л/хв] подає оливу в головну масляну магістраль двигуна. У корпусі насоса встановлені редукційний і диференційний клапан. Редукційний клапан призначений для обмеження максимального тиску на виході з насоса, відрегульований на тиск відкриття 0,85-0,89 МПа. Диференціальний клапан, що спрацьовує при тиску 0,4 - 0,45 МПа, призначений для обмеження тиску в головній масляній магістралі. Фільтр оливи складається з двох ковпаків, в яких встановлені повно-поточний і частково-поточний фільтруючі елементи. У корпусі фільтра також розташований

перепускний клапан, що перепускає неочищену оливу в головну магістраль, минаючи фільтруючий елемент, при низькій температурі оливи або значному засміченні фільтруючих елементів при перепадах тиску на елементах 0,25-0,30 МПа. Очищення оливи у фільтрі комбінована. Через повно-поточний фільтро-елемент проходить основний потік оливи перед надходженням до споживачів, тонкість очищення оливи при цьому становить 40 мкм. Через частково -поточний фільтроелемент проходить 3-5 л/хв, де видаляються домішки розмірами більше 5 мкм. З частково-поточного елемента олива зливається в картер. При такій схемі досягається високий ступінь очищення оливи від домішок.

Водо-оливний теплообмінник кожухо-трубного типу, збірний. У середині трубок проходить охолоджуюча рідина із системи охолодження двигуна, зовні - олива. Для кращого охолодження внутрішня поверхня трубки має ребристу поверхню. Потік оливи в теплообміннику чотири рази перетинає трубки з водою, чим досягається висока ефективність охолодження оливи.

1.3. Аналіз закономірностей старіння оливи в процесі експлуатації

Знос деталей двигуна, термін служби оливи залежать від її фізико-хімічних властивостей, інтенсивності заміни в процесі старіння. При температурі оливи вище критичної на поверхні тертя різко зростає інтенсивність зношування. В процесі експлуатації під дією підвищеної температури оливи прискорюється процес її старіння, зниження змащувальних властивостей. Тому при експлуатації автомобілів необхідно знати і враховувати закономірність старіння оливи в агрегаті в часі і вплив старіння на експлуатаційні властивості оливи.

За даними [1], схема факторів і складових, що визначають інтенсивність старіння моторної оливи, наведена на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 - Схема забруднення оливи при роботі дизеля

Найбільш інтенсивне старіння оливи відбувається в зоні поршневих кілець двигуна, де тонка плівка оливи має високу температуру і концентрацію продуктів згорання палива, особливо сірчастого палива. В результаті нейтралізації кислих сполук продуктів сірчастого палива знижується лужність оливи. Оксиди сірки в присутності води дають сірчисті, сірчані кислоти, які, в свою чергу, при взаємодії з вуглеводнями оливи і продуктами їх окислення утворюють сульфатні кислоти.

Ще одним місцем найбільш інтенсивного старіння оливи в двигуні є турбокомпресор. Температура газів на вході в турбінну досягає 700-1000 °С, що веде до перегріву корпусу турбокомпресора, в тому числі і підшипникового вузла. Після зупинки двигуна вал ротора турбокомпресора продовжує обертатися ще близько 20-30 с. без подачі оливи в підшипниковий вузол. Внаслідок «теплого удару» олива в підшипниковому вузлі нагрівається до 200 – 220 °С, при тому, що для сучасних олив критичною температурою, при якій відбувається коксування, є

150 -160 °С. При такій термонагрузці оливи вкрай швидко утворюють нагар - і лакоутворення на деталях підшипникового вузла, виводячи турбокомпресор з ладу.

При надмірному перегріванні оливи особливо небезпечними продуктами окислення є окисикислоти і асфальтени, не розчинні в оливі. Вони забивають кільцеві канавки і викликають пригорання поршневих кілець, заклинювання валу ротора турбокомпресора. Нейтралізує дію присадки засновано на взаємодії металу присадки з кислими продуктами згоряння палива або окислення оливи. Схема процесів окислення вуглеводнів оливи приведена на рис. 1.5.

В процесі експлуатації двигуна з постійною кількістю оливи G в масляній системі (при доливів оливи), кількість лужної присадки залежить від вихідної z_0 кількості, інтенсивності витрати α_z лужної присадки, віднесеної до всієї кількості оливи в системі в частках одиниці z ., на нейтралізацію продуктів окислення, інтенсивності чаду Q_y і доливання Q_d оливи [1, 26-28].

За пробіг dl кількість лужної присадки зменшується на dc в одиниці об'єму оливи або Gdc у всьому об'ємі. Таке зменшення відбудеться через витрати лужної присадки на нейтралізацію продуктів окислення за цей пробіг $\alpha_z cdl$, втрати лужної присадки зі згорілим оливам $Q_y cdl$ і надходження лужної присадки при доливанні оливи $Q_d c dl$; оскільки $Q_y = Q_d = Q$

$$Gdc = \alpha_z cdl + c_0 Qdl. \quad (1.1)$$

Інтенсивність, частку одиниці пробігу на α_z витрати одиниці лужної нейтралізації продуктів присадки окислення приймають пропорційно вмісту сірки в паливі і витраті палива.

Після математичних перетворень і рішення рівняння спочатку щодо l отримують залежність лужності z від пробігу l :

$$c = \frac{c_0 \left(Q + \alpha_c e \frac{Q + \alpha_c l}{G} \right)}{Q + \alpha_c}. \quad (1.2)$$

При тривалій роботі двигуна без заміни оливи з доливом, рівним його чаду, рівень лужності практично не залежить від кількості оливи в системі, а залежить тільки від початкової лужності z_0 і параметрів Q і α_z - витрати лужності за одиницю пробігу в частках одиниці лужності, віднесеного до всієї кількості оливи в системі, $\alpha_c = C'G / l$, де z - частка одиниці лужності оливи, що витрачається на нейтралізацію продуктів окислення.

При зниженні лужності нижче значення z_n збільшується корозійний знос із-за неповної нейтралізації кислот. Тому, якщо рівень початкової лужності z_0 великий, а $z > z_n$ при значному пробігу, то термін заміни оливи визначається накопичення забруднень.

Інтенсивність експоненціального зниження концентрації лужної присадки в процесі експлуатації залежить від теплового режиму сполучень двигуна, забруднення оливи, якості палива. Тому в міру форсування дизелів підвищуються вимоги до композиції присадок і до періодичності заміни оливи.

Нині в хімотології відсутній єдиний підхід або одиничний показник, що характеризує якість працюючої моторної оливи, для відновлення його властивостей або заміни по фактичному стану. Для оцінки якості працюючої моторної оливи існує безліч методів які передбачають використання того чи іншого фізико-хімічного показника, різні комбінації показників, як критерії оцінки його працездатності. Однак результати даних досліджень і розроблені методи спрямовані, в основному, на вирішення завдань своєчасної заміни оливи, які відпрацювали свій ресурс.

В процесі старіння в оливі накопичуються продукти згоряння палива, згоряння і розкладання присадок, що утворюють продукти окислення, які при

фізико-хімічних аналізах можуть характеризуватися зміною змісту нерозчинного осаду, лужного числа, кислотного числа працюючої оливи.

Лужне і кислотне число, як свіжої, так і працюючої оливи, є найважливішими показниками, що свідчать про зміст і спрацьовування присадок в оливі. Так, в ряді відомих технологій продовження термінів служби моторних олив і їх заміни по фактичному стану, лужне число розглядається як основний бракувальний показник [31].

Для експрес-оцінки експлуатаційних властивостей робочих моторних олив пропонується використовувати сукупний показник якості, що відображає і стан властивостей олив в динаміці і якість очищення від продуктів старіння. Застосування такої методики дозволяє відмовитися від регламентної неефективної заміни оливи і продовжити термін його служби. Як сукупний показник якості в роботі прийнятий показник $СК_{рмм}$, що характеризує взаємозалежність і взаємозв'язок стану оливи параметрів технологічного процесу очищення працюючих моторних олив від продуктів старіння. Він виражається сумою одиничних оціночних показників. Застосування цього показника підвищує адекватність оцінки властивостей оливи в умовах реальної експлуатації сільськогосподарської техніки.

Таким чином, запропонований сукупний показник характеризує якість очищення працюючої моторної оливи за вмістом нерозчинних забруднень (смола, асфальтенів, карбенів, карбоїдів) продуктів старіння і лужного числа, як показника запасу експлуатаційних властивостей. Це дозволяє оптимізувати технологічний процес очищення працюючих моторних олив від продуктів старіння шляхом визначення оптимальних параметрів засобів очищення оливи без їх зливу з картерів двигунів внутрішнього згоряння [13].

В зв'язку з форсуванням двигунів все більш актуальною стає проблема відкладення на деталях, які діляться на три основних види - нагар, лаки і осади [26-28]:

- нагар – це тверді вуглецеві речовини на поверхнях камери згоряння, відкладення яких залежать від температури і обумовлює всі види ненормального згоряння суміші;

- лаки – продукти окислення тонких масляних плівок на поверхні деталей циліндро-поршневої групи під дією високої температури. Найбільш небезпечно лакоутворення в сполученнях кілець і поршня, а також в зоні кілець ущільнювачів турбокомпресора, що викликає їх закоксування (втрату рухливості), що також погіршує теплопередачу до поршня і тепловідвід від нього;

- осадки утворюються на деталях двигуна найчастіше в умовах зимової експлуатації, при частих пусках і зупинках і їх кількість залежить від якості моторної оливи.

В основі старіння оливи лежать процеси окислення, полімеризації і розкладання вуглеводнів, які супроводжуються забрудненням. Розрізняють такі види окислення оливи в двигунах: в товстому шарі - в піддоні картера; в тонкому шарі - на поверхні гарячих деталей; в туманному (краплинному) стані в циліндро-поршневій і клапанній групах. Окислення в товстому шарі утворює осадки у вигляді шлаків, а в тонкому шарі - у вигляді лаків.

Окислення вуглеводнів моторних оливи може йти за двома основними напрямками, продукти окислення за якими є різні (рисунк 1.6). Продукти окислення по першому шляху є кислотними, які викликають осадки і при знижених температурах. Продукти окислення за другим напрямком - нейтральні, з яких утворюються лаки і нагар.

Проведеним аналізом факторів, що впливають на інтенсивність різних відкладень на деталях двигунів, отримано, що лінійно збільшувалася кількість механічних домішок, коксове число і зольність та знижувалися кислотність (рисунки 1.7 -1.10).

При підвищенні температури днища поршня від 100 до 300 °С товщина нагару знизилася майже в чотири рази (рисунки 1.11 - 1.12), що пояснюється

випалюванням нагару при підвищеній температурі. Твердість же нагару підвищилася у 8-9 разів через спікання нагару при високій температурі.

Лакоутворення на поверхнях поршнів двигунів збільшується зі зростанням температури (рис. 1.13 - 1.14). При цьому температура підвищення лакоутворення на зовнішніх поверхнях знижується в результаті видалення лаку в результаті тертя.

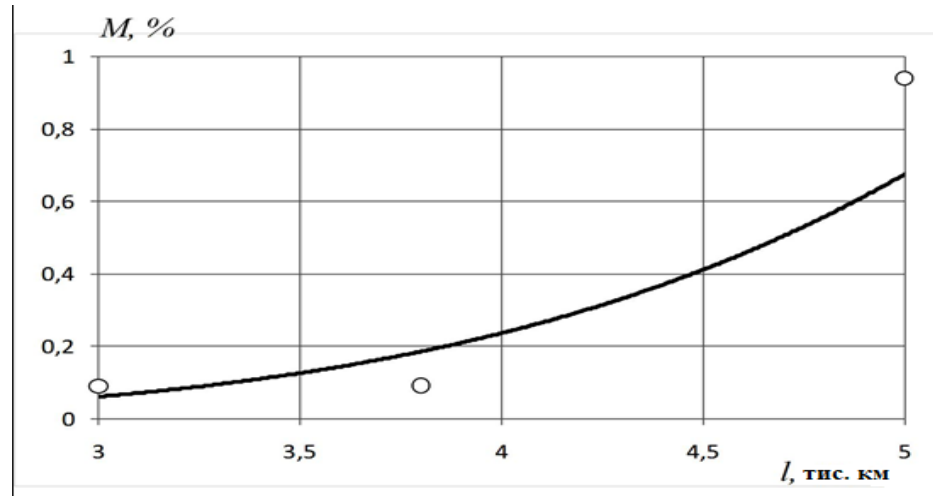


Рисунок 1.7 - Залежність змісту механічних домішок від напрацювання оливи в двигуні ЗМЗ -402.10

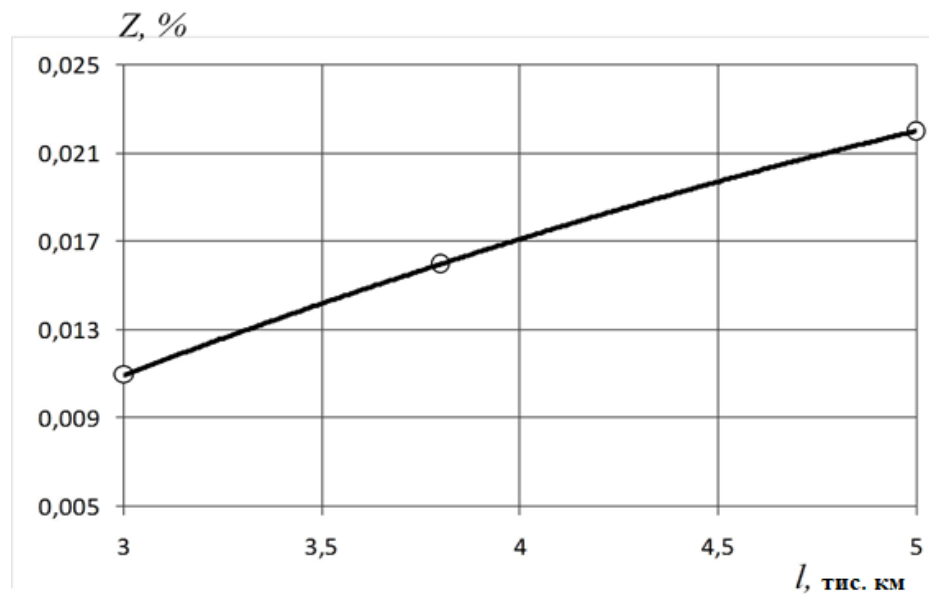


Рисунок 1.8 - Залежність вмісту золи від напрацювання оливи в двигуні

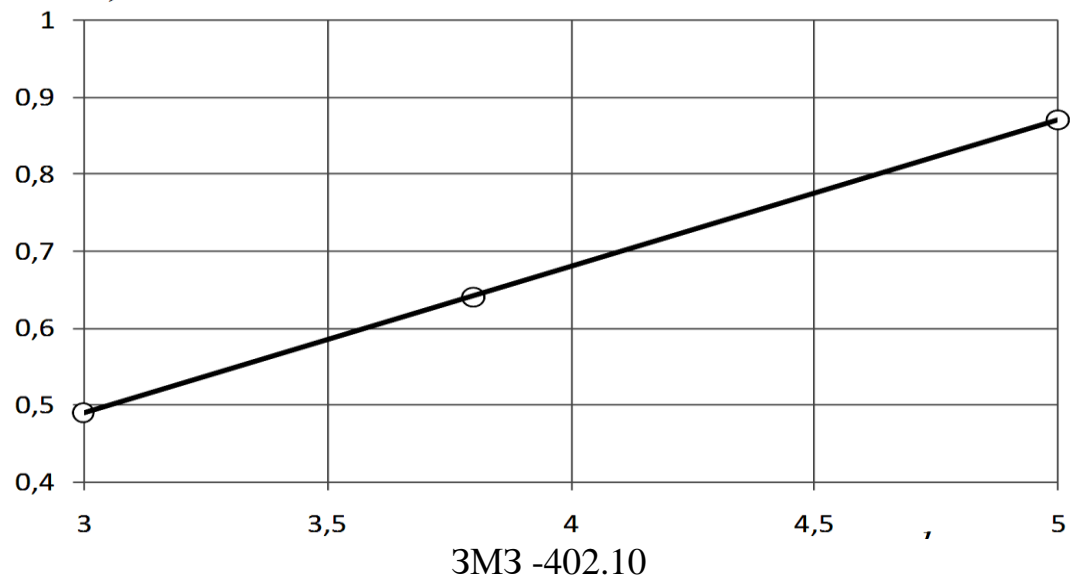


Рисунок 1.9 - Залежність змісту коксу від напрацювання оливи в двигуні

ЗМЗ -402.10

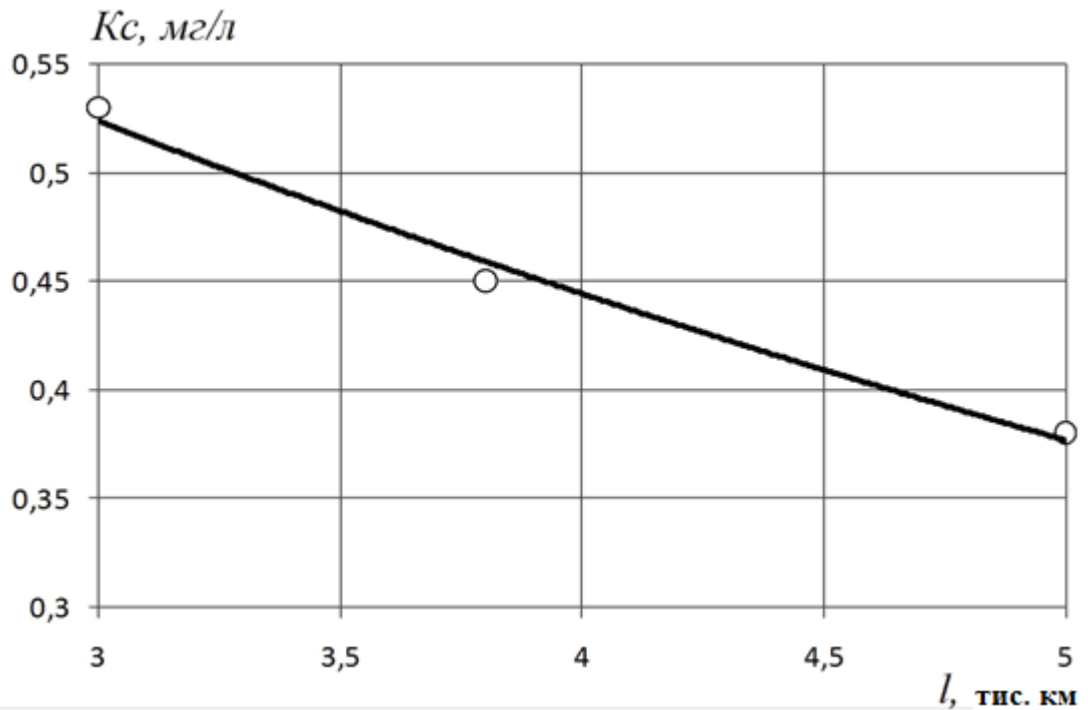


Рисунок 1.10 - Залежність кислотності від напрацювання оливи в двигуні

ЗМЗ -402.10

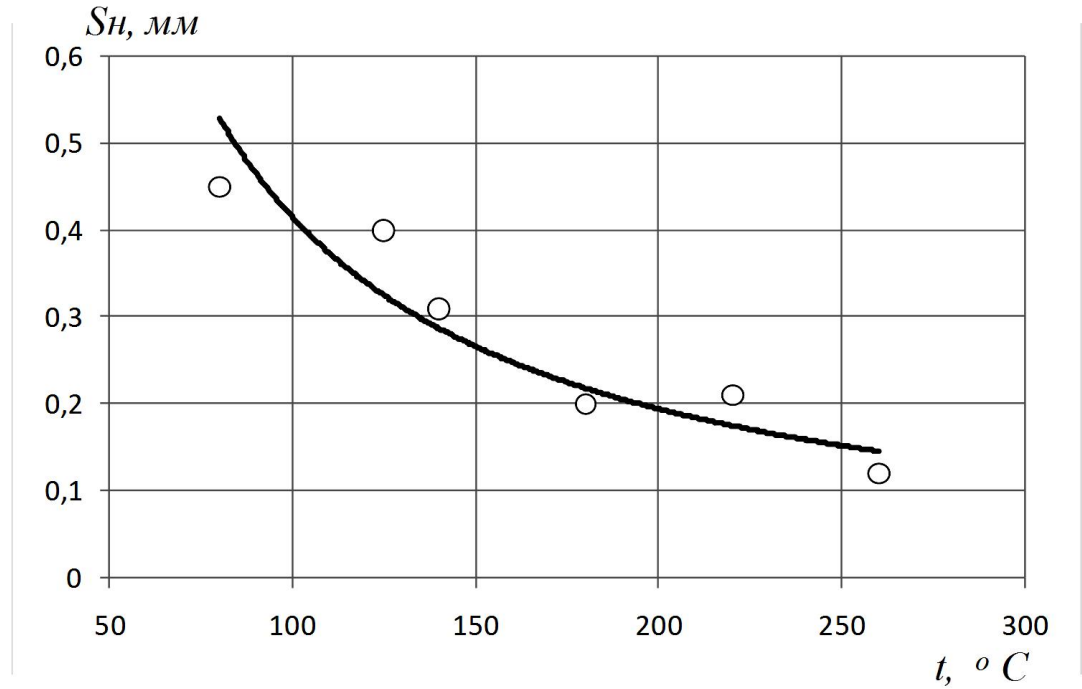


Рисунок 1.11 - Залежність товщини нагару на поверхні днища поршня двигуна ЗМЗ -5234.10 від температури оливи

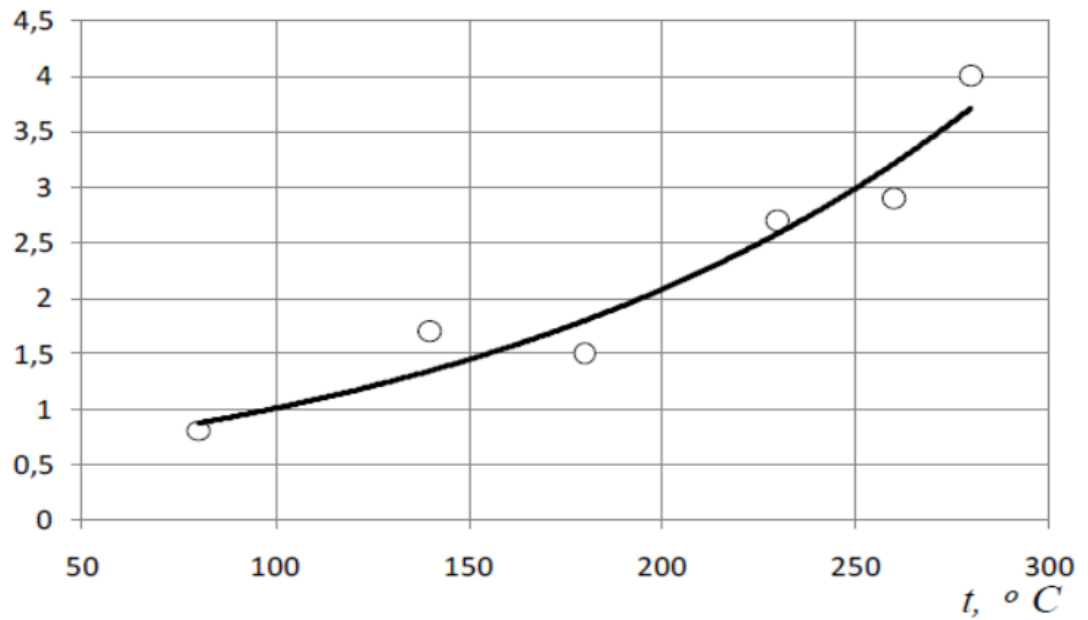


Рисунок 1.12 - Залежність твердості нагару (в балах за нормами 344-Т) на поверхні днища поршня двигуна ЗМЗ - 5234.10 від її температури

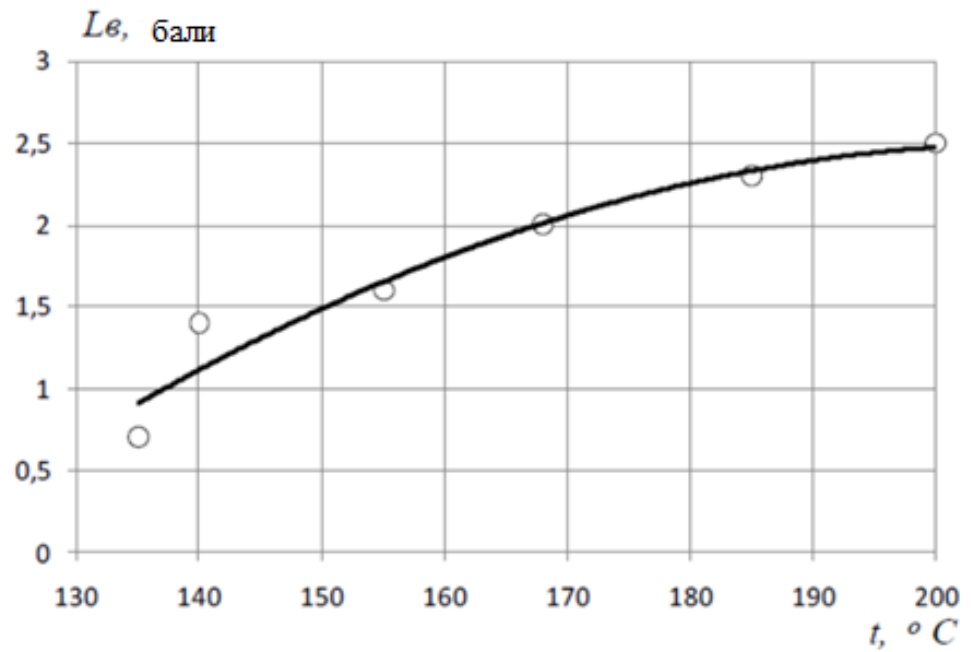


Рисунок 1.13 - Залежність відкладень лаку (в балах за нормами 344-Т) на внутрішній поверхні поршня двигуна ЗМЗ - 5234.10 від температури оливи

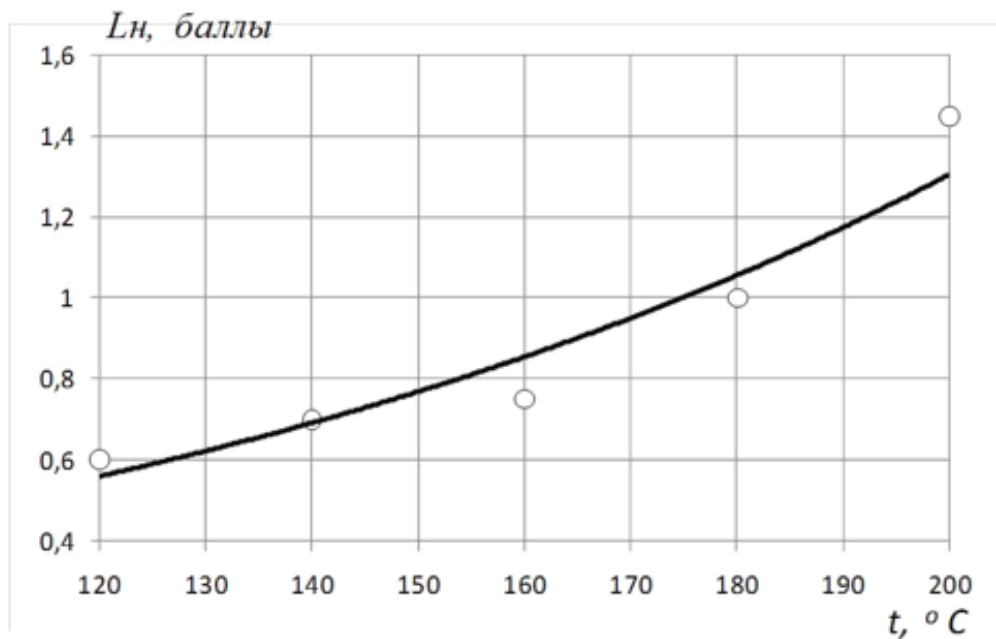


Рисунок 1.14 - Залежність відкладення лаку (в балах за нормами 344-Т) на зовнішній поверхні поршня двигуна ЗМЗ - 5234.10 від температури оливи

Закономірне збільшення відкладень лаків на внутрішній (неробочий) поверхні поршнів викликає зменшення тепловідведення в оливі при збільшенні наробітку. Це викликає поступове збільшення температури двигуна в міру наближення напрацювання до заміни оливи при черговому ТО -2 автомобіля.

Осадоутворення на поверхнях картера і клапанної кришки при підвищенні температури поверхонь зменшується внаслідок зниження вмісту води в картерних оливи (рисунки 1.15 - 1.16).

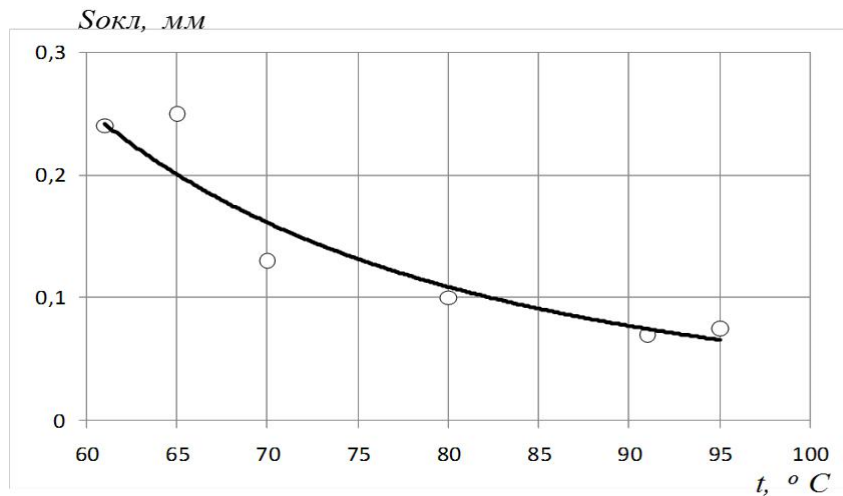


Рисунок 1.15 - Залежність товщини відкладень опадів на поверхні картера двигуна ЗМЗ -5234.10 від її температури оливи

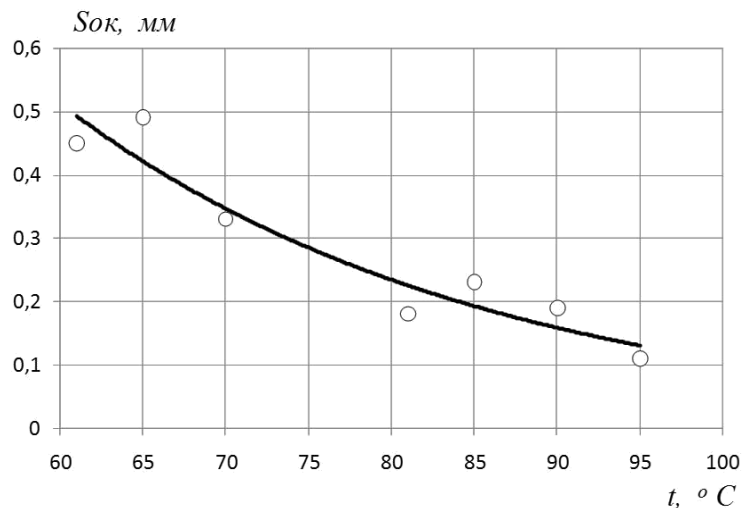


Рис. 1.16 - Залежність товщини відкладень осадів на поверхні клапанної кришки двигуна ЗМЗ-5234.10 від температури оливи

Додатковими факторами, що впливають і на склад і характеристики моторної оливи в процесі експлуатації, є її витрата і кількість долитої свіжої оливи. На витрату оливи крім умов експлуатації впливають технічний стан двигунів і якість його технічного обслуговування. У фахівців з оливи існує думка, що 50% спрацювання двигуна припадає на останні 20% терміну служби оливи [145]. Таким чином, вважається, що основним завданням збереження працездатності двигуна є визначення моменту, коли олива відпрацювала 80% свого ресурсу, щоб забезпечити своєчасний його злив і заміну у з одночасною заміною оливного фільтра.

У зв'язку з цим великий інтерес представляють методи оцінки стану напрацювання оливи і визначення її граничного стану, а також періодичність заміни оливи (таблиці 1.2 - 1.3).

Таблиця 1.2

Періодичність заміни моторних оливи різних фірм

Фірма виробник	Паливо, олива	умови експлуатації	інтервали для різних моделей, км
CATERPILLAR	малосірчисте, CG-415W-40 API CG-4	магістралі легкі нормальні важкі	40000 43400-51500 35400-40000 24000-29000
CUMMINS	вміст сірки до 0,5%	магістралі, місто (часті зупинки, зворушення) короткі пробіги	19200-24000 9600-19200 9600-19000
DETROIT DEISEL	вміст сірки до 0,5%	магістралі, місто (часті зупинки, зворушення) короткі пробіги	16000 6400 6400-12500

Таблиця 1.3

Граничні значення показників стану моторної оливи

Показники	Detroit Diesel	Caterpillar	Cummins
В'язкість при 100 ° С, мм ² /с	-	+/-3	+/-4
В'язкість при 40 ° С, мм ² /С - збільшення,%, макс - зниження,%, макс.	40 15	-	-
Розведення паливом, %, макс.	2,5	4,0	5,0
Температура спалаху, °С/хв	Зниження на 20°С, макс.	204	-
Вміст води,%, макс	0,3	0,5	0,2
Нерозчинні включення, розчинник-пентан, % мас.	1,0	-	-
Сажа, термогравіметрія, % мас, макс.	1,5	-	1,5

Наведені дані мають значну варіацію, оскільки засновані на різних методах визначення. Тому доцільно проаналізувати методи і критерії визначення періодичності заміни оливи.

1.4. Методи визначення нормативів профілактики системи мащення двигуна

Періодичність заміни оливи, як основної складової операції ТО - це нормативне напрацювання (в кілометрах пробігу або години роботи) між двома послідовно проведеними роботами ТО [124]. Методи визначення періодичності ТО поділяються на найпростіші, аналітичні, засновані на результатах спостережень і заснованих на закономірностях технічної експлуатації автомобілів та імітаційні, засновані на моделюванні випадкових процесів.

Найпростіші методи використовувалися на початкових стадіях формування планово-попереджувальної системи (ППС) ТО і Р, а також при освоєнні нових моделей автомобілів або мастильних матеріалів. При цих методах систематизувалася інформація про напрацювання до певних симптомів відмов (стуки, скрипи, підтікання та інші). При освоєнні нових моделей автомобілів або мастильних матеріалів періодичність ТО призначали по аналогії з наявними прототипами або усередненням періодичності по декількох моделях автомобілів.

Найбільш доцільним методом визначення нормативів профілактики системи мащення двигуна є техніко-економічний. Цей метод заснований на мінімізації сумарних питомих витрат на заміну оливи і ремонт. Мінімальним питомими витратами відповідає оптимальна періодичність заміни оливи l_0 . При цьому питомі витрати на заміну оливи складають:

$$C_{TO} = \frac{S_{TO}}{l}, \quad (1.3)$$

де l - періодичність заміни оливи;

$S_{m o}$ - вартість заміни оливи.

При збільшенні періодичності заміни оливи разові витрати ($S_{m o}$) залишаються постійними, а питомі витрати значно скорочуються. Збільшення періодичності заміни оливи підвищує ймовірність відмови елементів двигуна, а отже, збільшує витрати на поточний ремонт (ПР), оскільки абсолютні витрати на ПР практично пропорційні ймовірності відмов. Тоді питомі витрати становлять:

$$C_{TP} = \frac{S_{TP} \cdot P(l)}{l}, \quad (1.4)$$

де $S_{m p}$ - вартість усунення відмови, $P(l)$ - ймовірність відмови.

Визначити мінімум сумарних витрат:

$$C_{\Sigma} = C_{TO} + C_{TP}, \quad (1.5)$$

можна графічно або аналітично при відомих формах залежностей $3T_{Pro} = f(l)$ і $3T_{P} = \varphi(l)$ (рис. 1.17). Цей метод використовується для визначення оптимальної періодичності більшості операцій, не пов'язаних з безпекою руху.

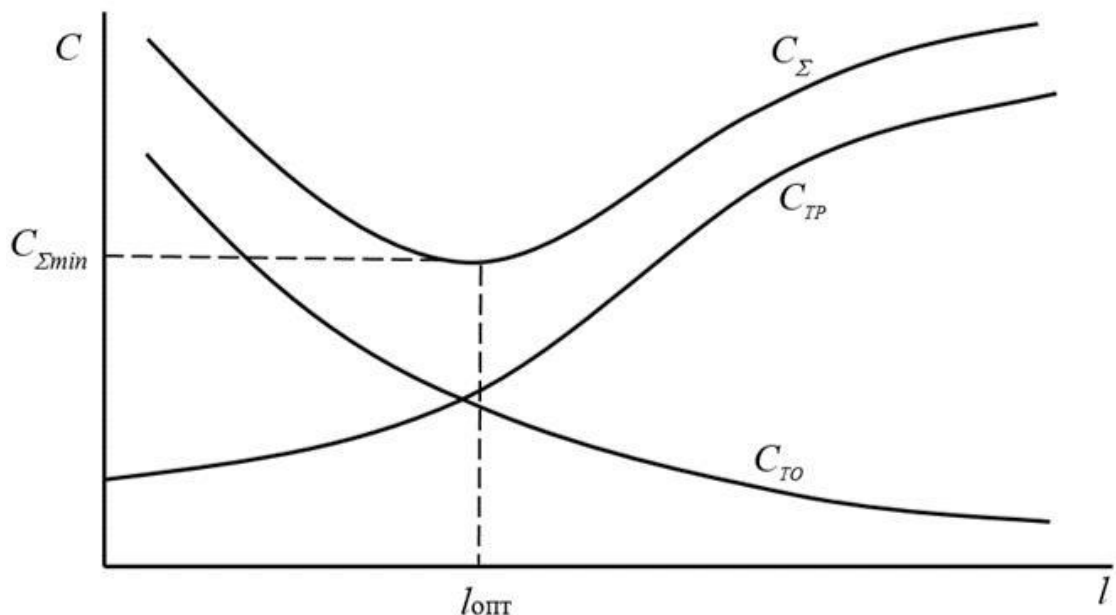


Рис. 1.17 - Визначення періодичності заміни оливи за техніко-економічним методом

Разом з тим, цей метод вимагає ретельного обліку витрат на ТО і Р і обліку умов експлуатації автомобілів на протязі і тривалої експлуатації.

Висновки за розділом

На підставі вищевикладеного матеріалу і його аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Сучасні автомобільні дизелі відрізняються підвищеною агрегатною потужністю за рахунок застосування турбонаддуву, що дозволяє підвищити потужність в два - три рази і знизити питомі витрати палива, але на шкоду механічної і теплової напруженості деталей.

2. Надійна робота таких форсованих двигунів забезпечується шляхом значного поліпшення якості застосовуваних моторних оливо і присадок до них, а також зміною конструкції двигунів, підвищенням ефективності вентиляції картера, охолодження оливи і очищення оливи, і ін.

3. В процесі експлуатації відбувається процес старіння оливи. Тому при експлуатації автомобілів необхідно враховувати закономірності старіння оливи і її вплив на експлуатаційні властивості.

4. Інтенсивність уменшення лужного числа в процесі експлуатації залежить від теплового режиму двигуна, забруднення оливи, якості палива. Тому при форсуванні автомобільних дизелів підвищуються вимоги до присадки і до періодичності заміни оливи.

5. Існує безліч методів визначення нормативів профілактики мастильних систем двигуна, з яких найбільш обґрунтованим є техніко-економічний.

Таким чином, можна сформулювати мету роботи і завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети. Метою роботи є зниження експлуатаційних витрат автомобільних форсованих дизельних двигунів за рахунок

зменшення інтенсивності погіршення технічного стану деталей і старіння оливи на основі підтримки функціонального стану системи мащення шляхом регулювання об'єму оливи в картері.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ОЛИВИ В КАРТЕРІ НА НАДІЙНІСТЬ ДВИГУНА

2.1. Сутність механічних втрат і їх розмір, процеси тертя, змащення і зношування у вузлах двигунів

В теорії двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) механічні втрати розглядаються як витрачена енергія на подолання всіх видів опору руху деталей, повітря і рідин (частина індикаторної потужності). За різними оцінками, виконаним для конкретних типів ДВЗ, віднесена до індикаторної потужності частка механічних втрат на номінальному режимі роботи автотракторних дизелів без наддуву становить величину від 15 до 25%. Це говорить про те, що близько чверті енергії газів в поршневому двигуні безповоротно втрачається на подолання тертя [13].

Мастильний матеріал запобігає безпосередній контакт поверхонь, охолоджує їх і забирає продукти зношування і окислення оливи. Крім того, він взаємодіє з металами і істотно змінює механічні властивості, зносостійкість і втомну міцність поверхневих шарів [13].

В зоні фрикційного контакту міцність мастильного шару залежить від навантаження, швидкості ковзання, температури, механічних властивостей

матеріалів і стану поверхні, товщини шару і його складу. Ці фактори визначають види тертя, які можна розділити на рідинне, граничне, еластично-гідродинамічне і тертя без мастильного матеріалу. Такий поділ умовний, оскільки деталі двигунів внутрішнього згоряння працюють в змішаних режимах тертя, де реалізуються різні види механічного та корозійно-механічного зношування.

Більш складні процеси, що залежать від умов роботи, відбуваються при зношуванні деталей двигунів внутрішнього згоряння. Найбільший вплив із зовнішніх факторів на інтенсивність зношування за рахунок захоплення мають абразивні частинки і температура в зоні фрикційного контакту. Особливо несприятливі умови тертя в циліндрі двигуна виникають під час реверсування в зонах мінімальних швидкостей руху поршня, особливо у камери згоряння, де температура поверхонь тертя циліндра і кілець досягає 350°C , максимальний тиск $6-16\text{ МПа}$, а мінімальна товщина масляної плівки, яка розріджується робочою сумішшю, вигорає в період займання і відбувається з-під верхніх кілець в момент такту стиснення [13]. Тому біля мертвих точок завжди спостерігається повне руйнування масляної плівки.

Металевій взаємодії і захопленню в циліндрах двигуна сприяють: термічна активація, підвищення температури до рівня руйнування масляних і адсорбційних плівок, температура спалаху на активних центрах в момент виходу дислокаційних сходинок.

Основними видами зношування циліндро-поршневої групи є механічне, втомлюване, абразивне та корозійно-механічне. На інтенсивність корозійно-механічного зношування впливають продукти згоряння палива, особливо сполуки сірки і ванадію. Це призводить до зміни механічних властивостей поверхневих шарів матеріалів, відділенню їх частинок в результаті фрикційної взаємодії [13].

Джерелом абразивних частинок є повітря, що надходить в камеру згоряння для утворення горючої суміші. Кількість абразивних частинок, що надходять в циліндр, залежить від умов експлуатації і ступеня форсування дизеля. Встановлено,

що найбільший вплив на абразивне зношування надають частинки розміром 35 мкм. Крім того, абразивну дію надають продукти зносу, що складаються з твердих металевих частинок. Вони здатні мігрувати між третювими поверхнями і пошкоджувати їх. Продукти згоряння палива (сажа) також сприяють зношування деталей двигуна.

Робота корінних і шатунних підшипників колінчастого валу характеризується знакозмінним навантаженням і відмінностями в швидкостях ковзання. Пара тертя «вал-підшипник» працює в умовах рідинного тертя. Для забезпечення даного режиму необхідно правильно розрахувати товщину оливного шару з урахуванням відхилень геометричної форми і шорсткості поверхні.

Розрахунок роботи підшипника ковзання при рідинному терті проводиться згідно з методиками, заснованими на пружно - гідродинамічній теорії мащення [13]. Гідродинамічна підйомна сила оливного шару залежить від швидкості ковзання, в'язкості оливи, радіального зазору, навантаження і конструктивних параметрів валу і підшипника. У реальних умовах експлуатації рідинне тертя настає при сталому режимі тертя. При пусках і зупинках двигуна або роботі на малих обертах рідинне тертя переходить в граничне.

Основними причинами, що викликають інтенсивне зношування шатунних шийок, є недостатня подача оливи і, як результат, зближення труться за рахунок великих навантажень і забруднення моторних олив абразивними частинками. Крім того, шатунні шийки більш інтенсивно зношуються з боку, обернено й до осі колінчастого валу, внаслідок впливу інерційних сил і короткочасних максимальних навантажень від сусідніх циліндрів [13, 21].

Знос шийок колінчастого валу залежить від ступеня забруднення моторних олив абразивними частинками, які впроваджуються в м'які антифрикційні матеріали підшипників і драпають поверхні шийок. У зонах виходу мащення з отворів шийок валу завжди утворюються кільцеві вироблення, що підтверджує наявність ефекту шаржування підшипників абразивними частинками. Для

зменшення спрацювання шийок колінчастого валу, особливо шатунних, необхідно застосовувати заходи з очищенню оливи від твердих абразивних частинок. Крім того, на спрацювання шийок впливає жорсткість валів [13].

Згідно з положенням теорії зовнішнього тертя інтенсивність процесів, що протікають на поверхнях тертя, залежить від зовнішніх механічних впливів, властивостей матеріалів пари тертя і фізико-хімічного впливу мастильного середовища. Крім того, характер протікання даних процесів в значній мірі визначається геометрією і фізико-механічними властивостями контакту. У зв'язку з цим, геометрія визначає відношення між фактичною і контурною площею контакту, тобто об'ємом міжконтактного простору, від якого залежить ефективність мащення вузла тертя.

Довговічність пари тертя визначається фізико-хімічних і механічним впливом мастильного матеріалу на матеріали пари тертя. Так, при рідинному терті на інтенсивність зношування впливають тільки властивості оливи, що визначають окислювальний і корозійний види зношування.

Триботехнічні характеристики контакту визначаються товщиною мастильного шару оливи і його в'язкість. При цьому в масляному шарі відбувається ковзання між молекулярними рядами, що є важливим чинником рідинного тертя.

Граничне тертя характеризується взаємодією твердих тіл, розділених моношаром мащення. При цьому швидкість ковзання і питомі навантаження такі, що питома сила гідродинамічного ефекту зневажливо мала. Граничні шари утворюються на поверхнях твердих тіл за рахунок адсорбції і хемосорбції активних молекул оливи, а також адгезії полярно активних частинок.

Існують критичні товщини плівки, нижче яких ковзання між молекулярними рядами мащення не відбуваються. Такі шари витримують великі нормальні навантаження і набувають властивостей квазіпружного тіла.

Граничне тертя впливає на комплекс процесів, що відбуваються в поверхневих шарах матеріалів пари тертя. Поверхневі дефекти структури

кристалічної решітки, мікротріщини і мікропорожнини, викликані перенапруженням металу, а також скупчення вакансій і т.п. призводить до сприятливої взаємодії зі змазкою. В результаті адсорбції мастило заповнює всю доступну поверхню. Основною причиною цього є зниження поверхневої енергії твердого тіла. Тиск адсорбційних шарів в мікротріщинах знижує механічні властивості і зменшує деформацію матеріалу.

Встановлено, що при терті формується дислокаційна структура поверхневих шарів, яка впливає на процеси полімеризації в мастилі. У свою чергу, це призводить до зменшення наклепу і збільшення періоду циклу міцності поверхневого шару. Встановлено зв'язок між дислокаційною структурою поверхневого шару і властивістю мастильного матеріалу є важливою ланкою в дослідженні міцності поверхневого шару.

При важких режимах тертя позитивною є роль мащення у постачанні молекулярного кисню і продуктів окислення оливи в зону тертя. Тільки окремі шари металу взаємодіють з окислювачами і утворюють окисні шари, що підвищують несучу здатність з'єднання. Наявність окисних плівок не дозволяє визначити справжнє значення коефіцієнта тертя для даної пари тертя, що спотворює результати зіставлення залежності коефіцієнта тертя від природи матеріалів пар тертя.

Для підтримки мінімальної інтенсивності зношування при легких режимах тертя необхідною умовою є рівність швидкостей утворення і руйнування окисних плівок. Збільшення швидкості окислення поверхні металу призводить до збільшення товщини окисного шару, ослаблення його зв'язку з основним металом, розтріскування і посилення зносу. В цьому випадку мастило виконує корисну функцію окислення металу киснем, що знаходиться в газовій фазі.

Для забезпечення динамічної рівноваги швидкостей і руйнування окисних плівок мастильні матеріали легують антиокисними і протизадирними присадками,

роль яких полягає в прискоренні або уповільненні швидкості освіти захисних шарів в залежності від механічних впливів.

Більшість вузлів механічних систем працюють в умовах граничного мащення, при якій металевий контакт тіл, що труться, запобігає утворенням на поверхнях тертя граничних мастильних шарів різного походження. Вони утворюються в результаті взаємодії активного процесу тертя робочих поверхонь з активними компонентами мастильного матеріалу.

Здатність мастильного матеріалу утворювати міцні граничні шари достатньої товщини за короткі проміжки часу в значній мірі визначає довговічність важконавантажених вузлів, що працюють постійно або періодично в режимі граничного мащення, а також протиспрацювальні властивості самого мастильного матеріалу [10].

Утворення захисних адсорбційних, хімікосорбційних і модифікованих шарів пояснюється пристосованістю трибосистеми під зовнішнім впливом до захисної функції. Сутність цього явища полягає в тому, що при його реалізації взаємодія тіл тертя і середовища локалізуються в тонких шарах вторинних структур тертя, що утворюються на вихідних матеріалах внаслідок їх структурної перебудови і взаємодії з середовищем.

Огляд світового досвіду застосування трибологічних методів для зниження механічних втрат в ДВЗ показує, що найбільш перспективними напрямками вирішення проблеми є:

- 1) профілювання поверхонь тертя змащуваних деталей зворотно-поступального руху;
- 2) поліпшення антифрикційних і протиспрацювальних властивостей конструкційних і мастильних матеріалів;
- 3) вдосконалення розрахункової технології зниження спрацювання ДВЗ в експлуатації за рахунок модифікації тертя і контролю старіння оливи та

експериментальної оцінки механічних втрат на стадії проектування і доведення двигуна.

Аналізуючи ці напрямки, відзначимо, що ефективність зниження механічних втрат у вітчизняному машинобудуванні поки залишається недостатньою з огляду на роздільне, а не комплексне застосування зазначених напрямків і відповідних їм методів.

У методології профілювання недостатньо враховується найважливіша умова зниження втрат механічної енергії - узгодження параметрів профілю деталей з характером кінематики, зовнішнього навантаження і мащення вузла. При виборі матеріалів концепція міцності домінує над енергозбереженням.

Віднесена до індикаторної потужності частка механічних втрат на номінальному режимі роботи бензинових автомобільних двигунів і автотракторних дизелів без наддуву характеризується великим значенням (до 25%) для вітчизняних ДВЗ і меншим значенням (15%) - для їх зарубіжних аналогів.

З виконаних оцінок випливає, що безпосередньо пов'язані з тертям витрати палива в питомій вираженні складають від 7 до 11%. Порівняння прототипів і аналогів з певністю вказує, що при інших рівних умовах причина високих механічних втрат складається, перш за все, в низькому рівні (недоробку) конструкції і технології виготовлення деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) і кривошипно -шатунного механізму (КШМ).

Остання обставина, з огляду на появу на вітчизняному ринку імпортних моторних олиф (приблизно з середини 1980-х років) і поступового наближення до них за якістю вітчизняної продукції, в даний час, швидше за все, вже не є чинником, що стримує зменшення механічних втрат. Тому, високий рівень енергетичних витрат на подолання тертя в поршневих двигунах обумовлений, головним чином:

- помилками конструювання та технологічного супроводу основних деталей;

- зневагою трибологічних аспектів роботи двигуна, і, як наслідок, відсутністю підходу до проектування деталей тертя як об'єкту енергозбереження;
- незнанням істинного рівня механічних втрат проектованої конструкції, що, в свою чергу, пов'язана з недостатньою розробленістю і застосовністю методів розрахунку та експериментального контролю параметрів тертя в основних рухомих сполученнях ДВЗ.

На жаль, в бібліографічних списках статей вітчизняних періодичних журналів галузі енергомашинобудування тематика механічних втрат висвітлена лише в об'ємі 2-5%. В даний час можна говорити про відсутність в навчально-методичній літературі систематизованого узагальнення проблем зниження механічних втрат в поршневих двигунах.

2.2. Призначення присадок до моторних мастил

В різних областях техніки для зниження втрат на тертя і підвищення надійності широко застосовується, цілий ряд композицій, що містять добавки конкретного функціонального призначення: модифікатори тертя, кондиціонери металів, реметалізанти (відновники) і т.п. Коло мастильних композицій безперервно росте за рахунок розробки нових складів.

В останні десятиліття науковці та фахівці відомих фірм-виробників мастильних матеріалів (ММ) і широке коло споживачів виявляють інтерес до проблеми поліпшення комплексу триботехнічних властивостей ММ і мастильних композицій (олива + добавки) за рахунок введення в ММ різного роду присадок [13, 14, 26, 28]. Як присадки найчастіше використовують комплексні препарати на основі тефлону і інших фторвмісних компонентів металоорганічних оливарозчинні з'єднання, солей металів та розчинів, що містять іони металів; ультрадисперсних порошоків металів та сплавів (УДП) і т.д. При використанні металовмісних присадок

на поверхнях тертя утворюються тонкі металеві плівки або з'єднання типу сульфідів, фосфідів, що поліпшують триботехнічні характеристики сполучень.

Якісні моторні і трансмісійні оливи містять набори (пакети) присадок, що поліпшують їх властивості. Ефективність їх дії обумовлюється їх хімічними властивостями і концентрацією в мастильних матеріалах, а також сумішею останніх до присадок (однакові присадки активніші для одних базових матеріалів, ніж для інших). Ці домішки мають добре розчинятися в мастильних матеріалах, мати малу летючість і не випаровуватися з них при зберіганні і експлуатації в широкому діапазоні температур; вимиваються водою і не піддаватися гідролізу, не взаємодіяти з конструкційними матеріалами, що контактують з мастильними (за винятком випадків, коли такі реакції лежать в основі механізму дії самих присадок), зберігати свої функції в присутності інших присадок і не чинити на них депресивної дії.

Сучасний товарний ринок насичений великою кількістю подібного роду препаратів. За характером дії на локальні зони тертя їх можна розділити на три представлені групи:

- перша - це препарати, які використовують принцип перенесення дрібнодисперсних частинок контактуючих пар тертя;
- друга - це модифікатори з поверхнево-активними речовинами, що дозволяють організувати нові сполуки з продуктів спрацювання, основного матеріалу і наявного мастильного середовища;
- третя - це препарати, що володіють комплексним енергетичним впливом, що дозволяють не тільки регулювати (зменшувати) тертя в зоні контакту, але і відновлюватись (заліковувати) поверхневі мікрodefекти і вирівнювати геометричне спрацювання контактуючих поверхонь тертя.

З перерахованих вище препаратів, безумовно, кожен має свою рекомендовану сферу застосування, однак умови їх застосування неоднакові. Деякі з них доцільно застосовувати на етапі обкатки механізму, інші на етапі нормального, сталого

спрацювання, а наступні - на етапі ремонту і відновлення механізму без розбирання і т.д.

Головним недоліком наявних препаратів є обмеженість їх дії за термінами, а так само складність у виборі самих термінів. Тому актуальних є питання про створення препаратів, які однаково керують тертям і зношуванням як на етапі напрацювання, так і на етапі нормальної (штатною) експлуатації, а так само ремонту та відновлення зношених поверхонь деталей без розбирання вузла тертя.

За основним призначенням присадки умовно об'єднують в кілька груп. Розглянемо деякі з них.

Присадки, які поліпшують мастильні властивості. Їх дія обумовлена утворенням на тертьових металевих поверхнях різних за хімічним складом захисних плівок.

Протизношувальні присадки зменшують спрацювання поверхонь тертя при відносно помірних навантаженнях і температурах. До таких присадок відносяться оливи і жири рослинного і тваринного походження (наприклад, гірчична олива, свинячий жир); вищі жирні кислоти (наприклад, олеїнова) і ефіри (наприклад, складний ефір пентаеритриту і себацинової кислоти); з'єднання з вмістом S, P (наприклад, трикрезилфосфат); S і P (наприклад, діізооктил - дітіофосфат, діалкілтіофосфат, цинк-барієва сіль ізобутилового ефіру арілдітіофосфорної кислоти), N (наприклад, 1-бутілбензотріазол) і т.д. Концентрація протизносних присадок в мастильних матеріалах коливається від 0,1 до 3,0%.

Протизадирні присадки забезпечують нормальну роботу при високих навантаженнях, що труться без задирів і заїдання, а також пом'якшують його, якщо воно відбувається. Цим цілям служать сполуки, що містять S, Cl, S, P і ін. Концентрація даного типу присадок не перевищує 3 -5%.

Антифрикційні присадки призначені для зниження (модифікації) тертя сполучених поверхонь. До таких модифікаторів відносяться вищі жирні кислоти (наприклад, стеаринова) та нафтових кислот (наприклад, стеарат Al, нафтенат

Pb), ефіри гліцерину і жирні аміни, колоїдні дисперсії MoS_2 , графіту та інших з'єднань, нерозчинних в мастильних матеріалах (більш перспективне застосування речовин утворюють з ними стійкі розчини, особливо ряду з'єднань Mo). Концентрація антифрикційних добавок, як правило, 0,1 -0,5%.

В'язкі або згущуючі присадки підвищують в'язкість і покращують в'язкісно температурний властивості мастильних матеріалів. В якості таких добавок застосовують володіють великою в'язкістю різні полімери-головним чином поліізобутилен, поліметакрилат, полівінілбутиловий ефір, а також поліалкілстіроли і т.д. Концентрація цих добавок в оліях від 1 до 20%.

Металолакуючих присадки знижують знос важконавантажених вузлів тертя за рахунок утворення на сполучених поверхнях тонкої металевої плівки, званої сервовітної.

Багатофункціональні присадки мають здатність одночасно покращувати кілька властивостей мастильних матеріалів, замінюючи цілі композиції вводяться в них до надбавок, застосування яких дороге і незручно, а ефективність дії знижується внаслідок взаємного, часто протилежного впливу компонентів. Багатофункціональні добавки являють собою суміші добавок різної дії (змішані, або комплексні добавки) або органічні сполуки, що містять Ba, P, метали, полярні функціональні групи.

Індивідуальні багатофункціональні добавки - в основному миючі: сукцініміди (здатні нейтралізувати кислі з'єднання, що накопичуються в мастильних матеріалах, і, крім того, покращують їх в'язкі властивості), сіль діалкіларід – дітіофосфорні кислоти (підвищують стійкість до окислення, покращують миючі протиспрацювальні властивості), діалкілдитіофосфати (покращують антиокислювальні, протиспрацювальні та антикорозійні властивості) і т.д. Концентрація багатофункціональних присадок 0,5 -5,0%.

Природні геомодифікатори тертя (ГМТ) – мінеральні ремонтно-відновлювальні склади на базі порошків серпентініта. Концентрація добавок ГМТ до 5%. Вплив даних препаратів на зношені поверхні в даний час досліджено недостатньо повно. Проведені поодинокі експериментальні дослідження, як на стендах, так і натурні випробування на реальних об'єктах і машинах, не дозволяють зробити однозначні висновки про характер впливу на вузли тертя з точки зору його залишкового ресурсу. Неграмотне використання цих препаратів здатне не тільки різко зменшити ефект впливу, але і привести до негативних наслідків, аж до аварійного руйнування механізму.

Антифрикційні препарати є ефективним засобом підвищення ресурсу механізмів, проте їх застосування вимагає відповідної методики і дозування, що залежить від вихідного стану об'єкта, його застосування, типу, робочого об'єму мастильного матеріалу, ступеня зносу. Процес застосування препаратів вимагає контролю і з постійною діагностикою та моніторингом.

2.3. Вплив рівня оливи в картері на об'єм мастильного матеріалу і тепловий режим

Кількість циркулюючої в ДВЗ оливи при розрахунку визначають на підставі теплового балансу. Вважається, що для сучасних двигунів теплота, відведена системи мащення, становить:

$$Q_M = (0,015 - 0,02)Q_T, \quad (2.1)$$

де Q_T - кількість теплоти, що підводиться в циліндри двигуна, КДж / год.

$$Q_T = \frac{3600N_e}{\eta_e}, \quad (2.2)$$

де N_e - номінальна потужність двигуна;

η_e - ефективний ККД.

Для бензинових ДВЗ $\eta_e = 0,25$, для дизельних ДВЗ $\eta_e = 0,35$.

Кількість циркулюючої в ДВЗ оливи ($\text{м}^3/\text{год}$) визначається за формулою [42]:

$$V_{\text{ц}} = K \frac{Q_M}{\rho_M \cdot C_M \cdot \Delta t_M}, \quad (2.3)$$

де ρ_M - щільність моторної оливи, $\rho_M = 880-900 \text{ кг} / \text{м}^3$;

C_M - теплоємність оливи, $C_M = 2 \text{ кДж} / \text{кг К}$;

Δt_M - нагрів оливи, $\Delta t_M = 10-15 \text{ К}$;

K - коефіцієнт запасу, для бензинових ДВЗ $K = 1$, для дизельних ДВЗ $K = 2,5..3$.

При роботі двигуна частина оливи витрачається з системи мащення (внаслідок вигорання, витоків і ін.). Тому для надійної роботи протягом досить тривалого часу і забезпечення необхідного запасу ходу транспортного засобу потрібну кількість оливи в системі мащення визначають, $\text{м}^3 / \text{год}$:

$$V_{\text{д}} = (2 - 3,5)V_{\text{ц}}. \quad (2.4)$$

З урахуванням цього для дизельних ДВЗ:

$$V_{\text{д}} = (55 - 65) \cdot 10^{-3} \cdot N_e. \quad (2.5)$$

Розрахунки за цими формулами показують, що для базового двигуна КАМАЗ-740 з потужністю 215 к.с. $V_{\text{д}}$ становить $14 \text{ м}^3/\text{год}$, а для двигуна КАМАЗ-ЄВРО з потужністю 420 к.с. - $27 \text{ м}^3/\text{год}$ (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Співвідношення параметрів мастильних систем двигунів КАМАЗ

Параметри	Базовий (б)	Форсований(ф)	Відношення (б/ф)
Потужність, к.с.	215	420	1,953

Продуктивність оливного насоса, м ³ / год	5,1	9,0	1,764
Оборотність об'єму оливи, раз / год	182	265	1,46
Об'єм системи мащення, л	28	34	1,214

З урахуванням цих значень і продуктивності масляних насосів цих двигунів КАМАЗ -740 - 5,1 м³ /год і КАМАЗ -Євро – 9 м³ / год, оборотність об'єму оливи складе відповідно 2,745 і 3 рази за годину. Видно, що це співвідношення 1,09 не відповідає співвідношенню потужностей 1,953. Отже, при однаковому об'єму системи мащення у відповідності і з формулою (2.3) збільшиться приріст температури оливи. Це призводить до інтенсифікації процесу старіння оливи і вимагає застосування на форсованих турбонаддувом двигунах інших оливи (групи Д). Таким чином, оптимальний рівень оливи системи мащення двигуна визначається видом оливи, продуктивністю оливного насоса, потужністю двигуна і режимами його роботи.

Розглянемо вплив об'єму оливи в системі мащення (з урахуванням зв'язку об'єму оливи з рівнем по оливовимірною щупу) на температуру оливи. З формули (2.3) випливає:

$$\Delta t_M = \frac{K \cdot Q_M}{\rho_M \cdot C_M \cdot V_{\omega}} \quad (2.6)$$

Тобто, приріст температури обернено пропорційний об'єму оливи, що в загальному вигляді можна записати:

$$\Delta t_M = \frac{a}{V_{\omega}}, \quad (2.7)$$

де a - константа, що враховує конструктивні і режимні параметри (м³ К / год):

$$a = \frac{K \cdot Q_M}{\rho_M \cdot C_M}. \quad (2.8)$$

Таким чином, температура оливи при незмінних параметрах теплообмінника обернено пропорційна об'єму оливи в системі мащенні.

Ресурс двигуна визначається інтенсивністю зношування деталей в основному шатунно-кривошипної і циліндро-поршневої групи. Залежність інтенсивності зношування від температури оливи в робочому діапазоні 80 -140 °С можна прийняти лінійною:

$$\alpha = \alpha_0 + c \cdot t_M, \quad (2.9)$$

де α_0 - інтенсивність зношування (мкм / тис. Км) при $t_M = 80$ °С;

c - коефіцієнт пропорційності ((мкм / тис. Км) / град.).

З урахуванням залежностей (2.7) і (2.9) отримаємо:

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{d}{V_y}, \quad (2.10)$$

де d константа (мкм / тис. км м³ / год):

$$d = c \cdot \alpha. \quad (2.11)$$

Термін служби оливи (періодичність заміни) визначається інтенсивністю старіння, тобто інтенсивністю (або швидкістю) зниження концентрації присадок. Швидкість більшості реакцій збільшується з ростом температури (термоактивні процеси). Для кількісного опису температурних ефектів в хімічній кінетиці використовуються два основних співвідношення - правило Вант-Гоффа і рівняння Арреніуса. Правило Вант-Гоффа полягає в тому, що при нагріванні 10 °С швидкість більшості хімічних реакцій збільшується в 2 - 4 рази. Це правило є наближеним, тому частіше використовують рівняння шведського вченого С. Арреніуса:

$$\alpha(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (2.12)$$

де R - універсальна газова стала;

A - множник, який визначається природою реакції;

E_a - енергія активації;

T - абсолютна температура в K .

З урахуванням рівнянь (2.3) і (2.12) для $\alpha(T)$ запишемо:

$$\alpha(T) = A \exp\left(-\frac{E_a \cdot V}{Ra}\right). \quad (2.13)$$

Характер залежності показаний на рис. 2.1.

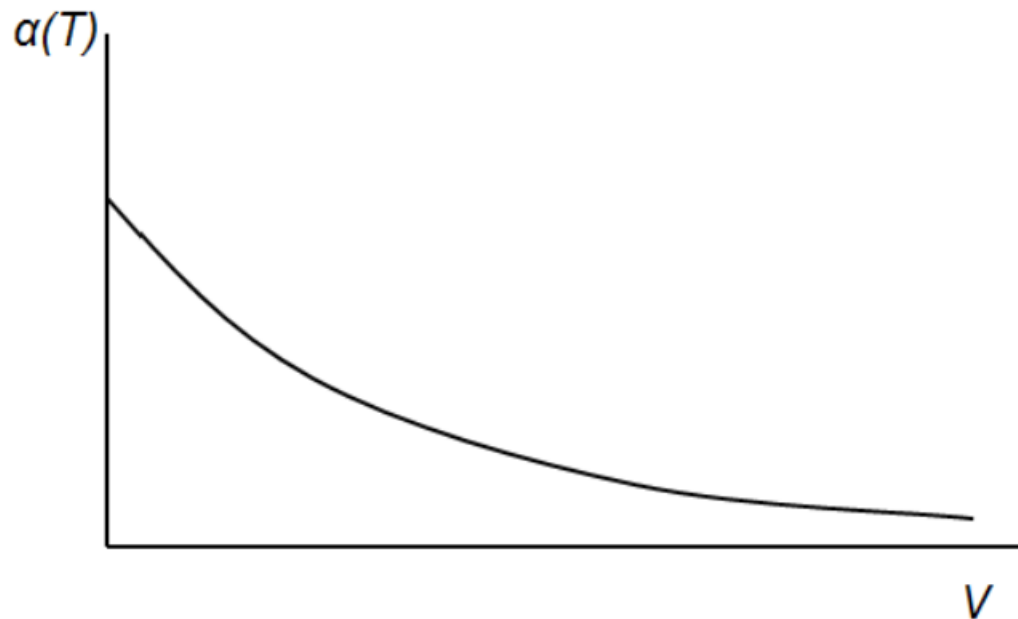


Рисунок 2.1 - Характер залежності інтенсивності старіння оливи від її об'єму

2.4. Аналітичне дослідження режиму оливного голодування вузлів двигуна

Температура оливи є основним, але не єдиним параметром, що впливає на технічний стан двигуна, так і термін служби оливи. Великий вплив на ці показники надійності надає режим подачі оливи до вузлів тертя.

При зниженні рівня оливи в картері двигуна крім підвищення температури оливи збільшується ймовірність переривання подачі його в систему і потрапляння повітря, тобто спінювання. Це веде до порушення гідродинамічного режиму змащення вузлів тертя, особливо підшипників колінчастого валу і турбокомпресора до зниження їх ресурсу. У загальному вигляді з урахуванням цього залежність інтенсивності зношування деталей вузлів тертя від об'єму (рівня) оливи можна записати:

$$\alpha = \alpha_0 - cV, \quad (2.14)$$

де α_0 - інтенсивність зношування при верхній мітці на оливовимірному щупі (мкм/тис. км);

c - коефіцієнт пропорційності (мкм/тис. км) / м³).

Область визначення даної функції знизу обмежується мінімальним об'ємом V_{min} , при якому починається режим переривання оливного потоку або режим оливного голодування. Ця величина носить імовірнісний характер, так як визначається режимами роботи двигуна автомобіля (прискорення, уповільнення і ухил дороги). Область визначення даної функції зверху обмежується максимальним об'ємом V_{max} при якому починається режим переривання оливного потоку через спінювання внаслідок торкання поверхні палива в картері і противаги колінчастого валу. Схематично ці області показані на рис. 2.2.

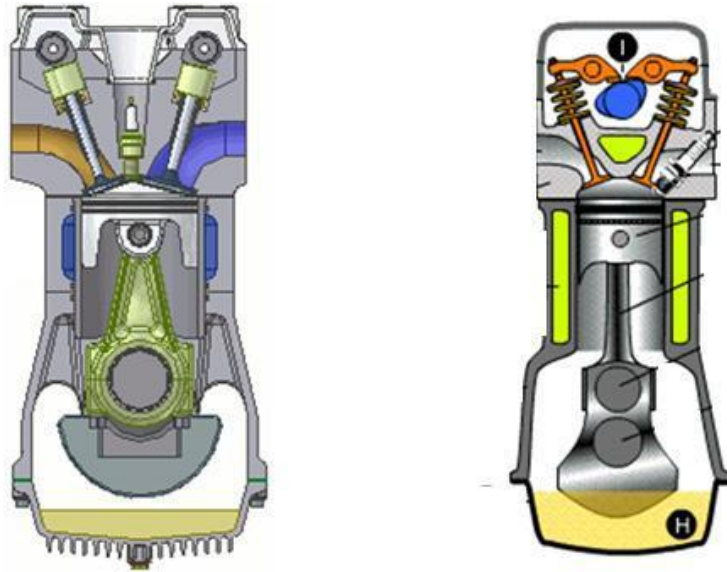


Рисунок 2.2 - Схема взаємодії деталей двигуна при низькому і високому рівні оливи в картері

2.5. Аналітичне дослідження режиму спінування оливи в картері

При підвищенні рівня (об'єму) оливи в картері вище V_{max} починає змінюватися режим подачі оливи до пар тертя, що виявляється у спіненні все більшого об'єму оливи. Ці процеси носять імовірнісний характер, багато в чому визначаються часом спінування певного об'єму оливи. Параметром піноутворення оливи вважають концентрацію всіх розчинених у ньому газів. Ступінь піноутворення оливи зростає з підвищенням рівня вище V_{max} . Так само, як і ймовірність попадання в оливозбирач спіненої оливи (розмір і концентрація бульбашок повітря показані на рис 2.3).

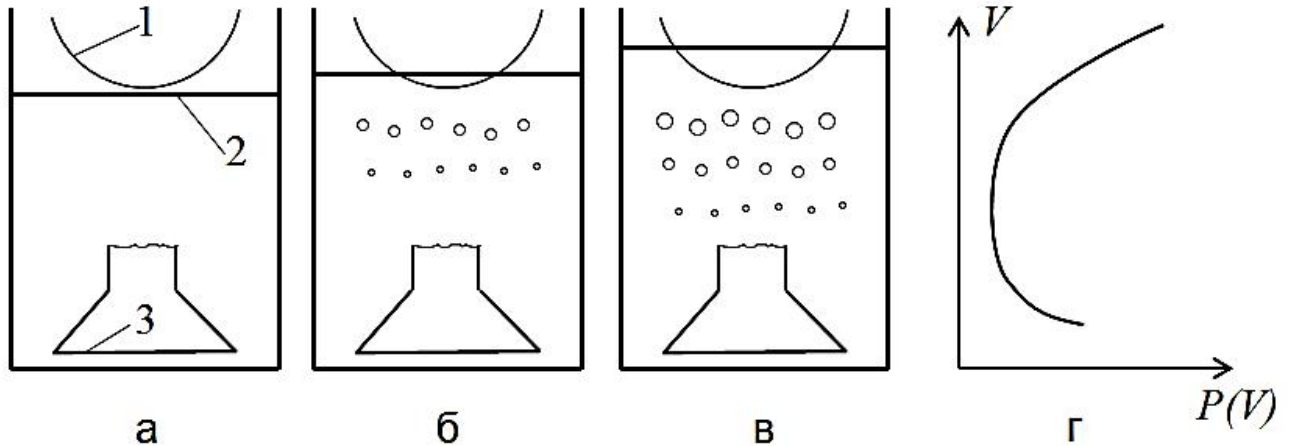


Рисунок 2.3 - Схема впливу рівня оливи в картері двигуна на його піноутворення

1 - траєкторія руху противаги КВ; 2 - рівень оливи; 3 - рівень оливозбирача
 а - при відсутності контакту противаг з оливам; б - при малому контакті противаг з оливам; в - при великому контакті; г - ймовірність наявності бульбашок повітря в оливі

Внаслідок підвищення піноутворення оливи порушується ламінарний режим надходження його до парам тертя. Потік оливи стає турбулентним, що скорочує його витрата через пари тертя і підвищує інтенсивність зношування. При цьому інтенсифікуються процеси окислення поверхні тертя (окисне зношування). Це підтверджується експериментальними даними А.Ф. Аксьонова [7], наведеними на рисунку 2.4.

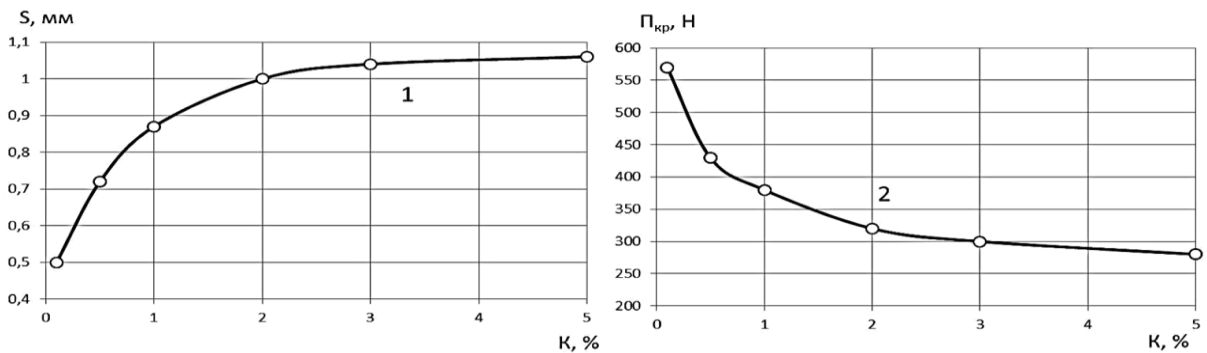


Рис. 2.4 - Залежність зносу (1) і критичного навантаження

(2) при терті пари зі сталі ШХ15 від концентрації розчиненого в паливі Т-7 кисню

Видно, що при підвищенні концентрації кисню з 0,5 до 5 % (в десять разів) спрацювання збільшується на 38%.

Залежність інтенсивності зношування від об'єму оливи в цій області визначення функції носить нелінійний характер, тому що ймовірність бульбашок повітря і їх розмір збільшуються в міру підвищення рівня оливи в картері. Тому характер залежності α від V можна прийняти експоненціальним:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot e^{fV}, \quad (2.15)$$

де α_0 - інтенсивність зношування при об'ємі оливи по верхній мітці щупа (мкм / тис. Км);

f - експериментальний коефіцієнт ($1 / \text{м}^3$).

Підсумкова залежність інтенсивності зношування від об'єму оливи в картері представляє суму функцій (2.14) і (2.15) (рисунок 2.5).

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_0 - cV + \alpha_0 e^{fV}. \quad (2.16)$$

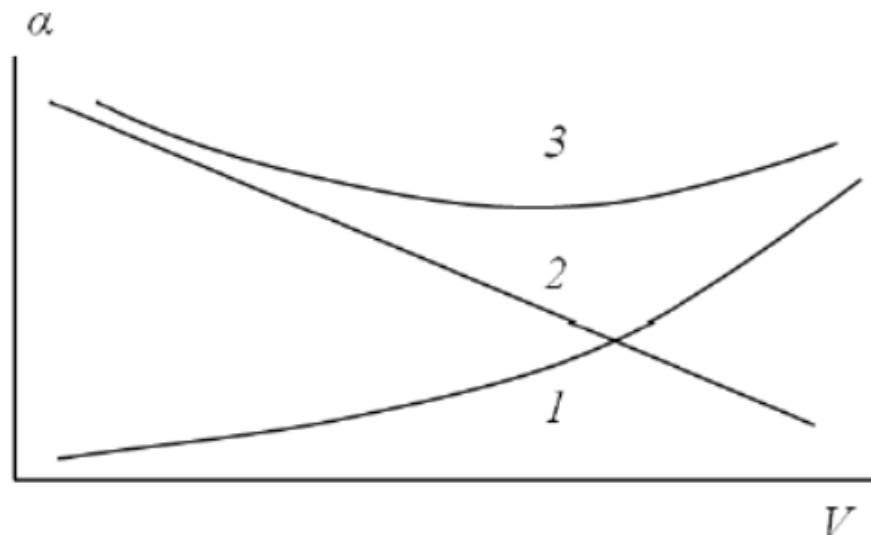


Рисунок 2.5 - Залежність інтенсивності зношування від об'єму внаслідок спінювання (1), зниження температури (2), підсумкова (3)

Внаслідок спінювання оливи підвищується площа контакту з повітрям (бульбашки), що веде до підвищення інтенсивно окислення (старіння) оливи. Залежність цю можна прийняти експоненційно, так як ймовірність зростання щільності бульбашок з ростом об'єму оливи кумулятивної залежності:

$$\alpha(T)_2 = A_2 \exp(BV), \quad (2.17)$$

де B - експериментальний параметр ($1/\text{м}^3$).

Підсумкова залежність інтенсивності старіння оливи являє собою суму двох експонент 2.13 і 2.17 (рисунок 2.6):

$$\alpha(T)_\Sigma = A_1 \exp\left(-\frac{E_a V}{R_a}\right) + A_2 \exp(BV). \quad (2.18)$$

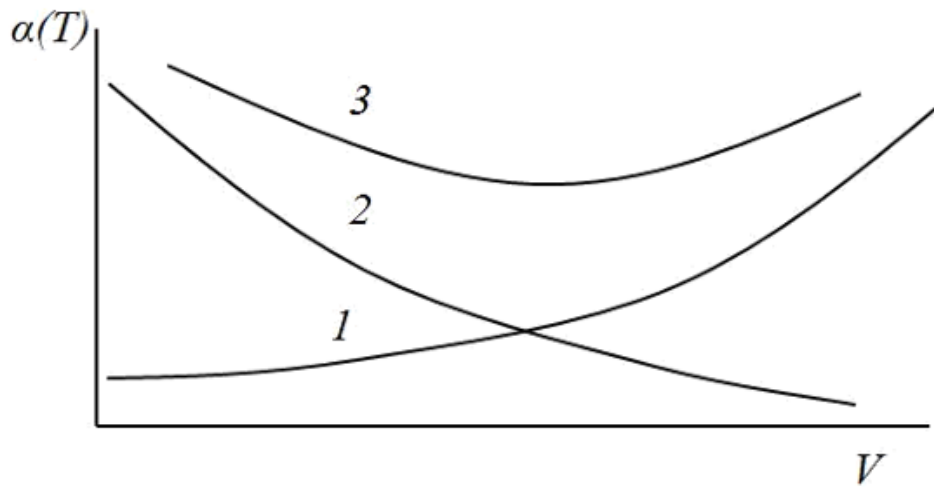


Рисунок 2.6 - Залежність інтенсивності старіння оливи внаслідок спінювання 1, зниження температури 2 та підсумкової 3 від об'єму оливи в картері

Для визначення екстремуму цих функцій необхідно знайти їх похідні і прирівняти їх до нуля:

$$\alpha'_{\Sigma} = -c + \frac{\alpha_0}{f} \cdot e^{fV} = 0, \quad (2.19)$$

$$\alpha'(T)_{\Sigma} = -A_1 \frac{ka}{E_a} \exp\left(-\frac{E_a V}{R_a}\right) + A_2 \frac{1}{B} \exp(BV) = 0. \quad (2.20)$$

Оскільки отримані аналітичні залежності носять складний імовірнісний характер, то їх для практичних цілей доцільно апроксимувати поліномом другого ступеня:

$$y = a + bV + cV^2, \quad (2.21)$$

де a , b , c - експериментальні параметри, які визначаються методом найменших квадратів.

2.6. Вплив режиму доливання оливи на ефективність профілактики системи мащення двигуна

На ефективність профілактики системи мащення крім оптимальної періодичності заміни моторної оливи істотно впливає режим доливання оливи для компенсації його чаду. На рисунку 2.7 наведені варіанти доливання оливи.

З рисунку 2.7 видно, що долив оливи підвищує загальний рівень лужного числа (додана площа протилежного штрихування). Триразовий долив оливи ще значніше підвищує лужне число і концентрацію інших добавок.

Однак підвищення кількості доливів викликає додаткові труднощі експлуатаційного характеру: підвищуються втрати лінійного часу, підвищується ймовірність внесення додаткових забруднень оливи. Крім того, при рідкісних, але великих за об'ємом доливаннях збільшується відносний час роботи двигуна з рівнем оливи нижче і вище відповідних позначок на оливовимірному щупі. При роботі з низьким рівнем оливи в картері погіршується суцільність подачі оливи, що особливо позначається на надійності шатунних підшипників. При роботі з підвищеним рівнем оливи з'являється піноутворення, що також погіршує умови мащення деталей і підвищує виток через сальники.

Тому технічно доцільно долив виконувати при досягненні рівня оливи нижньої мітки і доводити його до рівня верхньої мітки. З урахуванням середнього віку автомобілів прийmemo середню витрату оливи на чад, рівний 1% витрати палива (рис. 2.8).

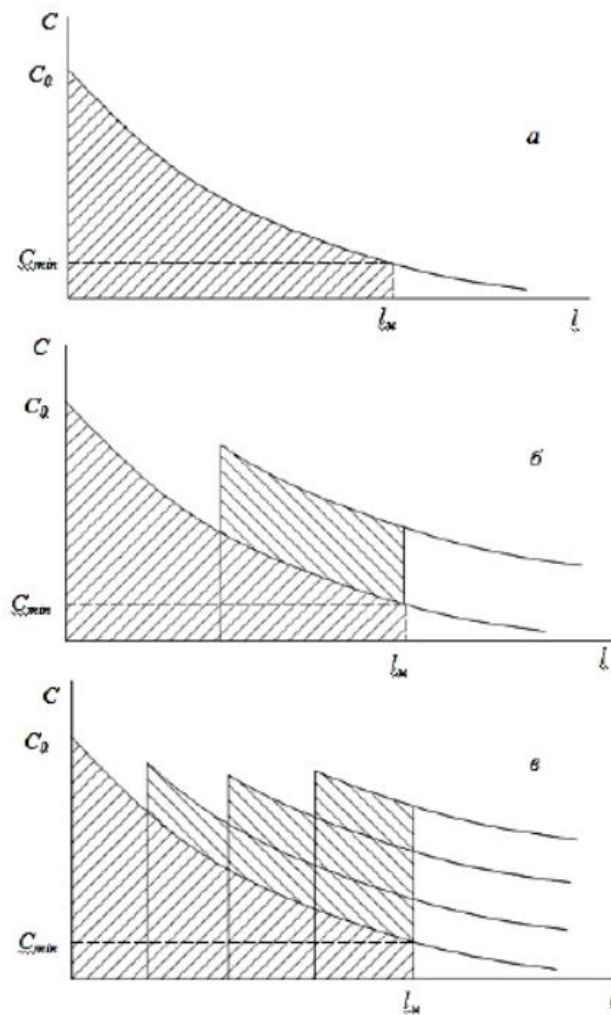


Рис. 2.7 - Залежність лужного числа оливи за термін його служби l_M
 а - без доливання; б - з одним доливом; в - з трьома доливками

Середня витрата палива автомобіля КАМАЗ - 6520 становить 40 л/100 км. Середній пробіг автомобілів за місяць становить 4000 км, а витрата палива за місяць становить 1600 л. При цьому витрата оливи за місяць становить 16 л (1%) для ЄВРО 2, витрата оливи на чад 0,2% від витрати палива, а двигуни без наддуву - 0,3-0,5% на чад від палива. Долив оливи зазвичай виробляють по мітках на оливовимірному щупі. Різниця в об'ємі оливи в картері між верхньою і нижньою мітками становить 4 л. З урахуванням наведених значень напрацювання, долив оливи об'ємом 4 л виконується в середньому через 1000 км.

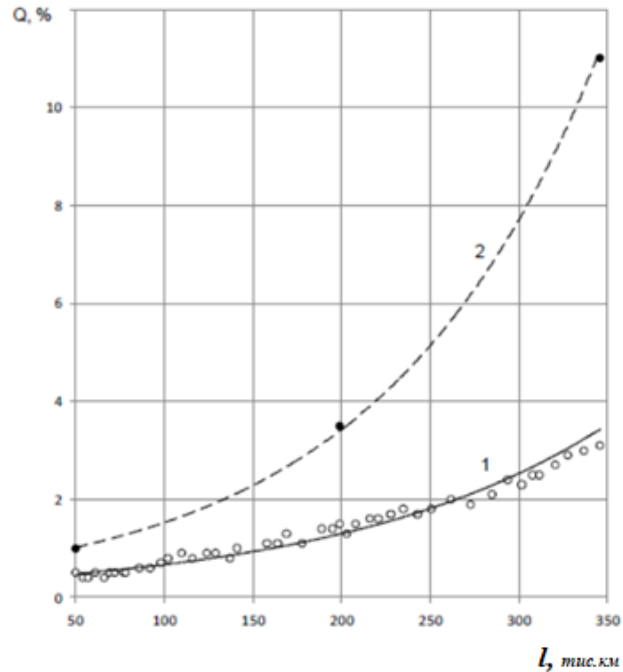


Рисунок 2.8 - Залежність величини витрати оливи на чад у відсотках від витрати палива двигунів КАМАЗ 1 і від пробігу автомобіля 2

При зазначених значеннях витрати оливи на чад весь об'єм картера двигуна 32 л буде витрачено через 8000 км. Долив оливи через 1000 км, дозволяє продовжити пробіг до заміни оливи до 16-20 тис.км. При цьому концентрація добавок, в тому числі і лужне число, буде знижуватися. Концентрація добавок буде змінюватися при черговому доливі по співвідношенню:

$$p_0 = \frac{V_1 p_1 + V_2 p_2}{V_1 + V_2}, \quad (2.22)$$

де p_0 - концентрація добавок після доливання;

p_1 - концентрація добавок в залишку об'єму оливи;

p_2 - концентрація добавок в доливають оливи;

V_1 - залишковий об'єм;

V_2 - об'єм доливаного оливи.

Наприклад, при першому доливанні в об'ємі $V_2 = 4$ л з концентрацією присадки $p_2 = 10$ до об'єму $V_1 = 30$ л з концентрацією присадки $p_1 = 9$ концентрація присадки p_0 в загальному об'ємі 32 л складе 9,12 за формулою (2.22).

Крім концентрації добавок в оливі режим доливання визначає загальний об'єм оливи в картері, який впливає на інтенсивність зношування деталей двигуна і старіння оливи. Вплив кількості та об'єму доливання оливи на його середній об'єм в картері можна бачити з рисунку 2.9.

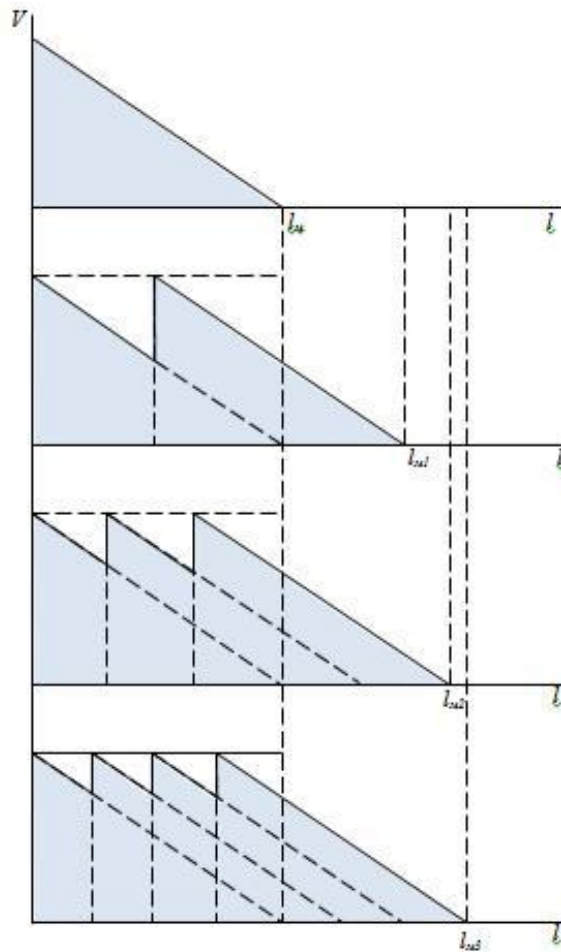


Рисунок 2.9 - Зміна об'єму оливи в картері при різних варіантах (об'єм і періодичність) доливання

Видно, що зі збільшенням кількості доливаючої оливи, а, отже, і скороченням періодичності і об'єму доливання, підвищується об'єм оливи в картері (затінена площа).

Про інтенсивність старіння оливи можна судити по кривій зміни показників стану на заданому пробігу. За інтенсивність зношування деталей двигуна можна прийняти інтенсивність зміни таких діагностичних параметрів, як тиск в системі мащення і витрата оливи на чад. Тиск в системі мащення і пов'язано з зазором в підшипниках колінчастого валу, а отже, і спрацюванням вкладишів і шийок, статичною залежністю, в результаті чого знижується з ростом пробігу (наробітку) двигуна по експоненціальній залежності

$$P = \frac{a}{S_0^m e^{mb_l}} = P_0 e^{-b_p l}, \quad (2.23)$$

де - $P_0 = \frac{a}{S_0^m}$ тиск в кінці пробітку, приведене до початку експлуатації; $b_p = mb$ - експериментальний параметр; S_0 - зазор в кінці пробітку.

Тому інтенсивність зношування підшипників колінчастого валу може бути оцінена по інтенсивності зниження тиску в системі мащення.

Витрата оливи на чад обумовлений торцевим зношуванням поршневих кілець і канавок поршня. З ростом пробігу витрата оливи на чад зростає по експоненційній залежності, що узагальнено можна записати у вигляді:

$$y = y_0 e^{bl}, \quad (2.24)$$

де y_0 - значення показника (витрати оливи) в кінці пробітку, приведене до початку експлуатації; b - параметр, характеризує вплив спрацювання на інтенсивність зміни технічного стану.

Тому інтенсивність зношування циліндро-поршневої групи двигуна можна оцінювати за інтенсивністю росту витрати оливи на чад.

Висновок за розділом

1. Оборотність об'єму оливи (раз/год) залежить від об'єму оливи в картері і продуктивності масляних насосів і становить 2,74 у двигунів КАМАЗ -7405 і 3 для КАМАЗ-ЄВРО. Таке співвідношення 1,09 не дорівнює співвідношенню потужностей 1,953. Таким чином, при роботі двигуна, враховуючи однаковий об'єм системи мащення, збільшиться приріст температури оливи в ній. Це призведе до інтенсифікації процесу старіння оливи і підвищенню інтенсивності зношування деталей двигуна.

2. Температура оливи і інтенсивність зношування деталей двигуна при незмінних параметрах теплообмінника обернено пропорційні об'єму оливи в мастильній системі.

3. Доцільно долив виконувати при досягненні рівня оливи нижньої мітки і доводити його до рівня верхньої мітки. З урахуванням середнього віку автомобілів середня витрата оливи на чад становить 1% від витрати палива. При цьому весь об'єм картера двигуна буде витрачено через 8000 км. Долив оливи через 1000 км дозволяє продовжити пробіг до заміни оливи до 16 - 20 тис. км. При цьому концентрація присадок, в тому числі і лужної, буде знижуватися.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма та загальна методика роботи

Відповідно до поставленої мети і сформульованими завданнями дослідження розроблена програма, що включає етапи експериментальних досліджень і практичних рекомендацій (рисунок 3.1).

На етапі аналітичних досліджень проведено аналіз умов роботи елементів мастильних систем форсованих двигунів; обґрунтовано математичні моделі зміни основних показників ресурсу двигунів і моторної оливи в залежності від об'єму оливи в картері. Вид цих моделей визначається за результатами співвідношення диференціальних рівнянь, враховують вплив основних факторів на інтенсивність зношування деталей двигуна і старіння моторної оливи. Ці моделі носять стохастичний характер, тому що обумовлені дією багатьох, в тому числі і випадкових факторів, таких як режим роботи двигуна, температура навколишнього середовища, технічний стан деталей двигуна.

Після обґрунтування математичних моделей для реальної оцінки стану моторної оливи в процесі експлуатації визначали їх параметри за експериментальними даними.

Для визначення експериментальних даних по фактичному стану моторної оливи розроблені відповідні методики експлуатаційних досліджень, зміст яких наведено нижче.

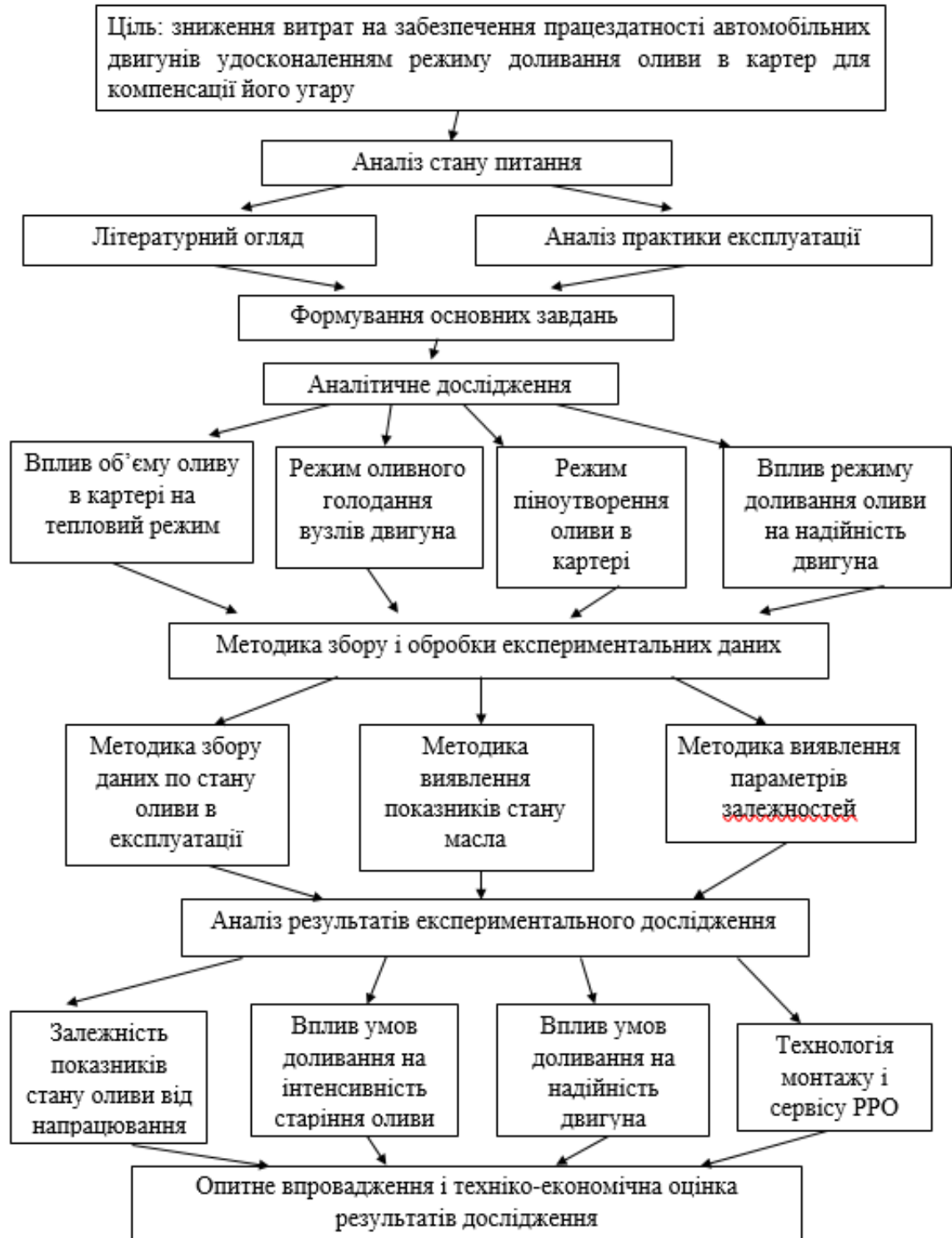


Рис. 3.1 - Схема програми і методики роботи

На основі результатів експериментальних досліджень розроблено: рекомендації щодо вдосконалення заходів для підтримки функціонального стану

системи мащення оптимізацією режимів доливання оливи (періодичність та об'єм) і установкою на автомобіль регулятора рівня оливи (РРМ). За результатами впровадження дається техніко-економічна оцінка результатів досліджень.

3.2. Методика аналітичного дослідження

Основним джерелом тепловідведення від підшипників колінчастого валу і циліндро-поршневої групи є циркулююча олива, яка компенсує їх нагрівання і відводить тепло, яке вирізняється від роботи тертя. Визначальним фактором, що впливає на надійність двигуна, є температура вузлів тертя. З огляду на це для аналітичного опису зміни показників стану оливи в процесі експлуатації необхідно враховувати теплове напруження деталей, яке підвищується при утворенні і зростанні відкладень.

Для отримання аналітичних залежностей інтенсивності зношування деталей і старіння оливи від об'єму оливи в картері були складені відповідні диференціальні рівняння. При складних з математичної точки зору рівняннях використовуються апроксимуючі залежності.

3.3. Технічна база досліджень і методи визначення показників

Лужне число оливи виражається через кількість (в мг) гідроксиду калію (КОН), еквівалентну змістом всіх видів лугів в 1 г оливи, тобто розмірність (мг КОН / г).

Кінематична в'язкість оливи виражається в сСт.

Температура спалаху у відкритому тиглі (рисунок 3.2) оливи вимірюється в $^{\circ}\text{C}$ і визначається відповідно до ДСТУ 4333 -87. Нафтопродукти. Метод визначення температур спалаху і займання у відкритому тиглі.

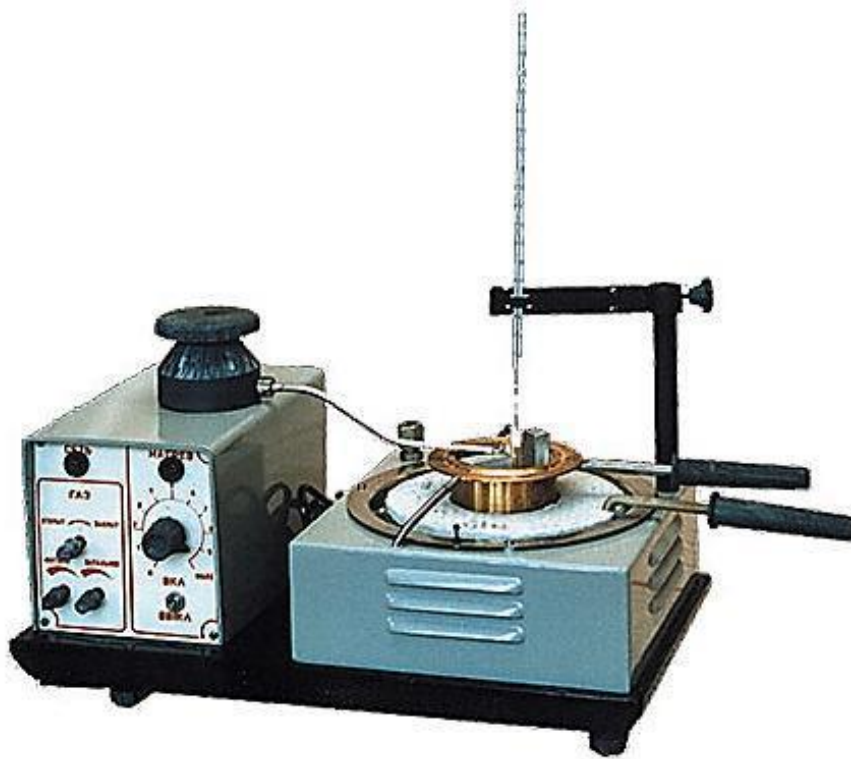


Рисунок 3.2 - Установка для визначення температури спалаху у відкритому тиглі типу ТВО

Суть методів полягає в нагріванні проби нафтопродукту в відкритому тиглі зі встановленою швидкістю до тих пір, поки не відбудеться спалах парів (температура спалаху) нафтопродукту над його поверхнею від запального пристрою і поки при подальшому нагріванні не загориться продукт (температура займання) з тривалістю горіння не менше 5 с.

Забрудненість оливи вимірюється в см^{-1} . Визначається відповідно до ЦТЧ - 28/8. Методика оцінки забрудненості робочих мастильних олив фотометричним методом.

Забрудненість визначається при просвічуванні кювети з оливою променями галогенової лампи. При цьому визначають спектральний діапазон хвиль.



Рисунок 3.3. Прилад для визначення забрудненості оливи

Його поставляють в комплекті з програмним забезпеченням для персонального комп'ютера, що дозволяє відображати, зберігати і роздруковувати результати відповідно до стандарту GLP.

Лужне число оливи, що вимірюється в мгКОН/г, визначається у відповідності з п.10.6. ДСТУ 11362-96 «Нафтопродукти та мастильні матеріали. Число нейтралізації. Метод потенціометричного титрування» (рисунок 3.4).



Рис. 3.4 - Установка для вимірювання лужного числа - Іономір І-160

В основу роботи приладу покладено потенціометричний метод вимірювання рН контрольованого розчину. При вимірюванні рН використовується електродна

система з вимірювального і допоміжного електрода. При зануренні електродної системи в розчин вона розвиває ЕРС, що лінійно залежить від концентрації і температури розчину.

Щільність оливи вимірюється в кг/дм^3 при 20°C і визначається за ДСТУ 3900-85. «Нафта і нафтопродукти. Методи визначення щільності» (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 - Ареометр АН для визначення щільності моторних олив

При зануренні ареометра (нафтоденсиметра) у досліджувану оливу рівень поверхні на шкалі вказує щільність.

Масова частка води в % визначається відповідно до ДСТУ 2477-65. «Нафтопродукти. Метод визначення вмісту води» (рисунок 3.6). Дистиляційну посудину нагрівають. Пальник поступово піднімають і стежать за швидкістю дистиляції, яка не повинна перевищувати 5 крапель в 1 с. Перегонку припиняють, як тільки об'єм води в приймачі не збільшуватиметься і верхній шар розчинника стане абсолютно прозорим. Кількість води визначають за допомогою мензурки.



Рисунок 3.6 - Установка для визначення складу води в оліві

Кінематична в'язкість за ДСТУ 33 -2000 визначається з допомогою рідинних термостатів, які містять систему віскозиметрів (рисунок 3.7). Суть методу полягає у вимірюванні каліброваним скляним віскозиметром часу закінчення протікання (в секундах) певного об'єму випробуваної рідини під впливом сили тяжіння при постійній температурі. Кінематична в'язкість є добутком виміряного часу закінчення на постійну віскозиметра.



Рисунок 3.7 - Термостат рідинної VIC-T-03 для визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів типу ВПЖ -2 або ВПЖ-4

Таким чином, запропонована програма і методика дослідження дозволяють оцінити зміну становища моторної оливи в процесі роботи і визначити нормативні (граничні) значення показників стану оливи, при яких його доцільно замінювати, а також параметри доливання оливи для компенсації його чаду.

3.4. Методика експериментального дослідження

Для експериментальної оцінки зміни показників стану моторної оливи в процесі експлуатації було організовано спостереження за 28 автомобілями КАМАЗ -Євро протягом трьох років. Аналіз проб оливи проводили на 28 автомобілях через 2 тис. км пробігу оливи. Всього було проаналізовано понад 180 проб оливи об'ємом 1,5 л кожна.

Використовували оливу Shell Rimula R3 X SAE 15W40, яке є аналогом оливи M10Д (м) по ДСТУ 8581. При аналізі проб оливи визначали: кінематичну в'язкість, сСт; температуру спалаху у відкритому тиглі, ° С; забрудненість, см^{-1} ; лужне число,

мг КОН / г оливи; щільність при 20 ° С, г / дм³; масову частку води,%. Параметри визначали за загальноприйнятою в лабораторії методикою.

Про наявність палива в оливі можна судити по зміні його в'язкості. Порівнюючи залежності зміни в'язкості для нормальної роботи двигуна і отримання для даної напруцювання при контролі оливи, можна судити про його стан. Існує правило, що олива потрібно міняти, якщо в'язкість знизилася більш ніж на 25%.

Також небажано і збільшення в'язкості оливи в процесі експлуатації. Загустіння оливи, як правило, пов'язано з попаданням в нього великої кількості забруднень. Вважають, що олива підлягає заміні, якщо його в'язкість зросла більше, ніж на 35%.

Наявність палива в оливі можна також виявити по зміні температури спалаху у відкритому тиглі. Визначаючи температуру спалаху відрацьованої оливи і порівнюючи її з значеннями, отриманими для свіжої оливи, можна орієнтовно оцінити кількість палива в оливі.

Термін служби оливи в значній мірі залежить від накопичення в ньому нерозчинних забруднень. Одним з давно розроблених методів визначення вмісту нерозчинних частинок є метод «крапельної проби». Краплю відпрацьованої оливи за допомогою щупа, капають на особливий тип фільтрувального паперу. У сучасному варіанті суть методу полягає у вимірюванні за допомогою приладу непрозорості в декількох областях нанесеного плями шляхом його просвічування світловим потоком. Концентрація нерозчинних продуктів розраховується за калібрувальним даними приладу. Метод дозволяє встановити концентрації нерозчинних продуктів в межах 0,2 ... 3,5% мас.

Виділення нерозчинних частинок з відпрацьованої оливи може бути також здійснено центрифугуванням. Для цього зразок оливи розчиняють n-пентаном, n-гептаном або бензолом, а для придушення дії диспергируючих присадок додають коагулянт (n-бутілдіетаноламін). При центрифугуванні залишок зважують. Різниця

між залишками при використанні в якості розчинника n-пентану і бензолу може вказувати на кількість смол і окислених продуктів, що містяться в оливі, розчинених в бензолі.

Кількість нерозчинних продуктів в оливі може бути також визначено шляхом фільтрування його через фільтр Millipore з подальшим його зважуванням.

Одним з найбільш об'єктивних методів визначення вмісту нерозчинних частинок в оливі вважається термогравіметричний метод. При використанні цього методу близько 50 г оливи нагрівають в струмені азоту до 650°C зі швидкістю 50°C в хвилину. Після витримки зразка при 650°C протягом 5 хвилин оцінюють його масу. Потім в струмінь азоту вводять 100% повітря для окислення частинок нагару. Частку повітря а поступово збільшують до %. Коли маса зразка стабілізується, аналіз вважається закінченим. Цей метод дозволяє встановити як повну масу нерозчинних частинок, так і коксових продуктів, що окислюються повітрям.

Для оцінки впливу режиму доливання весь об'єм вибірки спостережуваних автомобілів (28 одиниць) був розділений на чотири групи в залежності від середнього об'єму доливання оливи. У першій групі об'єм доливання: за один раз оливи був від 1,5 до 3,5 л; у другій групі - від 3,5 до 5,5 л; в третій групі - від 5,5 до 7,5 л; в четвертій групі - від 7,5 до 10 л. У кожній групі фіксували середню за рейс температуру оливи в картері і тиск в системи мащення. Для вимірювання температури використовували термометр, який встановлювали на місце оливовимірювального щупа. Тиск оливи визначали за штатним манометром автомобіля на щитку приладів автомобіля. Температура оливи свідчить про його об'єм і аерацію. Зниження тиску оливи за період спостережень (три роки) багато в чому обумовлено зносом деталей, особливо підшипників колінчастого валу. Витрата оливи на угар визначали за об'ємом долитого до верхньої мітки на щупі. Інтенсивність старіння оливи прямо пропорційна температурі, тому з ростом об'єму доливання оливи вона також буде зростати.

Таким чином, запропонована програма і методика дослідження дозволяють оцінити зміну стану моторної оливи в процесі роботи і визначити нормативні (граничні) значення показників стану оливи, при яких його доцільно замінювати, а також параметри доливання оливи для компенсації його чаду.

Висновки за розділом

1. Відповідно до поставленої мети і сформульованими завданнями дослідження розроблена програма, що включає етапи теоретичних, експериментальних досліджень і практичних рекомендацій.

2. Розглянуто технічна база, необхідна для проведення досліджень, а також методи визначення необхідних показників оливи відповідно до програми досліджень.

3. Розроблено методику експериментальних досліджень зміни показників стану моторної оливи в процесі експлуатації і впливу режиму доливання оливи на його показники.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Залежності показників стану оливи від напрацювання

Зібрані і оброблені за наведеною в розділі 3 методикою експериментальні дані дозволили отримати параметри залежностей показників стану оливи від напрацювання (таблиця 4.1). Самі залежності наведені на рисунках 4.1 - 4.4.

Таблиця 4.1

Параметри залежності показників стану моторної оливи від напрацювання

Показники стану *	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	R^2
η , сСт	15,01	-0,728	0,0695	-0,0022	0,961
<i>C</i> , мг КОН/г	10,037	-0,616	0,048	-0,0014	0,952
t_b , °С	229,8	-5,591	0,69	-0,0254	0,98
Z , см ⁻¹	52,46	55,6	-3,45	0,173	0,883
ρ , кг/м ³	884,2	-1,505	0,168	-0,007	0,982

* η – кінематична в'язкість, сСт; *C* – лужне число, мг КОН/г; t_b – температура спалаху, °С; Z – забруненність, см⁻¹; ρ – щільність, кг/м³.

Як видно з таблиці 4.1, судячи з параметру достовірності R^2 , всі показники з високою тісністю зв'язку відповідають аналітичним залежностям.

Інтенсивність старіння оливи залежить не тільки від напрацювання, а й від умов доливання для компенсації чаду.

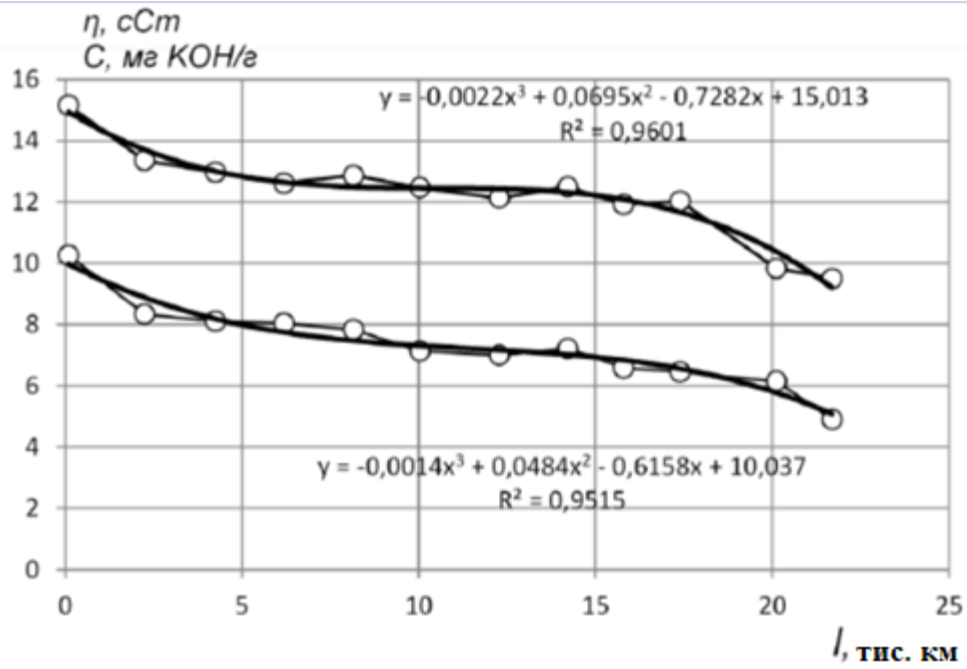


Рисунок 4.1 - Зміна лужного числа C і в'язкості η в процесі роботи моторної оливи по автомобілям КАМАЗ –Євро

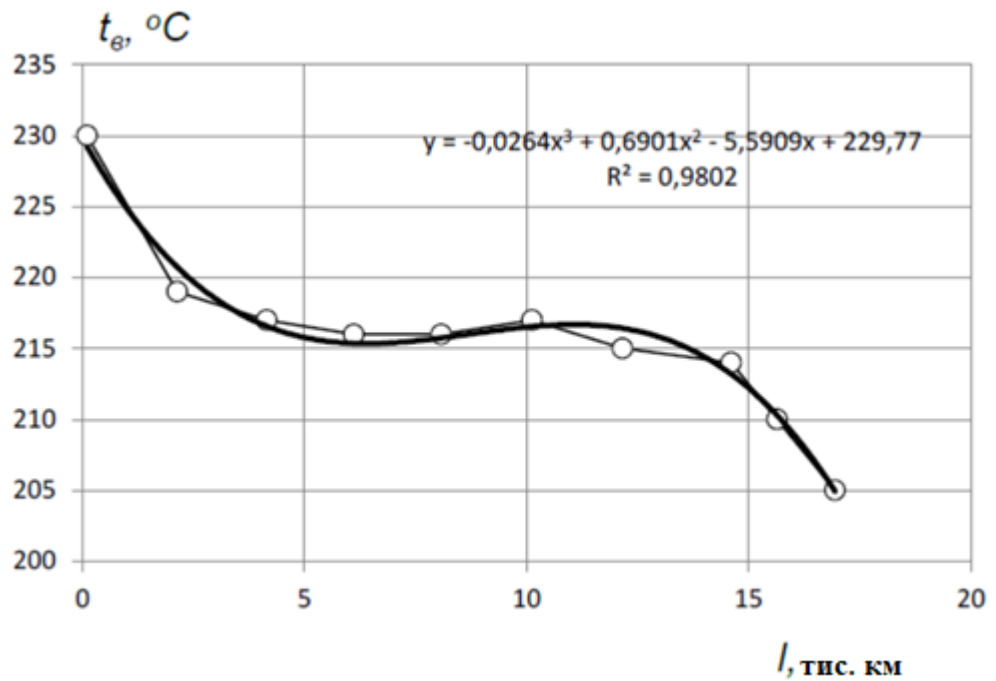


Рисунок 4.2 - Зміна температури спалаху t_b в процесі роботи моторної оливи по автомобілям КАМАЗ –Євро

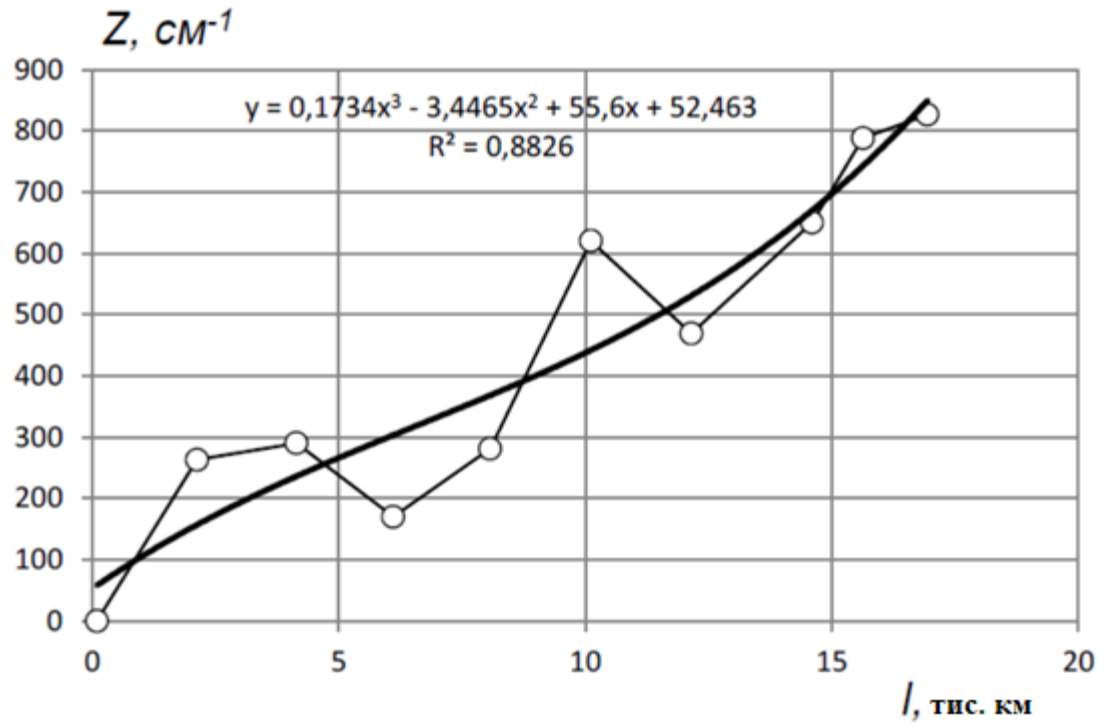


Рисунок 4.3 - Зміна забрудненості Z в процесі роботи моторної оливи по автомобілям КАМАЗ–Євро

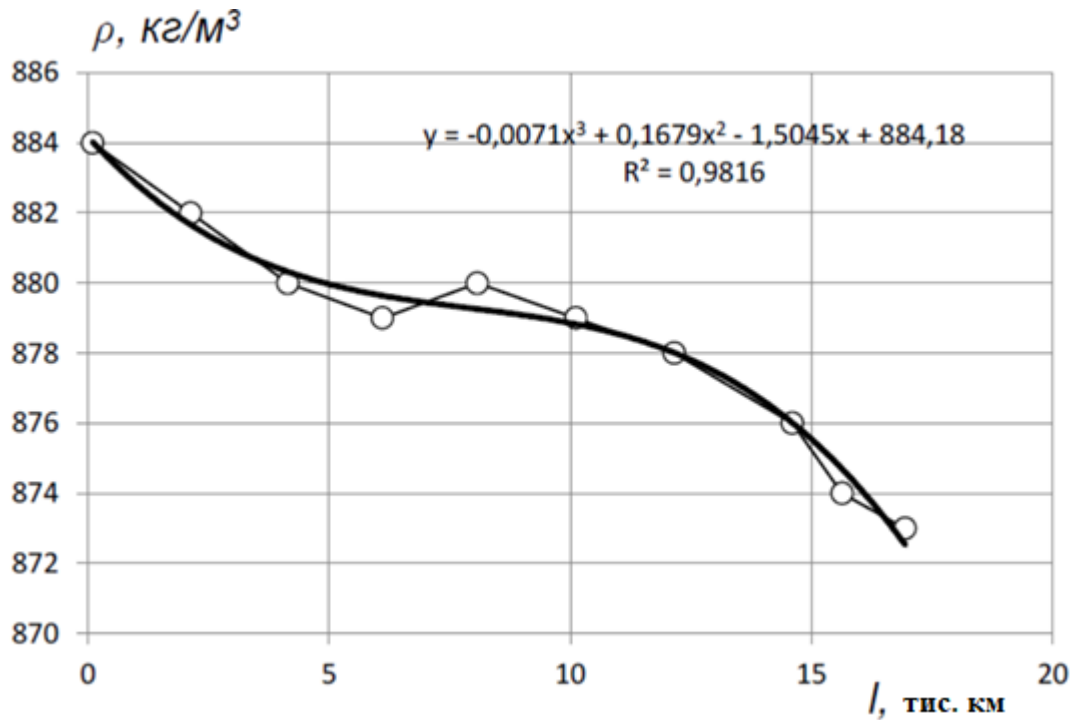


Рисунок 4.4 - Зміна щільності ρ в процесі роботи моторної оливи по автомобілям КАМАЗ–Євро

Обробка даних з доливу оливи по автомобілям підконтрольної партії дозволила отримати розподіл об'єму доливої оливи (рис. 4.5) і визначити його параметри (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2

Параметри розподілу об'єму доливання оливи

Показники	Середнє значення	Коефіцієнт варіації
Об'єм разового доливання, л	3,6	0,292
Питомий долив, л /тис. км	1,78	0,289

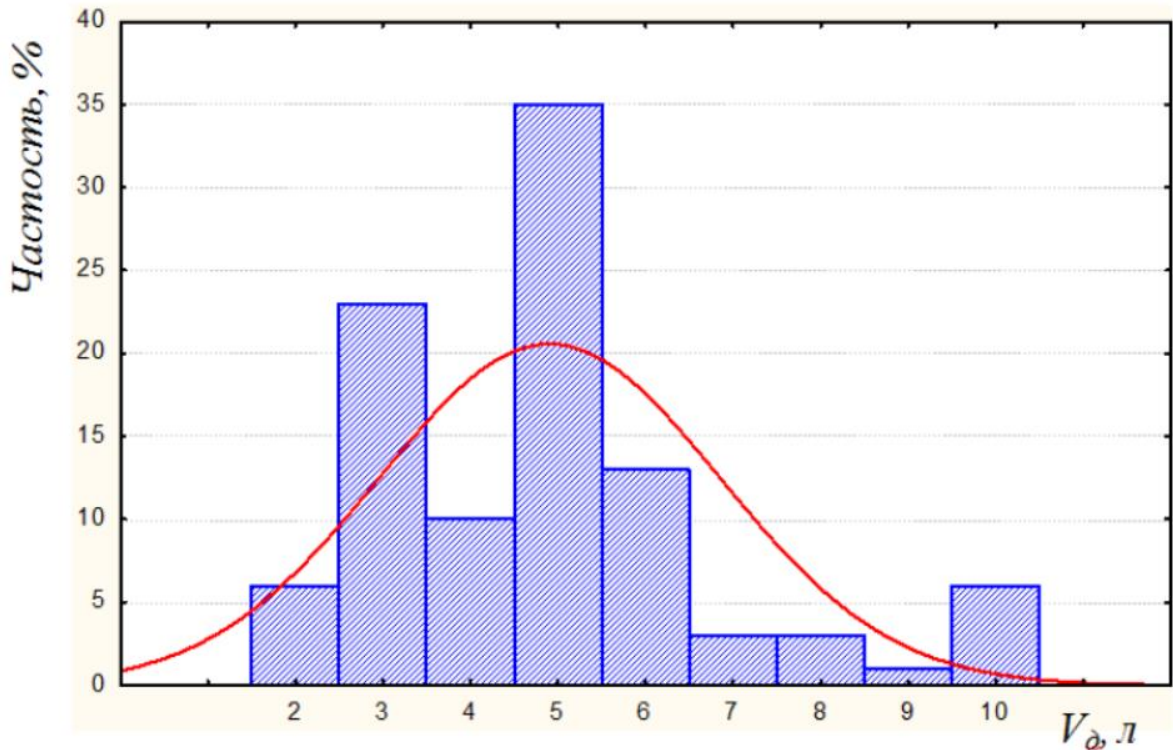


Рисунок 4.5 - Розподіл об'єму доливої оливи для компенсації чаду

З таблиці 4.2 видно, що об'єм і періодичність доливання оливи в два рази вище рекомендованих [125] значень. Крім періодичності доливання оливи на надійність двигуна впливає і об'єм долитої оливи.

4.2. Вплив об'єму доливання оливи на періодичність його заміни і надійність двигуна

Як було показано в другому розділі роботи, як і недолив (низький рівень оливи в картері), так і перелив (високий рівень оливи в картері), підвищують інтенсивність зношування деталей. За наведеною в третьому розділі методикою визначили параметри впливу об'єму оливи. Результати обробки експериментальних даних наведені на рис. 4.6 ... 4.8, а параметри залежностей наведені в таблиці 4.3.

Інтенсивність старіння оливи визначали з урахуванням зміни в'язкості і концентрації лужної присадки в процесі роботи оливи за його термін служби по автомобілям кожної групи за умовами доливання оливи.

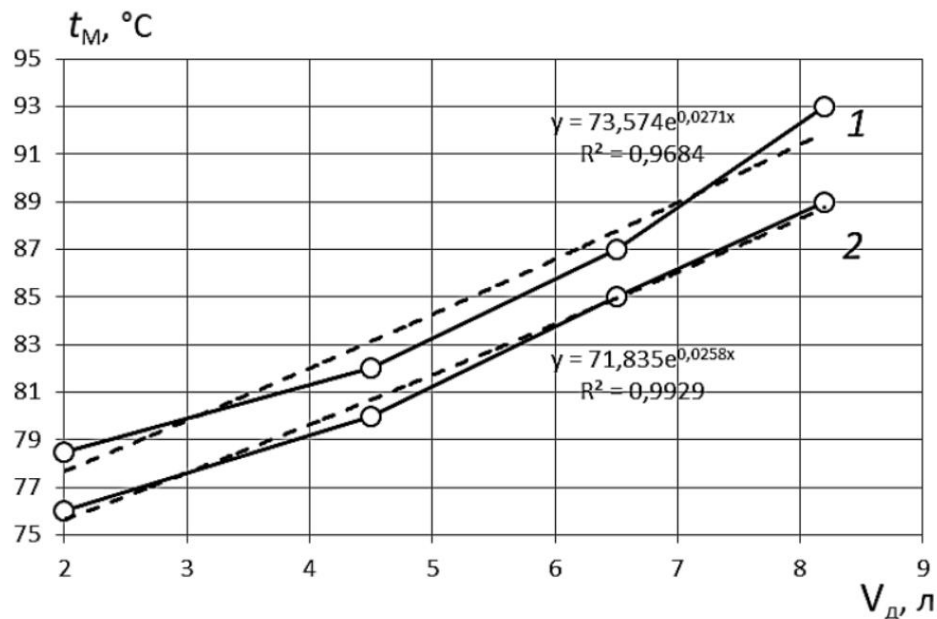


Рис. 4.6 - Залежність температури оливи в картері двигуна влітку (1) і взимку(2) від об'єму разового доливання

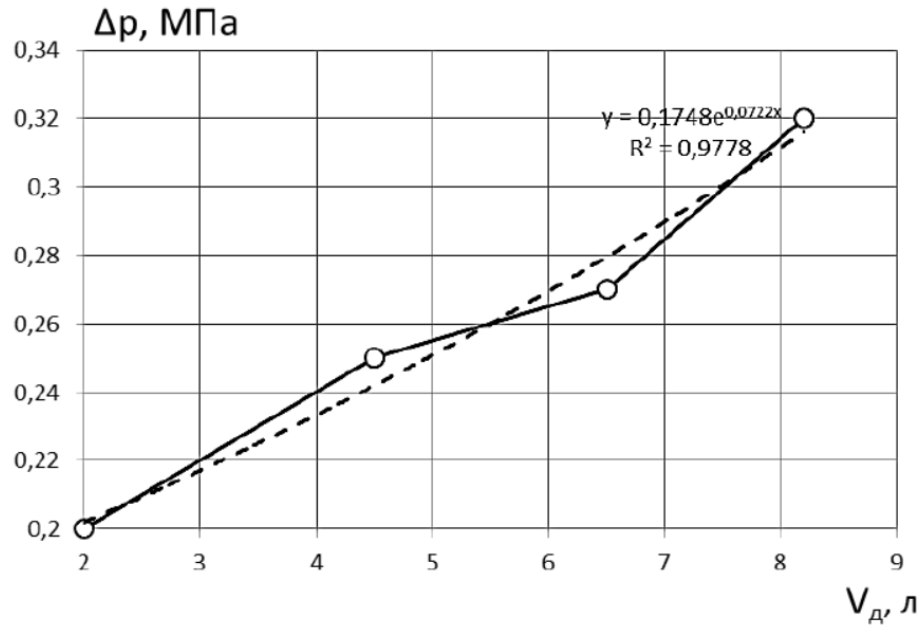


Рисунок 4.7 - Залежність зниження тиску в системі мащення двигуна за три роки експлуатації від об'єму разового доливання оливи

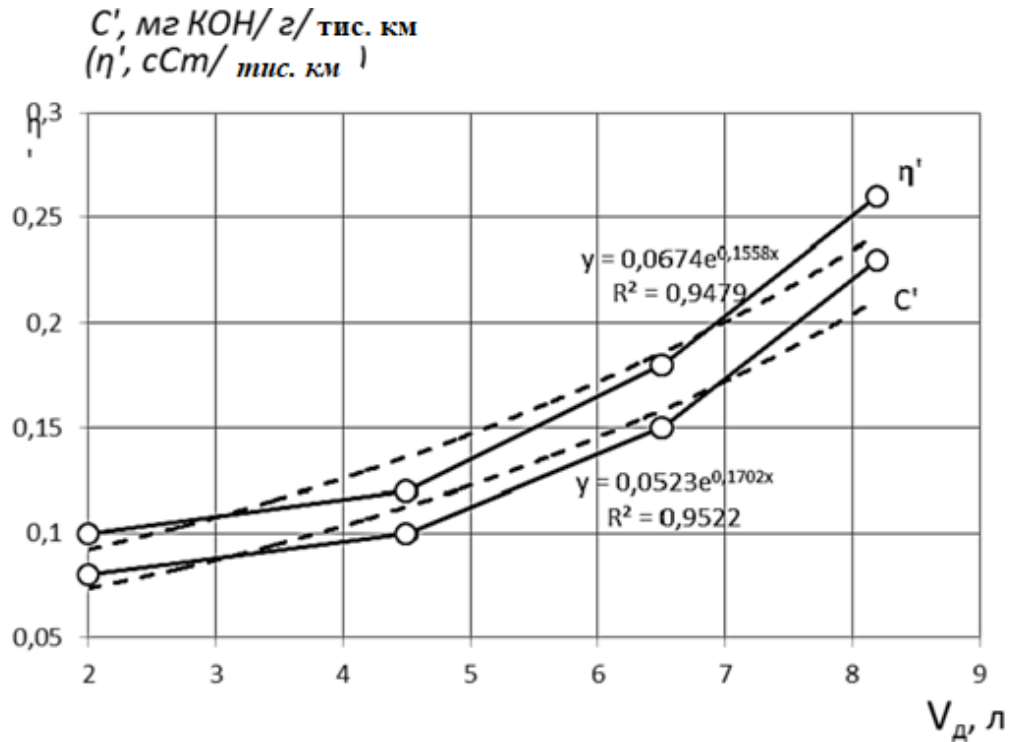


Рисунок 4.8 - Залежність інтенсивності зниження в'язкості η і лужності C оливи від об'єму разового доливання оливи

Параметри експоненціальної залежності показників стану оливи Y від об'єму разового доливання оливи V_{∂} ($Y = Ae^{b V_{\partial}}$)

Показник стану оливи	A	b	R^2
Температура в картері влітку, °С	73,574	0,0271	0,968
Температура в картері взимку, °С	71,835	0,0258	0,953
Зниження тиску в системі, МПа	0,175	0,0722	0,978
Інтенсивність зниження в'язкості оливи, сСт / тис. км	0,0674	0,1558	0,948
Інтенсивність зниження лужності, мг КОН / г / тис. км	0,0523	0,1702	0,952
R^2 - параметр достовірності даними.	лінії тренду	експериментальним	

З рисунку 4.7 видно, що при реальних режимах доливання оливи температура оливи змінюється на 13 ... 14 °С або на 15 ... 16%. Це викликає відповідне зростання інтенсивності зміни технічного стану двигуна (по зміні тиску в системі мащення - на 40 ... 44%) і інтенсивності старіння я оливи - на 75 ... 80%.

Для визначення оптимальних умов доливання оливи і використання автоматичного регулювання рівня оливи в картері необхідні дані по зв'язку рівня оливи в картері (по мітках на щупі) і об'ємом оливи в картері. Ці дані необхідні також при налаштуванні регулятора рівня оливи в картері.

Висновки за розділом

1. Всі показники стану оливи в картері двигуна в процесі експлуатації змінюються в основному за поліномом третього ступеня з високим ступенем достовірності. Ці залежно необхідно використовувати для розробки нормативів заміни і доливання оливи.

2. Фактично об'єм і періодичність доливання оливи в два рази вище рекомендованих значень при їх великій варіації.

3. При реальних режимах доливання оливи температура оливи змінюється на 13-14 ° С або на 15 -16%. Це викликає відповідну зміну інтенсивності зміни технічного стану двигуна (по зміні тиску в системи мащення - на 40-44%) і інтенсивності старіння оливи - на 75 -80%.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Нормативно-правова основа охорони праці

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Практично усі заходи з охорони праці базуються на законодавчих і нормативних положеннях. Основним законодавчим актом є Конституція України. Статті основного закону, які стосуються охорони праці, знаходяться у другому розділі Конституції України, який присвячений врегулюванню питань, пов'язаних з основами правового статусу людини й громадянина. До цих статей можна віднести: статтю 43, яка дає громадянину право на працю, на належні, безпечні і здорові його умови; статтю 44, яка надає право на страйк; статтю 45, яка надає право на відпочинок; статтю 46, яка надає право на соціальний захист, та багато інших статей. Усі ці статті знаходять свій подальший розвиток у Кодексі законів про працю України та у законі України “Про охорону праці”.

Згідно з законом України “Про охорону праці” показники умов праці на робочому місці, характеристики технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови, повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

В автомобільному транспорті є також свої “Правила охорони праці на автомобільному транспорті”, які регулюють питання з охорони праці на автомобільному транспорті. Дія цих Правил поширюється на всі автотранспортні підприємства і організації, а також підприємства, до складу яких входять транспортні цехи, дільниці, майстерні, гаражі тощо, незалежно від відомчої

належності та форми власності. Вимоги цих Правил є обов'язковими для всіх працівників при організації та виконанні робіт, які пов'язані з експлуатацією, профілактичним обслуговуванням та ремонтом транспортних засобів, а також при проектуванні та реконструкції підприємств, їх виробничих об'єктів, споруд, розробці технологічних процесів, устаткування тощо.

При виконанні робіт, які не є специфічними для підприємства, треба керуватись міжгалузевими правилами, нормами, стандартами та іншими нормативними актами з охорони праці. У разі зміни або перегляду “Правил охорони праці на автомобільному транспорті” та інших нормативних актів з охорони праці, вимоги яких поширюються на автотранспортні підприємства, треба керуватися заново затвердженими нормативними документами.

У разі відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконувати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, власник (керівник автотранспортного підприємства) зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду за охороною праці заходів, що забезпечують безпеку працівників.

На основі “Правил охорони праці на автомобільному транспорті”, типових інструкцій та інших нормативних актів з охорони праці власник підприємства зобов'язаний розробити і затвердити інструкції з охорони праці за професіями та на окремі види робіт з урахуванням фактичних умов проведення робіт, прийнятої організації і технології, наявності устаткування, оснастки, інструменту, засобів захисту та рівня підготовки виконавців.

Керівникам усіх рангів забороняється давати вказівки працівникам про проведення робіт, що суперечать чинним нормативним актам з охорони праці.

Кожний працівник повинен співробітничати з власником автотранспортного підприємства у справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильні заходи щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю, або людям, які його оточують, негайно

повідомляти свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу. У разі наявності на робочих місцях небезпечних і шкідливих виробничих факторів працівник, зайнятий на таких роботах, має право на безплатне лікувально-профілактичне харчування, забезпечення молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою солоною водою, на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги та компенсації, передбачені чинним законодавством. При роботі у шкідливих умовах, а також при роботах, пов'язаних із забрудненням або виконуваних у несприятливих температурних умовах, працівникам видаються безплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також миючі та знешкоджуючі засоби.

5.2. Структурно функціональний аналіз процесів дослідження властивостей моторних олів

В процесі використання лабораторних стендів з визначення властивостей моторних олів на його обслуговуючий персонал впливають різноманітні середовища та дії: окремі механічні (закріплення форсунки в тримач, поступове занурення форсунки у мийний розчин), хімічні (миюча рідина у спеціальній робочій ємності,), електричні (електрична система стенду із кабелями і проводами для перетворення струму промислової частоти в струм ультразвукової частоти). Обслуговуючий персонал має реагувати на такі зовнішні впливи в тих ситуаціях, коли вони не перебільшують допустимі рівні і тривалість. За умови, коли межі цих рівнів, а також тривалість перевищують встановлені значення, це може призводити до пошкодження чи ураження організму, які в багатьох випадках характеризують як нещасний випадок, травма.

Сам процес експлуатації лабораторних стендів з визначення властивостей моторних олив за допомогою спеціально призначеного обладнання характеризується деякою травмо- та аварійною небезпекою, яка в сукупності може подіяти на стан здоров'я обслуговуючого персоналу з негативної сторони. Стан безпечності праці на робочому місці оператора суттєво впливає на використання в цілому робочого часу, а також і на результати роботи. Через це організація і підтримка безпечних умов праці в процесі використання розробленого стенду є одним із чинників підвищення ефективності його використання в ремонті і діагностиці електромагнітних форсунок.

Чинники травмонебезпечних ситуацій та аварій характеризуються окремими особливостями, що впливають на формування умов та зростання ймовірності виникнення нещасних випадків під час експлуатації стенду. Для аналізу причин виникнення цих чинників потрібно зробити аналіз видів операцій, що виконуються і відбуваються в процесі експлуатації стендів з визначення властивостей моторних олив.

Таким чином можна стверджувати, що в процесі роботи внаслідок окремих подій можуть виникати як шкідливі, так і небезпечні чинники:

1) ймовірні опіки під час попадання робочої рідини на частини тіла оператора; 2) ураження електричним струмом через порушення в під'єднанні до мережі; 4) підвищена загазованість в робочій зоні стенду; 4) підвищена шумність і вібрації на робочому місці тощо.

5.3. Умови і обставини появи небезпечних ситуацій та їх наслідки

В процесі експлуатації з стендів визначення властивостей моторних олив виникають різні небезпечні чинники, що негативно впливають на життя та основні чинники, від яких залежить здоров'я працівників. Це відбувається, коли недотримуються правила техніки безпеки.

Для попередження травмування, запобігання ураження шляхом отримання опіків, ураженню електричним полем, зменшення впливу шуму і вібрацій, зниження рівня загазованості в місці роботи стендів потрібно проаналізувати проходження процесів формування та виникання аварій і травмонебезпечних ситуацій.

Окремі небезпечні зони стенду повинні бути недоступні для можливого попадання мийного розчину на частини тіла оператора, тобто захищені захисними щитами з відповідним кольором пофарбування, під'єднання генератора робочих імпульсів до мережі повинне бути надійним та захищеним.

Зупинимось на найпоширеніших ймовірних ситуаціях, які можуть виникнути та призвести до травмувань чи аварії за умови серйозного порушення обслуговуючим персоналом навчального стенду вимог безпеки табл. 4.1.

Таблиця 5.1. – Аналіз процесу формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
1	2	3	4	5	6
Експлуатація стенду. Блок-схема	НУ ₁ – пристрій не обладнаний захисним щитком; НУ ₂ – розміщення руки оператора у зоні пристрою. НУ ₁ → НУ ₂ →	НД ₁ – різкий рух руки. НД ₂ →	НС – попадання капель моторної оливи на тіло руки оператора; НС →	Т – травма; Т	Розробка і впровадження захисних пристроїв згідно вимог охорони праці. Контроль безпеки оператора перед процесом очистки.
Експлуатація стенду	НУ ₁ – ненадійна	НД ₁ – небезпечний рух руки;	НС ₁ – попадання капель моторної	Т А	Організувати контроль безпеки

Блок-схема	фіксація пристрою НУ ₂ - ненадійне під'єднання пристрою НУ ₁ →	дотикання до електрокабеля НД ₁ →	оливи на тіло руки оператора; Ураження електричним полем. НС ₁ → НС ₂ → Т		машини перед роботою; проводити інструктажі з техніки безпеки.
------------	--	--	---	--	--

Ураження тіла опіками виникає в результаті відсутності захисних щитків в застосовуваних стендах, або в процесі неправильної їх експлуатації, недосконалої його конструкції. Під впливом цього чинника оператор може дістати серйозні опіки. Для перешкодження цьому доцільно вчасно здійснювати заходи із розробки захисних конструкцій стенду.

Під час процесу обслуговування стенду може відбутися випадковий його запуск. Якщо частини тіла знаходяться у небезпечній зоні, тоді може статися небезпечна ситуація. Вона за конкретних дій обслуговуючого персоналу та певних обставин може призвести до його травмування – ураження електричним струмом.

У робочій зоні можуть спостерігатися випари робочої рідини та бути підвищена загазованість. З цієї причини для уникнення загазованості робочої зони потрібно мати справну витяжку робочу вентиляцію приміщення, де розміщений стенд.

Відповідно під час роботи з лабораторним стендом двигуна за певних обставин і небезпечних дій є ймовірність виникнення різних травмонебезпечних, а також та аварійних ситуацій. Проводячи їх аналіз, існує можливість розробки серйозних ефективних заходів стосовно запобігання і попередження – організаційні (інструктаж, навчання, екзаменування після перевірки знань, перевірка заземлення, контроль за справністю і безпечністю техніки тощо), технічні (виготовлення і встановлення захисних щитків та огорожень, розміщення в необхідних місцях

стенду захисних засобів від ураження струмом та запобігання опіків, перевірка та доцільність влаштування вентиляції тощо).

5.4. Проектування логічно-імітаційної моделі виникнення травм в процесі визначення властивостей моторних олів

Під час процесу формування та виникнення небезпек, виробничих аварій чи травм окремі випадкові події, що формують аварійну чи травмонезбезпечну ситуацію, зв'язані між собою наслідко-причинними зв'язками. Ці зв'язки характеризують кінцеві, проміжні та початкові події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) обстежують у процесі дослідження об'єктів виробництва, а кінцеві і проміжні входять до схеми чи основи аналізу окремих варіантів перебігу подій.

Процес побудови логічно-імітаційної моделі полягає в наступному. За присутності домінуючої події (явища) – травми через попадання на ділянки тіла муючого засобу розпочинається побудова моделі (“дерева подій”). За допомогою операторів “і” чи “або”, здійснюють аналіз набору ситуацій, які можуть визначити головну подію.

Визначають травмонезбезпечні ситуації, а також їх множину, що можуть бути присутніми в процесі. Встановлюють ще й другі події, що містяться в кожній такій ж ситуації, завдяки логічному аналізу із використанням операторів. Процес побудови моделі продовжується до того моменту, поки не будуть виявлені основні базові події, які характеризують межу моделі. Наприклад, подія базова “ контроль стану з охорони праці”. Для розрахунку імовірності потрібно встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня проводиться відповідний контроль на конкретному об'єкті. Якщо буде виявлено, що такий рівень перевірки рівний 20% або 30%, то імовірність, складає 0,2 і 0,3.

Після визначення ймовірності усіх подій, встановлених у ромбах, а також базових подій, розпочинаючи з лівої крайньої гілки “дерева”. Надалі позначають номерами випадкові події, які входять до моделі (рис. 4.1).

Розроблена логіко-імітаційна модель процесу становлення та виникнення травм буде вмещувати базові події з значенням ймовірності його появи (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Значення ймовірностей випадкових подій

№ п/п	Назва події	Ймовірність
1.	Стан контролю з охорони праці	$P_1 = 0,3$
2.	Професійний рівень оператора	$P_2 = 0,25$
3.	Досвід оператора	$P_4 = 0,15$
4.	Стан контролю з охорони праці	$P_5 = 0,05$
5.	Стан оператора	$P_6 = 0,2$
6.	Досвід роботи	$P_{7.1} = 0,15;$

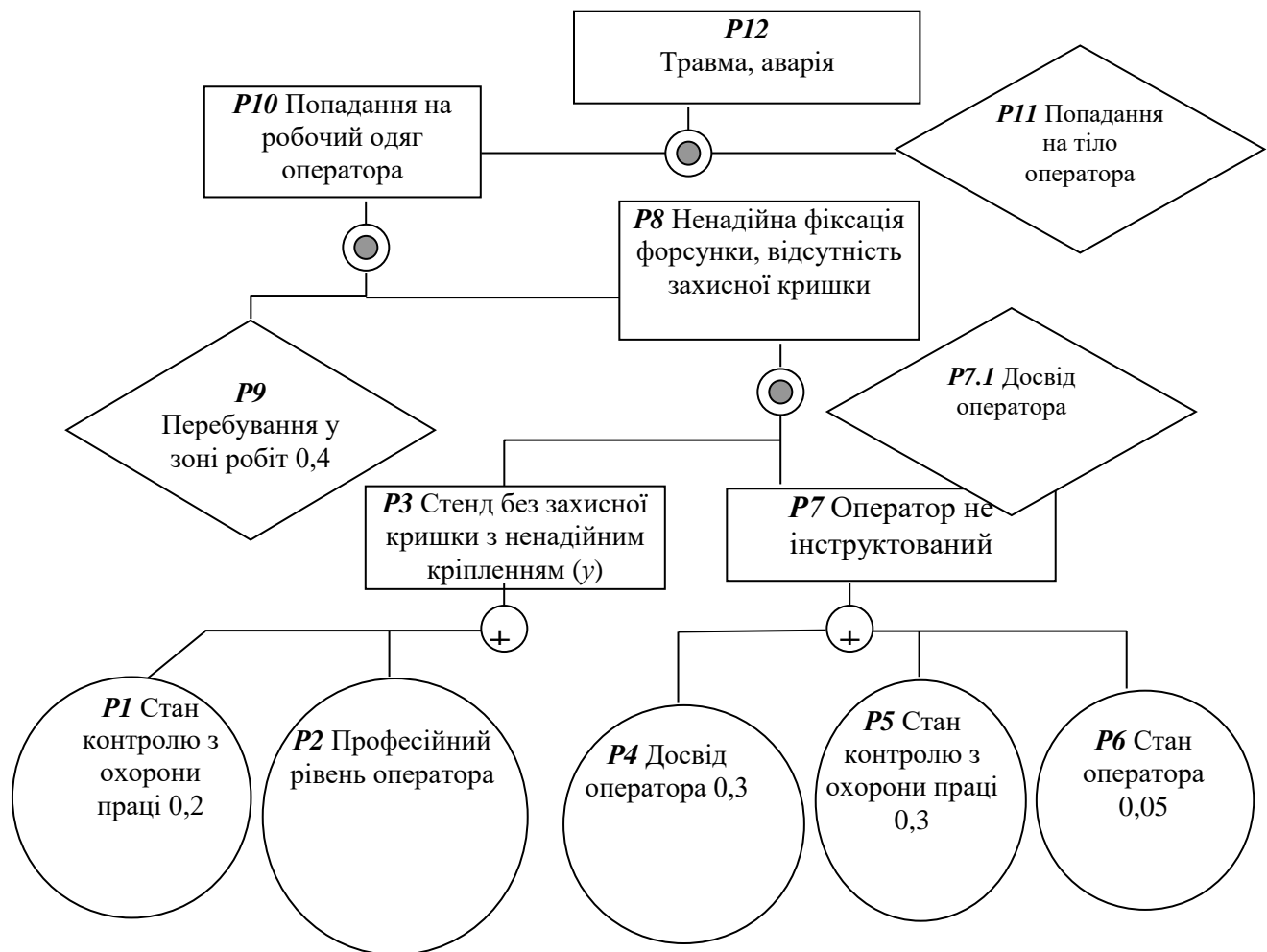


Рисунок 5.1 – Логіко-імітаційна модель появи та формування аварій

Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови травмування оператора, а саме отримання хімічних опіків, та розраховуємо ймовірності виникнення подій, які формують логіко-імітаційну модель цього травмування і призводить до травми (рис. 5.1).

Імовірність появи подій $P_3 - P_{12}$ розраховують за відомими формулами булевої математики, які відображають імовірності появи чи неяви травмонебезпечних подій. За розрахунками імовірність появи травми навчального майстра в процесі експлуатації стенду становить $P_{12} = 0,000025$. Іншими словами, на 100 аналогічних робочих місць може статися приблизно 0,0025 травм. Тобто імовірність настання травм є суттєво низькою для розробленого стенду.

Таким чином, дослідження травмувань і аварійності за принципом “логіко-імітаційної моделі”, а також обґрунтування міроприємств з безпеки праці, уможлиблюють зниження імовірності появи аварійних чи настання травмонебезпечних ситуацій.

5.5. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Кожен має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійних лих і на вимогу гарантій забезпечення реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, міністерств і інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування.

Держава як гарант цього права створює систему цивільної оборони, яка має на своїй меті захист населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного і військового характеру.

Кожна людина у випадках аварій, катастроф стихійних лих повинен уміти захистити себе, свою сім'ю і надати допомогу таким, що постраждав.

Необхідності цього вимагає саме життя, наша дійсність. Науково-технічний прогрес значно збільшив можливості виробництва, але приніс з собою техногенну і екологічну небезпеку для людини і навколишнього середовища. Більшість регіонів держави підпадають під вплив небезпечних природних явищ. От чому кожний з нас винен добре знати і уміти для збереження здоров'я і життя.

Автотранспортне підприємство може опинитися в зоні надзвичайних ситуацій тих видів, що потребують евакуації персоналу. Але працівники АТП можуть бути залучені до евакуації населення, тому в даному розділі розглянемо саме цей випадок.

Евакуація населення виконується у наступних випадках:

- загальної аварії на атомній електростанції (код НС 10500 та 10510);
- всіх видів аварії зі СДЯР, наслідки яких загрожують життю і здоров'ю людей, що проживають в зоні можливого ураження (код НС 10520);
- загрози катастрофічного затоплення місцевості (коди НС 10720, 11110, 11120, 11130, 20260, 20310, 20311, 20314, 20420, 20510, 20590);
- масових лісових і торфових пожежах, що загрожують населеним пунктам (коди НС 20600, 20610, 20620, 20630, 20640);
- катастрофічних землетрусів та інших геофізичних та гідрометеоявищ з тяжкими наслідками (коди НС 20110, 20200, 20210, 20220, 20230, 20240, 20250, 20260 та ін.);

При проведення часткової евакуації завчасно вивозиться незайняте у виробництві та обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, разом з викладачами та вихователями, студенти, пенсіонери та інваліди, які перебувають у будинках для осіб похилого віку, разом з обслуговуючим персоналом і членами їх сімей.

Щоб організовано провести евакуацію, не допустити паніки і загибелі людей необхідно:

- завчасно планувати евакуацію населення;

- визначити райони, придатні для розміщення евакуйованого з небезпечних зон населення;
- організувати оповіщення керівників підприємств і населення про початок евакуації; організувати управління евакуацією;
- турбуватись про життєзабезпечення в місцях розміщення евакуйованого населення;
- організувати навчання дітей під час проведення евакуації.

Евакуація – це упорядковане виведення чи вивезення людей з об'єктів і населених пунктів, перебування і яких стає небезпечним для життя. Основна мета евакуації – забезпечення безпеки кожної людини і всіх. Евакуації підлягають цінності, документація та архівні матеріали.

Масштаби евакуації на АТП залежать від величина поширення ураження чи загрози надзвичайної ситуації. Успішність проведення евакуації залежить від підготовленості керівництва об'єктів, населених пунктів, адміністративних територій, керівників держави, населення, сил і засобів.

Розрізняють такі види евакуації:

- а) загальна евакуація – АТП звільняє повністю;
- б) часткова евакуація – звільняється частина АТП (цехів, приміщень). При частковій евакуації необхідно обмежити виробничу діяльність і збільшити шанси на врятування, така евакуація в будь-яку мить може перерости в загальну евакуацію;
- в) негайна евакуація є терміновим заходом, якщо надзвичайна подія (пожежа, вибух, аварія та ін.) уже виникли або може виникнути в обмежений відрізок часу. Кожен з названих видів евакуації під впливом обстановки, що змінюється, може перерости в негайну евакуацію;
- г) тимчасова евакуація – проводиться при порівняно невеликій, тимчасовій загрозі (підняття рівня води, хімічна аварія на віддалені та ін).

д) евакуація робітників з небезпечної зони (крім зон карантину) проводиться у разі загрози життю та здоров'ю людей. Евакуації підлягає все населення району, якому загрожує небезпека. Евакозаходи можуть мати масовий характер і здійснюватись у стислі строки із залученням всіх видів транспорту або поступово залежно від обстановки.

Приводом для планування евакозаходів є прогнозовані рівні та дози радіації, ступені радіоактивного забруднення, концентрації або щільності хімічного зараження, які перевищують допустимі дози і можуть призвести до довгострокових або непоправних наслідків для життя і здоров'я людей.

Підставою для практичного проведення евакозаходів є фактичні показники обстановки в разі надзвичайної ситуації, рішення уряду щодо проведення евакозаходів, у невідкладних випадках рушення керівника місцевої представницької та виконавчої влади території де сталося лихо.

Евакуаційні заходи АТП передбачають завчасну розробку планів евакуації, підготовку зон і районів розміщення для нормальної життєдіяльності евакуйованого населення, підготовку всіх видів транспорту, створення необхідних структур і органів управління на період евакуації, проведення комплексу заходів для охорони громадського порядку і підтримання організованості серед населення.

Евакуйовані постійно проживають у замиській зоні до особливого розпорядження.

Замиська зона – це територія, розміщена за межами можливих руйнувань у містах.

В обстановці загрози населенню особливого значення набуває термін евакуації людей за межі небезпечних зон. За таких умов у мінімальний термін евакуацію можна провести комбінованим способом, який полягає у тому, що масове виведення із небезпечної зони пішки поєднується з вивезенням деяких категорій населення всіма видами наявного транспорту.

Транспортом вивозять формування ЦО, робочі зміни підприємств, які продовжують виробничу діяльність у небезпечній зоні, населення, яке не може саме пересуватися. Решту населення організовано виводять пішки.

Евакуація робітників і членів сімей проводиться за виробничим принципом, тобто через об'єкти господарювання. Евакуація населення, не пов'язаного з виробництвом, проводиться за територіальним принципом – за місцем проживання, через домоуправління і житлово-експлуатаційні органи. Діти евакуюються разом з батьками, але можливе вивезення їх зі школами і дитячими садками.

Проведенням евакуаційних заходів займаються начальники і штаби ЦО об'єктів господарювання, керівники домоуправлінь і житлово-експлуатаційних органів, а також міські й районні евакуаційні комісії.

Основним документом, який визначає обсяг, зміст, термін проведення евакуації населення, є план цивільної оборони з розділом про захист населення. На основі плану евакуації для допомоги штабам ЦО у містах, районах і на об'єктах, господарства (підприємствах, організації і навчальні заклади) створюються евакуаційні комісії, а у сільській місцевості – евакоприймальні комісії.

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, що створюється для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з цивільної оборони і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством.

Висновки за розділом

1. Використання стенду ультразвукової очистки електромагнітних форсунок автомобільних двигунів передбачає застосування найменшої кількості ручних робіт, що значно зменшує ймовірність виникнення аварій, травм та небезпечних ситуацій під час виконання певних операцій;

2. Під час оцінки рівня небезпеки виникнення аварій та травм в процесі ультразвукової очистки електромагнітних форсунок побудовано логічно-імітаційну модель, яка дозволяє передбачити усі потрібні заходи безпеки.

РОЗДІЛ 6. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ

6.1. Аналіз параметрів системи мащення двигунів КАМАЗ - 740 і КАМАЗ-ЄВРО

Практика експлуатації двигунів КАМАЗ показала, що долив оливи для компенсації чаду, проводиться нерегулярно по періодичності (від 200 до 3000 км) і за об'ємом (від 2 до 10 л) [2]. При таких параметрах доливання оливи імовірна робота двигуна як в режимі оливного голодування при низькому рівні оливи в картері, так і в режимі спінювання при контакті елементів колінчастого валу з олівам при надмірно високому рівні (рисунок 2.2). В тому і в іншому випадку не забезпечується стабільний оливний шар між деталями для підтримки гідродинамічної системи мащення і мінімальної інтенсивності зношування.

Для з'ясування зв'язку об'єму оливи в картері і його рівня на оливовимірюючому щупі була складена наступна програма.

На двигуні КАМАЗ -740 під час заміни оливи були визначені:

- об'єм залитої оливи до появи слідів оливи на оливовимірному щупі;
- об'єм залитої оливи до досягнення нижньої мітки на оливовимірному щупі;
- об'єм залитої оливи до досягнення верхньої мітки на оливовимірному щупі;
- залежність рівня оливи в картері від залитого об'єму;
- відстань від рівня оливи при досягненні верхньої мітки на щупі до рівня противаги колінчастого валу при положенні кривошипа в ВМТ;
- об'єм оливи, необхідного для компенсації різниці в рівнях, вказаних в попередньому пункті.

Експеримент проводили в наступному порядку:

1. Установка вимірювача рівня оливи в картері.

2. Поступовий налив оливи в двигун і контроль за підвищенням рівня оливи в картері і зміною рівня на оливовимірному щупі.

Результати представлені на рис. 5.1.

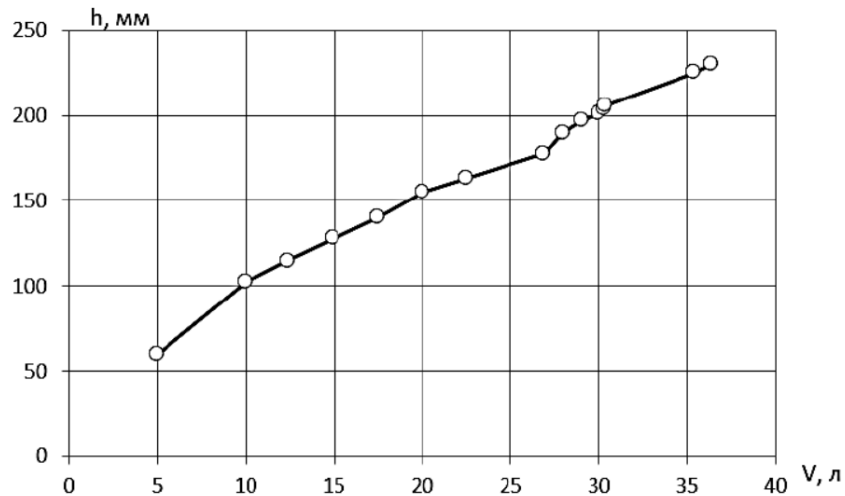


Рисунок 6.1 - Залежність рівня оливи в картері двигуна КАМАЗ-740 по оливовимірному щупу від об'єму залитої оливи

Внаслідок проведеного експерименту були отримані наступні значення:

1. Об'єм залитої оливи до появи слідів оливи на оливовимірному щупі дорівнює 26,9 л.
2. Об'єм залитої оливи до досягнення нижньої мітки на оливовимірному щупі 28 л.
3. Об'єм залитої оливи до досягнення верхньої мітки на оливовимірному щупі 30,35 л.
4. Відстань від рівня оливи при досягненні верхня мітки на щупі до рівня противаги колінчастого валу при положенні кривошипа у ВМТ 24 мм.
5. Об'єм оливи, необхідної для компенсації різниці в рівнях, вказаних в попередньому пункті - 6 л.

З порівняння креслення оливного картера двигуна КАМАЗ -740 і рисунку 6.1 видно, що графік повторює профіль днища картера. Крім того, видно, що об'єм оливи між мітками на щупі становить не 4 л, як зазначено в [1], а 2,35 л.

Максимально допустимий об'єм оливи в системі 36,35 л, а не 28 л, як зазначено в [1]. Різниця в об'ємі оливи у допустимих межах становить 8 л (30%), що істотно позначиться на тепловому режимі і ресурсі двигуна.

Аналогічні вимірювання були виконані і по двигуну КАМАЗ-ЄВРО-4 . Отримані наступні результати (рис 6 .2):

1. Об'єм залитої оливи до появи слідів оливи на оливовимірному щупі дорівнює 15,5 л.
2. Об'єм залитої оливи до досягнення нижньої мітки на оливовимірному щупі 20 л.
3. Об'єм залитої оливи до досягнення верхньої мітки на оливовимірному щупі 23,75 л.
4. Відстань від рівня оливи при досягненні верхньої мітки на щупі до рівня противаги колінчастого валу при положенні кривошипа в ВМТ 35 мм.
5. Об'єм оливи, необхідної для компенсації різниці в рівнях, вказаних в попередньому пункті - 7,75 л.

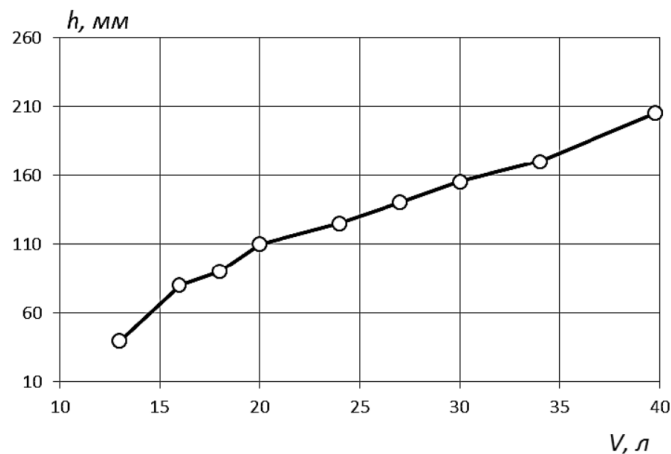


Рисунок 6.2 - Залежність рівня оливи в картері двигуна КАМАЗ-ЄВРО 4 по оливовимірному у щупу від об'єму залитого оливи

На двигуні КАМАЗ -Євро-4 об'єм оливи між мітками на щупі становить 3,75 л., а максимально допустимий об'єм оливи в системі 31,5 л. Різниця в об'ємі оливи в допустимих межах становить 7,75 л (24%). За різними модифікаціями серійних

двигунів КАМАЗ -Євро норма заправки оливи знаходиться в межах 28 ... 31 л, а по спеціалізованим двигунам - 28 ... 37 л. Це позначається на тепловому режимі двигуна та інтенсивності старіння оливи.

Зазначені параметри необхідно використовувати при розробці практичних рекомендацій по регулюванню рівня оливи в картері двигуна.

6.2. Практичні рекомендації з регулювання рівня оливи в картері двигуна

Основна рекомендація даного дослідження - це підтримка оптимального рівня оливи в картері за рахунок режиму доливання. При цьому необхідно враховувати нелінійний зв'язок об'єму оливи і рівня його по щупі. Отримані в попередньому розділі залежності дозволяють встановити оптимальний режим доливання оливи: об'єм і періодичність.

З урахуванням наведених факторів при сформованій дохідній ставці по автомобілях КАМАЗ-ЄВРО 20 грн / км були визначені питомі витрати на долив оливи і на усунення відмов з причини системи мащення, які наведені на рис. 6.3.

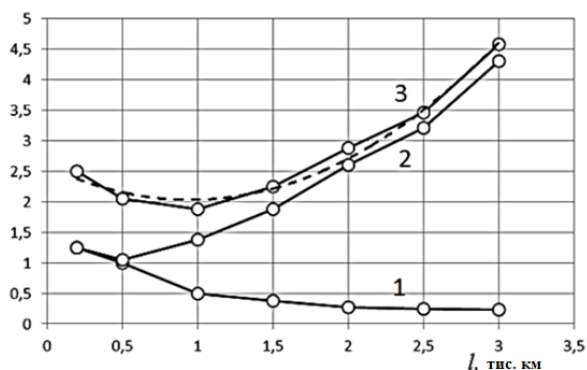


Рисунок 6.3 - Залежність питомих витрат на долив оливи (1), на поточний ремонт (2) і сумарні (3) від періодичності доливання оливи

Обробка даних сумарних питомих витрат за поліномом другого ступеня і розрахунок оптимального значення періодичності доливання по похідній, що дорівнює нулю, показала, що оптимальне напрацювання до доливання оливи є 1

тис. км. Тобто, за термін служби оливи доцільно 17 разів доливати оливу в об'ємі 1,8 - 2 л за один долив.

Виходячи з наведених у четвертому розділі даних, при цьому режимі доливання будуть мінімальними: температура оливи в картері, інтенсивність зміни технічного стану двигуна і інтенсивність старіння оливи. Отже, за цих умов доливання будуть максимальними ресурс двигуна і термін служби оливи.

Забезпечення такого напруженого режиму доливання в процесі експлуатації є досить трудомістким процесом. До того ж на величину долитої оливи впливає безліч причин суб'єктивного і об'єктивного характеру: кваліфікація і характер водія, стабільність поставок оливи (за часом і асортиментом), рівень контролю якості профілактики системи мащення та інші. Тому для зниження негативного впливу зазначених факторів доцільно використовувати автоматичний пристрій - регулятор рівня моторної оливи (РРО) в картері двигуна, схема якого представлена на рисунку 6.4. Пропонований РРО є елементом функціонального тюнінгу автомобіля, що виконується за бажанням експлуатуючі автомобілі особи.

Регулятор складається з оливного картера 1, бачка 2, індикатора рівня оливи в бачку 3, клапана 4, вимикача 5, гнучкого оливопроводу 6, датчика рівня оливи в картері 7, електропроводу, що з'єднує датчик, клапан і індикатор з акумулятором автомобіля.

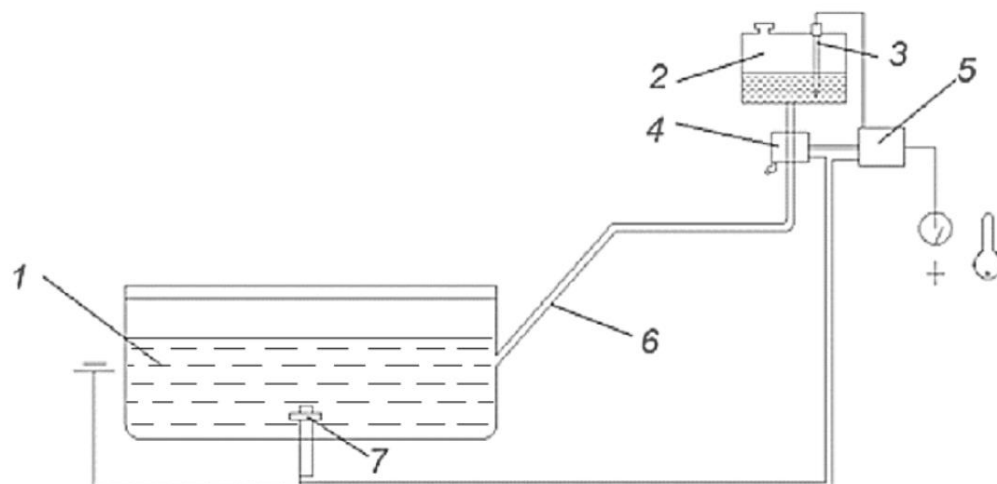


Рисунок 6.4 - Схема регулятора рівня оливи в картері двигуна

1 - оливний картер; 2 - бачок; 3 - індикатор рівня оливи в бачку; 4 - клапан; 5 - вимикач; 6 - гнучкий оливопровід; 7 - датчики рівня оливи в картері

Принцип роботи РРО у наступному: система регулювання включається водієм вимикачем 5 при непрацюючому двигуні і нерухомому автомобілі. При зниженні рівня оливи нижче верхньої позначки на оливовимірному щупі датчик 7 подає сигнал на клапан 4, який відкривається і олива з бачка 2 надходить в картер двигуна 1. При досягненні оливою рівня верхньої мітки оливовимірного щупа по сигналу датчика 7 клапан 4 закривається, і подача оливи в картер двигуна припиняється. При закінченні оливи в бачку індикатор 3 інформує водія про необхідність доливання оливи в бачок.

Використання РРО дозволяє уникнути роботи двигуна при рівні оливи в картері за межами міток на оливовимірному щупі, що знижує ймовірність аварійних пошкоджень підшипників колінчастого валу і циліндро-поршневої групи двигуна. Розроблено технології складання і сервісу РРО. Технологія складання РРО приведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Технологія складання РРО для двигуна КАМАЗ - 740.320

Перелік та об'єми виконання робіт по монтажу регулятора рівня оливи в картері двигуна			
№ п\п	Найменування робіт	Опис робіт	трудомісткість, люд./год
1	Злити оливу з картера двигуна	Відповідно до технологічної карти робіт ТО-2	0,5
2	Зняти картер двигуна	Відповідно до технологічної карти робіт капітального ремонту	0,28

3	Промити картер двигуна	Для промивання використовувати дизельне паливо, потім витерти деталі картера ганчіркою	0,4
4	Просвердлити два отвори в перегородці картера для кріплення датчика рівня оливи	Діаметр отворів 6 мм	0,24
5	Закріпити датчик рівня оливи на перегородці картера	Гвинт з різьбою М6	0,24
6	Закріпити бак для оливи на панелі кабіни	Використовувати хомут і 2 гвинти з різьбою М6	0,3
7	З'єднати бак з датчиком рівня оливи шлангом через клапан	Використовувати шланг поліетиленовий з внутрішнім діаметром 12 мм і відповідні хомути	0,54
8	Встановити індикаторну лампу на приладовій панелі	Використовувати резервні отвори в панелі або зробити додаткові отвори	0,4
9	З'єднати проводом клапан з датчиком і індикатором	Використовувати провід електропроводки низького ланцюга напруги (за електричною схемою)	0,3
10	Приєднати електричну схему до акумуляторної батареї	Відповідно до загальної електричної схеми регулятора рівня оливи	0,2

Профілактика РРО полягає в періодичному візуальному контролі його елементів і параметрів спрацьовування датчиків і клапанів. Періодичність профілактики РРО дорівнює періодичності ТО-2 або заміни моторної оливи.

Альтернативою РРО є, долив оливи через 1000 км пробігу автомобіля не вище верхньої мітки на щупі.

6.3. Техніко-економічна оцінка ефективності роботи

Для оцінки економічного ефекту даного дослідження слід порівняти витрати на профілактику системи мащення двигунів і забезпечення працездатності двигунів з витратами при запропонованій удосконаленій системою мащення.

Однією зі складових річного економічного ефекту є скорочення витрат від оптимізації доливання оливи. Нині долив оливи здійснюється через 2000 км із середніми питомими витратами 1 грн/км. При запропонованій періодичності доливання оливи 1000 км питомі витрати становлять 0,67 грн./км. Відповідно, при річному пробігу автомобіля 60000 км, річний економічний ефект складе: $E_T = 60000 \text{ км} \cdot 0,27 \text{ грн./км} = 16200 \text{ грн.}$

З урахуванням вартості РРО загальний річний економічний ефект складе 49500 грн на один автомобіль КАМАЗ -Євро.

Висновки за розділом

1. На тепловий режим і ресурс двигуна істотно впливає різниця в об'ємі оливи в допустимих межах 8 л (30%)
2. Встановлено оптимальні режими доливання моторної оливи: періодичність 1000 км, об'єм 1,8-2 л.
3. При оптимальному режимі доливання будуть мінімальними: температура оливи в картері, інтенсивність зміни технічного стану двигуна і інтенсивність старіння оливи, а отже, максимальними ресурс двигуна і термін служби оливи.
4. Економічний ефект від використання результатів дослідження становить 49500 грн на один автомобіль КАМАЗ - ЄВРО.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що при однаковому об'ємі системи мащення у форсованих двигунах збільшується приріст температури оливи, що веде до інтенсифікації процесів його старіння і підвищення інтенсивності зношування деталей двигуна. Обґрунтовано аналітичні залежності інтенсивності старіння моторної оливи і інтенсивності зміни технічного стану циліндро-поршневої групи і підшипників колінчастого валу двигуна від об'єму оливи в картері форсованих двигунів.

2. Експериментально визначені параметри залежностей основних показників моторної оливи від напрацювання і об'єму його доливання в картер форсованих двигунів КАМАЗ -Євро. Встановлено, що при реальних режимах доливання оливи його температура змінюється на 13 -14 °С. Це викликає відповідну зміну інтенсивності зміни технічного стану двигуна (по зміні тиску в системі мащення і - на 40-44%, за зростанням витрати оливи на чад - на 270-290%) і інтенсивності старіння оливи - на 75-80%.

4. Використання практичних рекомендацій з підтримки функціонального стану системи мащення форсованих двигунів КАМАЗ -Євро (з об'ємом доливе 1,8-2 л. при періодичності 1 тис. км. або з використанням розробленого регулятора рівня оливи в картері) забезпечує економічний ефект в середньому 16200 грн. на один двигун КАМАЗ -Євро в рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна цільова програма "Ліси України" на 2010-2015 роки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2009 р. № 977. – К., 2009. – 35 с.
2. Жулан О. Ю. Раціональний підхід до організації стратегії технічного обслуговування і ремонту дизелів / О. Ю. Жулан // Науковий вісник НЛТУ України : Технологія та устаткування деревообробних підприємств. – 2009. – Вип. 19.10. – С. 94–98.
3. Войцеховська Ю. В. Інноваційні аспекти оновлення технологічного обладнання виробничих систем / Ю. В. Войцеховська, А. О. Мавріна, Г. Р. Копець // Науковий вісник НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.5. – С. 340–345.
4. Кіндрацький Б. І. Раціональне проектування машинобудівельних конструкцій : монографія / Б. І. Кіндрацький, Г. Т. Сулим. – Львів : Вид-во КІНТАПРІ ЛТД, 2003. – 280 с.
5. Тітова Л. Л. Алгоритм розподілу об'ємів відновлення працездатності вантажних машин / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2016. – Вип. 167. – С. 290–296.
6. Тітова Л. Л. Вагомість критеріїв при визначенні технічного рівня МЕЗ в системі технічного обслуговування / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2016. – Вип. 134. – С. 282–286.
7. Тітова Л. Л. Удосконалення технічного контролю транспортних засобів / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна наука, освіта, виробництво: європейський досвід для України» (17–18 листопада 2015 року). – Житомир: ЖНАЕУ, 2015. – С. 210–213.

8. Тітова Л. Л. Методичні положення потреби в мобільних засобах техобслуговування МЕЗ / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 146–152.

9. Тітова Л. Л. Обґрунтування технічних заходів підтримання працездатності вантажних машин / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2015. – Вип. 160. – С. 189–195.

10. Патент на корисну модель 105161 України, МПК В60Р 3/00 Мобільний засіб відновлення працездатності мобільних енергетичних засобів / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський ; заявник і патентовласник Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський. – № u201507796 ; заявл. 05.08.15 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.

11. Патент на корисну модель 105162 України, МПК В60R 11/00 В60R 99/00 Мобільний засіб відновлення працездатності мобільних енергетичних засобів / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський ; заявник і патентовласник Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський. – № u201507797 ; заявл. 05.08.15 ; опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.

12. Патент на корисну модель 104884 України, МПК В60Р 3/14 Е04Н 15/00 В60S 5/ Мобільний засіб відновлення і контролю технічного стану мобільних енергетичних засобів / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський ; заявник і патентовласник Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський. – № u201507798 ; заявл. 05.08.15 ; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.

13. Тітова Л. Л. Обґрунтування режимів відновлення працездатності вантажних машин / Л. Л. Тітова // Збірник тез доповідей І-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Інженерія систем природокористування" (11 листопада 2015 року) в рамках роботи XII Міжнародної агропромислової виставки «Агрофорум–2015». – К., 2015. – С. 90–93.

14. Войтюк В. Д. Мобільні засоби технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки в Україні (XX – початок XXI ст.) / В. Д. Войтюк, С.

I. Вечурко та ін. ; ред. В. А. Вергунов ; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. с.-г. б-ка, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К. : ФОРМ "Корзун Д. Ю.", 2013. – 140 с.

15. Titova Liudmyla, Nadtochii Oleksander Analysis of multi-channel system of mass service // ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 3. P. 11—18.

16. Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Rogovskiy I.L., Titova L.L., Lendiel T.I., Dudnyk A.O., Masiuk M.Yu. The numerical simulation of hydrodynamics and mass transfer processes for ventilating system effective location // INMATEH. Agricultural Engineering. 2018. Bucharest. Vol. 56. No 3. P. 185—192. Scopus. WoS.

17. Taylor J. C. A statistical theory of depreciation / Taylor J. C. // The Journal of the American statistical Association, December, 2013. – P. 66–74.

18. Dethoor J. M. L'avis des équipements investissement. Renouvellement Maintenance / J. M. Dethoor. – Paris : Duhod, 2008. – P. 23–27.

19. Hwang C. L. Multiple Objective Decision Making / C. L. Hwang, A. Masud // Methods and Applications : A State of the Art Survey", Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems No, 164, Springer-Verlag, New York, 2009. – P. 101–103.

20. Derman C. Replacement of Periodically Inspected Equipment / C. Derman, Y. Sisk // Naval Res. Logist Quart. 2010. – № 4. – P. 75–83.

21. Fogel A. Die modernen Technologien im Maschinenbau / A. Fogel. – Berlin, 2006 – 304 p.

22. Максимів В. М. Моделювання процесів функціонування автоматизованих ліній деревообробки : монографія / В. М. Максимів. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1997. – 184 с.

23. Chausov, M., Brezinová, J., Pylypenko, A., Maruschak, P., Titova, L., Guzanová, A. Modification of mechanical properties of high-strength titanium alloys

VT23 and VT23m due to impact-oscillatory loading. (2019) *Metals*. 2019. Vol. 9. Is. 1. № 80; doi:10.3390/met9010080 (ISSN 2075-4701; CODEN: MBSEC7)

24. Zagurskiy, O.N., Titova, L.L. Problems and prospects of blockchain technology usage in supply chains. *Journal of Automation and Information Sciences*, 51 (11) 2019., pp. 63-74.

25. Student, M., Gvozdetsky, V., Student, O., Prentkovskis, O., Maruschak, P., Olenyuk, O., Titova, L. The Effect of Increasing the Air Flow Pressure on the Properties of Coatings during the Arc Spraying of Cored Wires. *Strojnický Casopis* Volume 69, Issue 4, 1 December 2019, Pages 133-146

26. Hrynkiv, A., Rogovskii, I. Aulin, V., Lysenko, S., Titova, L., Zagurskiy, O., Kolosok, I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters for a cylinder-piston group in the diesel engine during operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5-105), 2020. pp. 19-29.

27. L L Titova, Yu M Chernik, Yu O Gumenyuk and M M Korobko Research of Daubechies Wavelet spectrum of vibroacoustic signals for diagnostic of diesel engines of combine harvesters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 548. Issue 3. 032030. doi:10.1088/1755-1315/548/3/032030

28. Oleksandr Voinalovych, Leonid Aniskevych, Myhailo Motrich, Liudmyla Titova. Rationale of acceptable risk of using tractors with operational damages of responsible parts. *Proceedings of 19th International Scientific Conference “Engineering for rural development”*. Jelgava, Latvia, May 20-22, 2020, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 19, pp. 784-792. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N451. Scopus.

29. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Інноваційність типів технічних засобів відновлення працездатності вантажних машин. Збірник тез III-ї міжнародної наукової конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» (19-20 березня 2015 р.) / НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. С. 52–54.

30. Тітова Л.Л. Стационарні та мобільні засоби технічного обслуговування лісових МЕЗ. Збірник тез доповідей ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перші наукові кроки – 2015» (23-24 квітня 2015 року): зб. наук. праць / за заг. ред. І.М. Бендери, В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2015. С. 221 – 222.

31. Тітова Л.Л. Забезпечення відновлення працездатності вантажних машин спеціалізованими ланками. Збірник тез доповідей ІІ Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» (17-18 лютого 2015 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. С. – 131 – 135

32. Тітова Л.Л. Управління технічною готовністю вантажних машин на етапі відновлення їх працездатності. Збірник тез доповідей ІІІ-ї міжнародної наукової конференції «Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції та біопалива в АПК» в рамках роботи ХХVІІ Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2015» (05-06 червня 2015 року). – К., 2015. С. 37 –38.

33. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. АСПР в системі відновлення працездатності лісових МЕЗ. Тези ІІІ Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми конструювання, експлуатації та ремонту обладнання лісового комплексу». – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. С. 57 – 60

34. Роговський І.Л., Тітова Л.Л., Є. Красовські. Оптимізація періодичності технічного обслуговування лісових МЕЗ. Збірник тез доповідей ХVІ Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2015 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2015. С. 172 – 174

35. Тітова Л.Л. Обґрунтування режимів відновлення працездатності вантажних машин. Збірник тез доповідей І-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Інженерія систем природокористування" (11 листопада 2015 року) в

рамках роботи XII Міжнародної агропромислової виставки «Агрофорум–2015». – К., С. 90 – 93

36. Тітова Л.Л. Управління технічною готовністю вантажних машин на етапі відновлення їх працездатності. Збірник тез доповідей II-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного виробництва» (9-10 листопада 2016 року) / Міністерство освіти і науки України; Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016., С. 220–222.

37. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Ефективність управління відновленням працездатності вантажних машин. Збірник тез доповідей XV міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (23–27 березня 2015 року) присвячену 201-річчю з дня народження Т.Г. Шевченка під гаслом «І чужому научайтесь, й свого не цурайтесь...» – С. 66–67.

38. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Функціональні можливості системності відновлення працездатності вантажних машин. Зб. наук. пр. “Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка“. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – Вип. 178. – С. 100–106.

39. Valeriy D. Voytyuk, Ivan L. Rogovski, Liudmyla L. Titova Choice of modulator, demodulator and signal transmission in system synthesis technical support for early diagnosis of internal diseases of cattle. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології виробництва зернових культур 2017» в рамках VI Міжнародної виставки інноваційних рішень у зерновому господарстві «Зернові технології 2017» (16 лютого 2017 року) – К., 2017. – С. 76–78.

40. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Структура та функціональні зв'язки фірмових технічних центрів АПК. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (21 березня 2017 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2017. С. 89–92.

41. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. АРМ і чинники продуктивності технічного сервісного вантажних машин. Автоматика – 2017: XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління, м. Київ, Україна, 13–15 вересня 2017 року: тези конференції. Київ. 2017. С. 199-200.

42. Роговський І.Л., Тітова Л.Л. Основні положення індексування параметрів технічного стану вантажних машин. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: XI Міжнародна науково-практична конференція. м. Кропивницький, Україна, 1–3 листопада 2017 року: матеріали конференції. Кропивницький. ЦНТУ. 2017. С. 138—140.