

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів та транспортних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи
освітнього ступеня магістр

Галузь знань 27 - «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

на тему: «Порівняльний аналіз витрати моторних олив великовантажних
кар'єрних автосамоскидів»

Виконав: студент групи ААГ - 19м



Зайцев В.О.

Керівник



к.т.н., доц. Колодницька Р.В.

Завідувач кафедри



к.т.н., доц. Шумляківський В.П.

Рецензент



Титаренко Р.Е.

Житомир - 2022 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів та транспортних технологій
Освітній ступінь «магістр»
Галузь знань 27 «Транспорт»
Спеціальність 274 - Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
доц. Шумляківський В.П.

«___» _____ 2022р.

З А В Д А Н Н Я

до магістерської роботи освітнього ступеня магістр

Зайцева Віталія Олександровича

1. Тема роботи: **«Порівняльний аналіз витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів»** затверджена наказом вищого навчального закладу від «12» жовтня 2022р. №464/с

Керівник роботи: к.т.н., доц. Колодницька Р.В.

2. Строк подання студентом завершеної роботи: 14.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: відомості про моторні оливи, які використовуються в двигунах автосамоскидів, умови роботи транспортних засобів, статистика витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів, дані про напрацювання двигунів(в мотогодинах)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, стан питання та завдання дослідження, дослідження змін властивостей моторних олив у процесі експлуатації, порівняльний аналіз витрати моторних олив

5. Пояснювально - роздавальний матеріал (презентація) - 12 слайдів.

Дата видачі завдання « 10 » вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Стан питання та завдання дослідження	17.09.2022	
2.	Дослідження змін властивостей моторних олів у процесі експлуатації	08.10.2022	
3.	Порівняльний аналіз витрати моторних олів	22.10.2022	
4.	Оформлення роботи	04.12.2022	
5.	Захист роботи	28.12.2022	

Студент

 Зайцев В.О.

Керівник роботи

 к.т.н., доц. Колодницька Р.В.

РЕФЕРАТ

Магістерської роботи на тему: «Порівняльний аналіз витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів», виконаної студентом групи ААГ-19м, факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки державного університету «Житомирська політехніка» Зайцевим Віталієм Олександровичем під керівництвом к.т.н., доц. Колодницької Р.В.

У роботі розглянуто питання, які стосуються витрати моторних олив двигунами великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

В роботі розроблено методику визначення норм витрати оливи залежно від питомої витрати палива для великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел.

Ключові слова: *моторна олива, аналіз, автосамоскид, витрати, угар, долив.*

ABSTRACT

Master's thesis on the topic: "Comparative analysis of engine oil consumption of heavy-duty quarry dump trucks" by a student of the AAG-19m group, Faculty of Computer-Integrated Technologies, Mechatronics and Robotics of the State University "Zhytomyr Polytechnic" by Vitaly Oleksandrovich Zaitsev under the supervision of Ph.D., Assoc. Kolodnytska R.V.

The work deals with issues related to the consumption of motor oils by the engines of heavy-duty quarry dump trucks.

The work has developed a methodology for determining oil consumption norms depending on the specific fuel consumption for heavy-duty quarry dump trucks.

The work consists of an introduction, three chapters, general conclusions and a list of used sources.

Key words: *motor oil, analysis, dump truck, costs, soot, topping up.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. Стан питання та завдання дослідження.....	10
1.1. Аналіз умов експлуатації автосамоскидів.....	10
1.1.1. Загальні відомості.....	10
1.1.2 Дорожні умови.....	13
1.2. Якісний аналіз сучасного асортименту моторних олив для великовантажних автотранспортних засобів.....	15
1.3. Фактори, що впливають на термін служби та витрати моторних олив у процесі експлуатації.....	23
Висновки до розділу.....	30
РОЗДІЛ 2. Дослідження змін властивостей моторних олив у процесі експлуатації.....	31
2.1 Основні експлуатаційні властивості моторних олив.....	37
2.2 Методи оцінки фізико-хімічних та експлуатаційних показників якості моторних олив.....	44
2.3 Дослідження змін властивостей моторних олив у процесі експлуатації.....	44
Висновки до розділу	51
РОЗДІЛ 3. Порівняльний аналіз витрати моторних олив.....	52
3.1 Збір інформації з витрат моторних олив підконтрольних автосамоскидів.....	52
3.2 Аналіз витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів..	59
3.2.1. Загальні положення.....	59
3.2.2 Визначення витрати палива автосамоскидами з урахуванням конструктивних особливостей та технічних параметрів.....	61
3.2.3 Експериментальна частина.....	62
3.2.4. Статистичний аналіз вибірки значень питомої витрати оливи на долив.....	63
3.2.5. Кореляційний аналіз систем випадкових величин.....	68
Висновки до розділу	79
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

Україна має унікальні паливно-енергетичні ресурси, які для її незалежності та економічної потужності мають визначальне стратегічне значення. Запаси нафти, газу частково забезпечують власні потреби. На сьогоднішній день це одна з найвигідніших сфер вкладення капіталу.

Автомобільний транспорт відіграє відповідальну роль транспортному комплексі незалежної України, регулярно обслуговуючи підприємства, організації.

Вирівський гранітний кар'єр (Рівненська область) є одним з найбільших видобувних підприємств України. Вся гірська маса перевозиться кар'єрними автосамоскидами або в комбінації з стрічковими конвеєрами.

За роки розробки кар'єру накопичено великий досвід експлуатації зарубіжних кар'єрних автосамоскидів.

З початку 2008 р. вводяться в експлуатацію нові кар'єрні автосамоскиди БелАЗ 75131. Їхні техніко-експлуатаційні показники істотно не відрізняються від самоскидів інших закордонних виробників, нові самоскиди відрізняються високою надійністю агрегатів та вузлів, впровадженням сучасних електронних систем контролю параметрів роботи машини загалом.

Ефективність використання транспортних засобів залежить від досконалості організації технічного обслуговування (ТО) і планово-попереджувальних ремонтів (ППР), що дозволяють зберігати рухомий склад у певних межах значень параметрів, що характеризують їхню здатність виконувати необхідні функції виконуваних робіт.

Робота автосамоскидів у важких гірничо-геологічних умовах експлуатації впливає як на надійність, довговічність агрегатів, так й на зміну якості, ресурс і витрата експлуатаційних матеріалів, особливо моторних оливи.

Витрата моторної оливи двигуном є не лише одним з основних критеріїв технічного стану та ресурсу двигуна, але й має більший вплив на загальні

експлуатаційні витрати, зважаючи на підвищену вартість сучасних олив з присадками.

Витрата оливи двигуном складається з витрати на періодичну заміну всієї оливи, що знаходиться в системі мащення і витрати компенсовані доливом для підтримки необхідного рівня оливи в картері.

Долив оливи відбувається через те, що необхідно компенсувати зміну об'єму оливи в двигуні, яка викликається згорянням оливи, що проникає в камеру згоряння, та випаровуванням оливи на нагрітих деталях двигуна. Величина доливу залежить від якості оливи (його випаровування, в'язкості, індексу в'язкості); режиму роботи двигуна (температури, навантаження, частота обертання та ін.)

У ряді випадків для нових двигунів витрата оливи на долив становить 60-70% від її загальної витрати. Для двигунів, що пройшли капітальний ремонт, ця величина ще вища.

В даний час парк автомобілів України поповнюється сучасними автомобілями зарубіжного виробництва. Введення в експлуатацію таких сучасних автомобілів нового покоління пов'язане з низкою проблем:

- організація технічного обслуговування та ремонту;
- розроблення нормативів сервісного обслуговування;
- підбір асортименту, розробка норм витрати та встановлення оптимальних термінів служби пально-мастильних матеріалів та ін.

Вирішення цих проблем потребує значних трудових, матеріальних та паливно-енергетичних ресурсів, насамперед палив, моторних олив, мастильних матеріалів, спеціальних та охолоджуючих рідин.

Проблема підвищення ефективності використання, економії експлуатаційних матеріалів дуже складна та багатогранна.

Правильний підбір оливи дозволяє значно продовжити термін служби ДВЗ. Рациональне застосування та економне витрачання моторної оливи є актуальним завданням дня.

Застосовуючи правильно підібрану оливу, можна помітно покращити економічну ефективність використання двигуна за рахунок подовження термінів його безвідмовної роботи, зменшення обсягу роботи та зниження трудовитрат на експлуатацію.

У зв'язку з цим, визначення норм та розробка методики розрахунку витрати оливи є метою цієї роботи.

Актуальність роботи: зі зростанням парку автомобілів, що експлуатуються в Україні проблеми ресурсозбереження набувають важливого значення. Підтримка автомобілів у технічно справному стані багато в чому залежить від діагностики та якісного проведення їх технічного обслуговування та ремонту, якості мастильних матеріалів. Для системи змащення двигунів великовантажних кар'єрних автосамоскидів в даний час використовують імпортні оливи, що відповідають вимогам заводів-виробників двигунів. Такі оливи гостродефіцитні та дорогі. У зв'язку з цим, проведення “порівняльного аналізу витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів” є важливим науково-технічним завданням. Крім того, дослідження витрати моторних олив дозволить суттєво знизити витрати на мастильні матеріали.

В даний час на витрату моторних олив великовантажних автосамоскидів, що експлуатуються у важких кар'єрних умовах, впливають такі фактори як: складні гірничо-геологічні умови кар'єру, режим роботи автосамоскидів та їх технічний стан, що є причиною підвищеного споживання дорогих олив.

Вивчення витрати олив залежно від потужності та технічного стану двигуна, а також умов експлуатації, має велике значення, в умовах ринкових відносин, у зниженні собівартості перевезень та економії матеріальних витрат.

Мета роботи: порівняльний аналіз витрати моторних олив для великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

Завдання:

- проаналізувати причини, що впливають на норму витрати моторних олив та класифікувати умови експлуатації систем кар'єрного автотранспорту;

- провести оцінку зміни якості моторної оливи в процесі експлуатації шляхом визначення зміни в'язкості, лужного числа, температури спалаху та вмісту продуктів зношування в оливі;

- провести порівняльний аналіз витрати оливи на доливку внаслідок втрат та угару, а також залежно від технічного стану двигуна;

- встановити залежність між питомою витратою палива, мотогодин роботи двигуна і відповідно її нормою витрати оливи на доливку, з урахуванням віку машини.

Предметом дослідження є витрата моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів і факторів, що впливають на них в процесі експлуатації, зміна властивостей олив в залежності від напруження двигуна.

Об'єктом дослідження є моторні оливи.

Методи та методологія дослідження: відповідно до поставленого завдання за основу методу дослідження було взято системний аналіз експериментальних даних. На основі методології дослідження були покладені результати експериментальних досліджень, у ході яких, відповідно до плану експерименту, отримані дані були оброблені, проаналізовані та зведені в таблиці та графіки, що дозволяють швидко та якісно зіставляти отримані результати.

Наукова новизна: якісне та кількісне виявлення залежності витрати моторних олив з урахуванням конструкції двигуна, умов експлуатації та якості моторних олив. Науково-обґрунтований підбір, використання та визначення норм витрати моторних олив.

Практична цінність: використання отриманих даних при розрахунку обсягів витрати моторних олив у великовантажних кар'єрних автосамоскидах.

РОЗДІЛ І. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз умов експлуатації автосамоскидів

1.1.1. Загальні відомості

Система кар'єрного автотранспорту - це одна з найбільш складних та динамічних технічних систем гірничого виробництва, від надійного функціонування якої залежить не тільки робота самого гірничого підприємства, а й суміжних виробництв - збагачувальних фабрик, перевантажувальних пунктів та ін.

Враховуючи суттєву складову в економіці народного господарства країни гірничодобувної промисловості та те, що значна частка її зосереджена у віддалених регіонах, за інтенсивного залучення у відпрацювання невеликих за розмірами родовищ корисних копалин кар'єрний автотранспорт на найближчі 20-30 років залишатиметься одним із найперспективніших.

Експлуатація засобів автомобільного транспорту в глибоких кар'єрах має суттєві особливості, що визначають, зрештою, його ефективність.

Ці особливості полягають у наступному:

- безперервний (двох-трьохзмінний) режим роботи автосамоскидів;
- складний профіль автомобільних доріг (спуски та підйоми з великими позовжніми ухилами - величина середньозваженого ухилу досягає 6%, наявність серпантинів, затяжних поворотів тощо);
- переважний напрямок руху з вантажем на підйом;
- велика кількість тимчасових автомобільних доріг із щебеневим покриттям (до 85-90%), неякісний стан дорожнього полотна;
- постійне погіршення умов експлуатації, пов'язане зі зниженням гірничих робіт до 18-20 м на рік, а в зоні реконструкції кар'єрів до 50-60 м на рік;
- жорсткі кліматичні умови, коли перепад температур у штильовий період досягає 20°C між верхньою та нижніми відмітками кар'єру.

Завдання вибору моделі автосамоскида для конкретних умов експлуатації останніми роками стає для гірничодобувних підприємств дедалі актуальнішим. Самостійність підприємств дозволяють фахівцям враховувати у проектах використання як машин виробництва країн СНД, а й зарубіжних аналогів. При цьому часто виникає ситуація, коли експлуатаційники одночасно можуть розглядати до 3-5 альтернативних моделей самоскидів одного класу вантажопідйомності. При використанні машин вантажопідйомністю більше 120 т виникає проблема вибору ще й типу трансмісії - з гідромеханічною (тільки фірма "Caterpillar") або з електромеханічною (БелАЗ, "Dresser", "Euclid", "Unit Rig", "Komatsu").

Один із основних показників, що характеризують самоскид - термін його служби. І хоча одні й ті самі машини різних на підприємствах мають відмінні (до 2 раз) фактичні терміни служби, визначальним критерієм, що вказує на перевагу певної фірми, і те, що вартість запасних частин протягом терміну служби транспортного засобу віднесена на одиницю транспортної роботи чи на мотогодину, має бути мінімальною.

Автосамоскиди особливо великої вантажопідйомності провідних фірм мають ресурс 60000 мотогодин (мгод). При цьому визначальним вузлом машини є рама, термін служби якої повинен дорівнювати терміну служби транспортного засобу. Як показує практика, термін служби машин залежить переважно від гірничотехнічних умов.

Крім того, необхідно враховувати такі фактори:

- середньозважену висоту підйому гірничої маси, а не глибину кар'єру;
- модель автосамоскида (машини одного класу вантажопідйомності мають різні експлуатаційні показники - КТг, продуктивність і т.д.);
- партію машин, оскільки часом якість наступної партії може поступатися якістю попередньої.

Важливо також врахувати умови роботи кар'єрних автосамоскидів рис.1.1.



Рис.1.1. – Умови роботи кар'єрних автосамоскидів

Значним резервом підвищення ефективності експлуатації машин є використання всіх потенційних можливостей існуючої системи ППР.

В даний час на більшості автобаз кар'єрів з ряду причин практично не проводять планових ремонтів.

За даними на Вирівському кар'єрі після впровадження необхідної технології будівництва та утримання доріг було суттєво покращено показники роботи автотранспорту: витрата палива знизилася на 7%, собівартість транспортування - на 3%, пробіг шин збільшився на 18%, коефіцієнт використання парку - на 15% тощо. Крім того, при плануванні дорожніх робіт необхідно враховувати і те, що на більшості кар'єрів спостерігається стійке збільшення кількості відмов у літню пору (на 25%) порівняно із зимовим періодом[1].

На певну увагу заслуговує звітна інформація про роботу рухомого складу на гірничодобувних підприємствах, яка містить від 30 до 50 техніко-економічних показників (ТЕП). При цьому у всіх звітах відсутні дані, що вказують вік одного середньооблікового самоскида, висоту підйому вантажу, що перешкоджає виконанню порівняльної оцінки ефективності експлуатації машин на різних підприємствах.

Крім того, доцільним є обґрунтування максимально допустимої швидкості руху самоскидів у кар'єрі, а також регламентування вимог до рівня дорожнього полотна.

Розширення сфери застосування автотранспорту при поглибленні кар'єрів та обмеження кар'єрного простору з урахуванням кліматичного фактору змінює екологічну обстановку на гірських підприємствах у гірший бік. На ряді родовищ складається ситуація, коли їх доопрацювання відкритим способом при подальшій недооцінці екологічних аспектів буде неможливим або малоефективним. І хоча питанням провітрювання кар'єрів присвячено чимало досліджень, простої їх через загазованість досягають до 2500 год на рік. Тому при виборі моделі автосамоскида та дизеля необхідно враховувати витрату палива. В тих самих гірничотехнічних умовах паливна економічність різних моделей самоскидів відрізняється до 65% на одиницю транспортної роботи. Перспективним є оснащення нейтралізаторами та системами пилогазоочищення. Доцільно на кожную модель автосамоскида складати екологічний паспорт протягом усього термін служби.

1.1.2 Дорожні умови

Виїмка та транспортування - основні процеси технології видобутку корисних копалин. Якщо на частку процесу виїмки припадає близько 20-25% витрат на відкриту розробку родовищ, то переміщення гірських порід 30-50%. Для забезпечення ефективності процесу виїмки застосовуються різні способи підготовки гірських порід, основним з яких є розміщення гірського масиву за

допомогою буропідричних робіт. Частка витрат за ці роботи досягає до 30-40% від повної вартості відкритого видобутку.

Роботи з підготовки процесу переміщення гірських порід включають прохідку розкривних виробок і транспортних берм і спорудження транспортних комунікацій. Витрати ж на спорудження та утримання технологічних автошляхів кар'єрів становлять переважно 5-8% від витрат на транспортування гірничої маси автотранспортом, чи 1,5-4,0 % від вартості відкритого видобутку. Причому щонайменше дві третини від них йде на утримання та ремонт.

Дороги на робочих уступах, термін служби яких, як правило, від декількох місяців до одного-півтора років, виконуються у вигляді шару, що вирівнює, товщиною 20-30 см на скельному ґрунті і близько 50 см, якщо робочий уступ представлений слабонесучими породами. Цей шар формується найчастіше з дрібнодроблених розкривних порід і ущільнюється бульдозерами та грейдерами в процесі планування, а потім автосамоскидами в процесі їхнього робочого руху. Звісно, ступінь ущільнення таких доріг недостатня і нерівномірна.

Дефекти проїзної частини дороги, що визначають її рівність, та просипи гірської маси з кузова автосамоскидів є істотними факторами витрат за основними статтями калькуляції собівартості тонно-кілометра автотransпортної роботи (рис. 1.1). Причинами деформацій та руйнувань проїжджої частини технологічних доріг є недостатня міцність дорожніх шарів, конструкція яких лише приблизно враховує природні умови роботи доріг, параметри автотransпортного потоку, що переміщається, та фізико-механічні властивості матеріалів, а технологія будівництва та ремонту дуже спрощена.

За даними різних досліджень за рахунок забезпечення конструкцій доріг дорожнього шару, що відповідає параметрам автотransпортного потоку та найбільш ретельного будівництва та утримання доріг, можна знизити витрати на технологічний транспорт за окремими статтями на 20 - 60%.

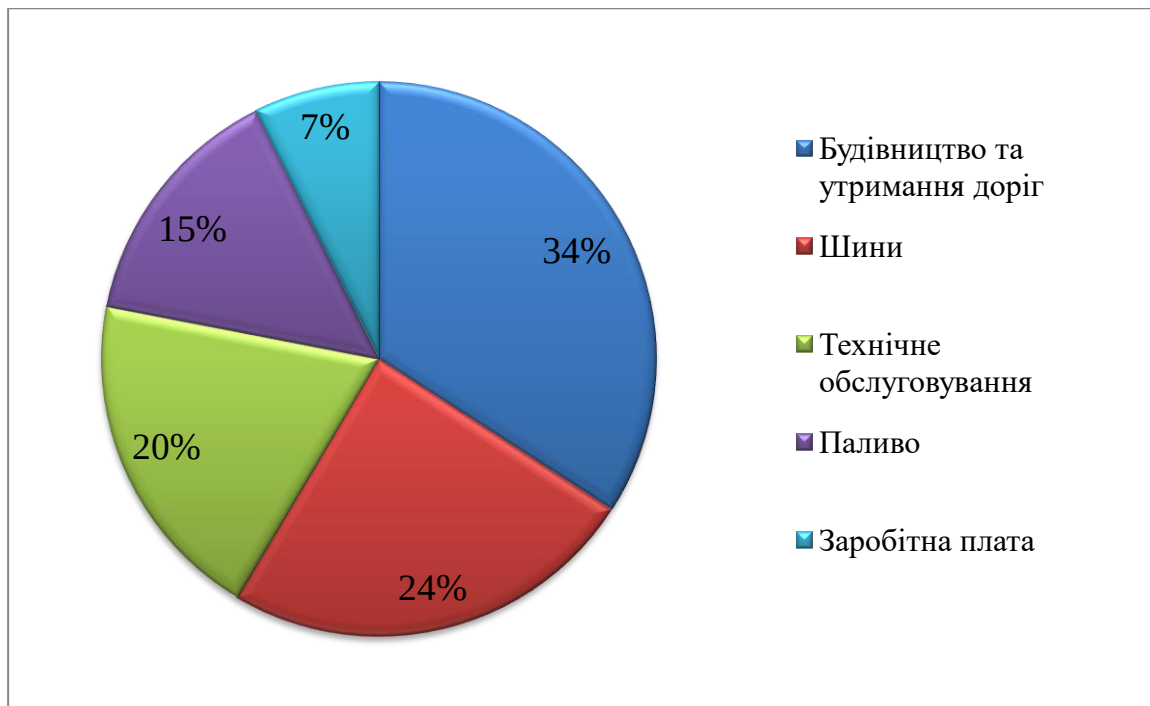


Рис.1.2. - Вплив дорожніх умов на зниження (в %) основних статей витрат на гірничий автотранспорт

Удосконалення дорожніх умов експлуатації технологічного транспорту, особливо на великих кар'єрах, що використовують автосамоскиди вантажопідйомністю 110-130 і більше тонн, вони є важливим резервом підвищення ефективності відкритої розробки родовищ.

Водночас, враховуючи структуру собівартості автотранспортних робіт та дані на рис.1.2., дорожні умови визначають, принаймні, 23 - 27% витрат на переміщення гірничої маси автосамоскидами. Найбільш значим властивістю доріг, визначальним опір коченню, швидкість і продуктивність автосамоскидів, витрата палива (отже, і витрата оливи), і автошин, знос автосамоскидів, а також безпека та комфортабельність поїздки, є рівність покриттів, що визначається міцністю дорожнього одягу та технологією його будівництва та утримання.

Поліпшення транспортно-експлуатаційних якостей дорожніх покриттів - тимчасових доріг забезпечить підвищення швидкості та продуктивності автосамоскидів та зниження витрати палива. Ефективність повної реалізації технології будівництва автошляхів у гірських кар'єрах складає (%) [2]:

Зниження витрати палива та оливи 7

Зниження витрат за капітальний ремонт	25
Підвищення продуктивності автотранспорту	3
Підвищення використання парку автомобілів	15
Підвищення пробігу великогабаритних шин	18

Реальне підвищення якості автотранспортних комунікацій кар'єрів, що розкривають, на думку провідних фахівців, може бути досягнуто на основі системного підходу до їх проектування, будівництва та змісту.

1.2. Якісний аналіз сучасного асортименту моторних олиव для великовантажних автотранспортних засобів

Мастильні матеріали, як і інші сучасні промислові матеріали, складаються з основного, базового матеріалу - базових олив і активних добавок - присадок, що поліпшують його функціональні властивості.

Для кожних конкретних умов експлуатації та типу транспортного засобу застосовують моторні оливи з оптимальними експлуатаційними властивостями. Це обумовлює великий асортимент олив. Виробництво великої кількості різновидів олив технічно та економічно недоцільно. Щоб уникнути цього, нафтопереробна промисловість випускає обмежену кількість базових олив, які змішуються між собою і з присадками на оливазмішувальних заводах для отримання товарних олив (commercial oils, service oils) з необхідними експлуатаційними властивостями. Виробництво товарних олив складається з двох стадій - виробництва базових олив і змішування компонентів (компундування).

Якість товарної оливи залежить від типу вихідної нафти, способу отримання базової оливи, глибини хімічного перетворення та очищення. В описах продукту часто вказуються особливості виробництва та складу. Присадки та їх набори (пакети) поставляються ринку компаніями і заводами хімічної промисловості у великому асортименті. Часто це пакети, повністю готові для отримання оливи певного класу (рівня якості). Оливазмішувальні заводи з

компаундування олив мають досить великий вибір залежно від потреб споживачів.

При сучасному рівні розвитку двигунобудування використання оливи без присадок практично неможливе, тобто. неможливо створення оливи, які забезпечили б ефективний захист двигуна і одночасно не руйнувалися та старіли протягом тривалого часу. З цієї причини всі сучасні моторні оливи містять у своєму складі пакет присадок, зміст яких сумарно може досягати трохи більше 20%. На сьогоднішній день у моторних оливах зазвичай використовують кілька типів присадок[3]:

1. В'язкісно-загущуючі присадки
2. Миючі присадки (детергенти)
3. Диспергуючі присадки (дисперсанти)
4. Протизношувальні присадки
5. Інгібітори окислення (антиокислювальні присадки)
6. Інгібітори корозії та іржавіння
7. Антипінні присадки
8. Модифікатори тертя
9. Депресорні присадки.

Shell Rimula Ultra

Синтетична дизельна олива з максимально високими характеристиками, що перевищує останні європейські специфікації і відповідає зростаючій потребі ринку в "енергозберігаючих" оливах.

Специфікації/допуски: ACEA E4/E3, API CF, MB 228.5/225.6, DAF HP1 (5W-30)/HP2 (10W-40), MAN M3277, Volvo VDS-2, RVI RXD (10W-40), MTU тип 3, Scania LDF (10W-40).

Shell Rimula Super

Сучасна дизельна олива екстра-класу, спеціально розроблена відповідно до вимог останніх найбільш екологічно безпечних дизельних двигунів, повсюдно

використовуваних у вантажному автомобільному транспорті та позашляховій техніці.

Специфікації/допуски: API CH-4/CG-4/CF-4/CF, ACEA E5/E3, Global DHD-1, MAN M 3275, MB 228.3, RVI RLD, Scania ACEA E5, Volvo VDS 2, Cummins CES 20071/72/ 75/76/77, Mack EO-M+, JASO DH-1, Hino/Isuzu DH-1.

Shell Rimula X

Високоякісна олива для сучасних високооборотних турбованих дизелів важкої, позашляхової та сільськогосподарської техніки, вантажного автотранспорту.

Специфікації/допуски: всесезонні: API CG-4/CF-4/CF, ACEA E2, MB 228.1, MAN 271, Volvo VDS, Mack EO-L (15W-40), GM Allison C-4 (15W-40), Hino, JASO, Komatsu, ZF TE-ML 04C-07C (15W-40)

літні та зимові: API CF, ACEA E2, MB 228.0, MAN 270, Mack EO-K2 (30), MIL-L-2104F, MTU тип 1 (30), GM Allison C-4 (30), Caterpillar TO-2, Komatsu, ZF TE-ML 03B (10W) 02C-04B (30).

Оливи Shell Rimula X - це мастильні матеріали з високими технічними характеристиками для двигунів, що працюють у важких умовах експлуатації. Олива розроблена для застосування на всіх дизельних двигунах. Передова технологія системи присадок містить найбільш ефективну лужну миючу властивість, що покращує збереження загального лужного числа. Відмінна диспергуємость помітно скорочує ризик утворення гарячого та холодного нагару у ємності картера. Виняткова стійкість до високих температур оливи Shell Rimula X є його характерною властивістю. Вуглецеві та лакові відкладення на основних рухових частинах, що викликані високими температурами двигуна, ефективно контролюються покращеними функціональними присадками.

За результатами аналізу свіжої та працюючої оливи Rimula X SAE 15W40 рекомендованого до заміни на великовантажній техніці є статистика про досить великий залишковий ресурс рекомендованого до заміни оливи. За результатами аналізу олива Rimula X SAE 15 W40 виробляє ресурс не більше ніж на 70% за такими показниками:

Таблиця 1.1

Бракувальні показники моторних олиव

Параметри	Свіжа олива Rimula X SAE 15W40	Олива рекомендована до заміни. Напрацювання 250 годин.	Значення параметрів, при яких рекомендується заміна оливи
Кінематична в'язкість, ст	14-15	12,5-14,0	Нижче 12,5 вище 14
Лужне число, мг КОН/гр	9-10	5,95-8,45	Нижче 4,5
Окислення оливи, А/0,1 мм (ІК спектроскопія)	0	0,04-0,10	1,0
Сажа А/0,1 мм (ІК спектроскопія)	0	0,05-0,20	0,7
Протизадирні присадки А/0,1 мм (ІЧ спектроскопія)*	0	-0,05 до -0,1	-1

За фізико-хімічними параметрами та результатами ІЧ-спектроскопії олива значно не виробляє ресурс. Окислення, сульфатація (утворення продуктів реакцій сполук сірки як результат спалювання сірковмісних палив), вміст сажі, вироблення протизадирної присадки найчастіше набагато нижчі за типові результати рекомендованих фірмою Shell.

Присутність присадок в першу чергу металовмісних багато в чому визначає антиокислювальні та високотемпературні властивості оливи, їх спрацьовуваність призводить до зниження ефективності роботи моторної оливи, про що зазвичай судять, перш за все, зниження лужного числа працюючого оливи. Зменшення під час роботи значення лужного числа до деякої критичної величини свідчить про його інтенсивне старіння. Значення цієї величини залежить від природи миючих, диспергуючих та антиокислювальних присадок. Проте немає єдиної думки у тому, яке саме значення лужного запасу задовольняє мінімум вимогам працездатності оливи. Фірма "Caterpillar" рекомендує проводити заміну оливи, якщо лужне число впало не більше ніж на $\frac{1}{2}$ від значення свіжої оливи. Але це

рекомендації дано із запасом, призначені й у тих випадків, а то й проводиться лабораторний аналіз оливи, тобто без лабораторії випробування оливи[4].

В оливах, призначених до заміни при напрацюванні 250 мгод, йде інтенсивніше. Графік спрацювання лужного числа в оливах двигунів, працюючих у важких умовах, має такий вигляд(рис. 1.3):

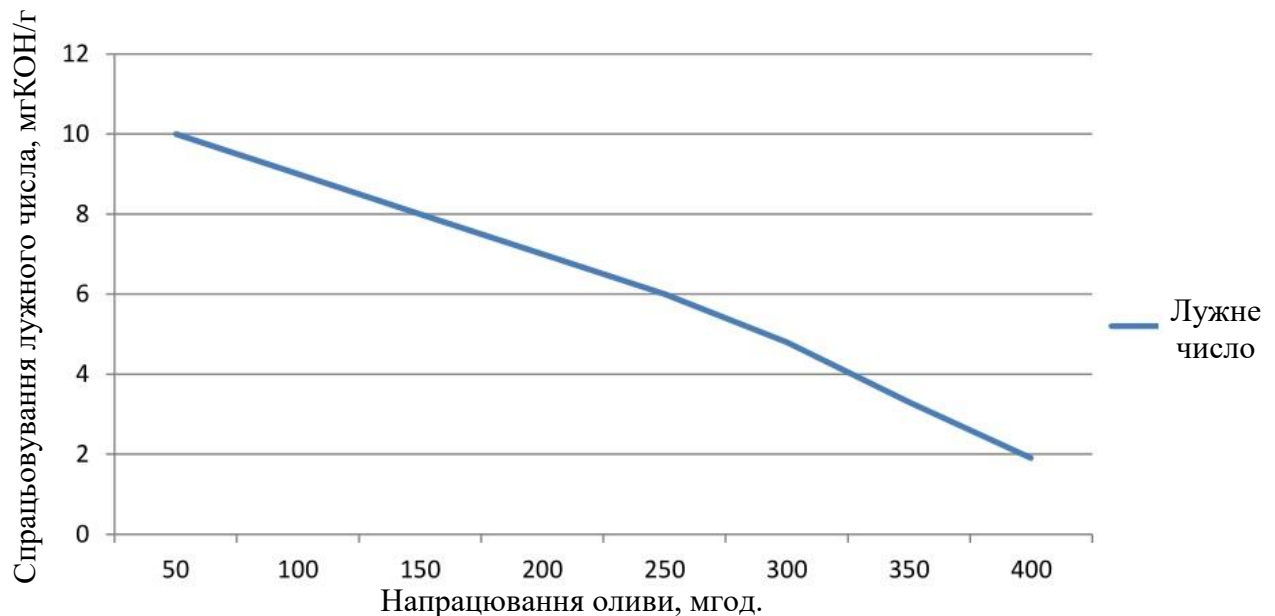


Рис. 1.3. - Залежність спрацювання лужного числа залежно від напрацювання двигуна

При роботі двигуна у важких умовах на якійсь критичній точці від 350 до 370 годин починається процес різкого вироблення лужного запасу оливи. З цієї причини не рекомендується використовувати олива Shell Rimula X експлуатаційного класу CF-4 більш ніж на 350-370 годин.

Якщо олива не виробляє свій ресурс, виникає економічна проблема, якщо значно виробляє ресурсний термін, то це може привести в умовах важкої експлуатації до відмови двигуна - виникає технічна проблема значно дорожча. Перехід на більш тривалу роботу оливи до 350-370 мгод не вигідний (регламентне обслуговування 250 мгод) передусім через те, що необхідно додатково викликати техніку з кар'єру на ділянку ТО щодо робіт.

76 Guardol QLT Multigrades

76 Guardol QLT - це високоякісні всесезонні моторні оливи, що відповідають вимогам широкого ряду виробників дизельних та бензинових двигунів США, Японії та Європи. Ці оливи призначені для використання в кар'єрних дизельних вантажівках, автотракторній та сільськогосподарській техніці, легких вантажівках і легкових автомобілях, що працюють в різних експлуатаційних умовах. Формула цих олив заснована на технології унікальних хімічних присадок 76 QLT, що забезпечує винятковий захист від зносу, перешкоджає утворенню сажі та шламу, оберігає корозію підшипників, як у традиційних двигунах, так і двигунах, обладнаних турбокомпресорами та EGR. Всесезонні оливи 76 Guardol QLT відповідають вимогам API: CI-4 Plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF та SL або перевершують їх.

Plus та Volvo VDS. Всесезонні оливи 76 Guardol QLT мають додаткові властивості, що значно збільшують інтервали між змінами оливи в порівнянні з іншими oliвами.

Застосовується в парках кар'єрних дизельних вантажівок, невеликих дизельних та бензинових вантажівок та легкових автомобілів, що використовуються у несприятливих умовах, що працюють на високосірчистому паливі та на екологічно шкідливому дизельному паливі.

Прекрасно захищає від зносу та зберігає свої якості при високих температурах. Має чудову прокачуваність при низьких температурах, має найвищі властивості детергентів і дисперсантів, що ефективно перешкоджає забрудненню двигуна та утворенню шламу. Відмінно протистоїть окисленню, надійно захищає від іржавіння та корозійного зношування підшипники; має високий захист проти утворення сажі та абразивних опадів, що погіршують змащувальні властивості оливи; відмінні лужні властивості дозволяють нейтралізувати кислотні продукти, що утворюються під час згоряння палива; хороша стійкість до утворення піни та насичення оливи найдрібнішими бульбашками; Схвалено гарантійними умовами (Product Quality Limited Warranty).

76 T5X Heavy Duty Multigrades

76 T5X Heavy Duty 15W-40 - це високоякісна універсальна моторна олива, яка відповідає вимогам великого ряду виробників дизельних та бензинових двигунів. Ця олива розроблена для використання в дорожніх дизельних вантажівках, стаціонарному дизельному обладнанні, сільськогосподарській техніці, автобусах та легких вантажівках, та придатна для всіх режимів експлуатації. Особливо рекомендується його використання у дизельних двигунах, що працюють з великим навантаженням. Особлива формула оливи чудово захищає від зносу, запобігає випаданню опадів та відкладення сажі, а також не допускає корозії, як у звичайних дизельних двигунах, так і двигунах, оснащених системою рециркуляції відпрацьованих газів (EGR).

Олива 76 T5X Heavy Duty SAE15W-40 відповідає всім вимогам стандартів API CI-4 Plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF, SL або перевищує їх. Він також відповідає вимогам робочих параметрів стандартів Caterpillar ECF-1, Cummins CES 20078, Mack EO-N Premium Plus (2003) та Volvo VDS-2. Олива забезпечує ефективний захист у дизельних двигунах, оснащених EGR, і дає можливість збільшити проміжок між змінами олів у звичайних, не оснащених дизельних двигунах EGR.

Відмінний захист від зносу та стійкість до впливу високих температур; Високий вміст дисперсантів та детергентів захищає двигун від шламових та лакових відкладень; Відмінна опірність окисленню; Відмінно захищає підшипники від іржавіння та корозії; Відмінно захищає від абразивного зносу та підвищення в'язкості оливи, що викликається сажею; Відмінні якості, що нейтралізують; хороша опірність піноутворенню та аерації.

Також використовується моторна олива фірм CopocoPhillips марки 76 T5X Heavy Duty призначене для використання у дорожніх дизельних вантажівках. У період застосування оливи 76 T5X Heavy Duty на великовантажній техніці УАТ фізико-хімічні показники при напрацюванні 250 мгод погіршилися. Кількість елементів зношування зросла.

Після чого надійшло олива марки 76 Guardol QLT. Ця олива в першу чергу призначена для використання в кар'єрних дизельних автосамоскидах. Відмінні характеристики цієї оливи:

- чудово захищає від зносу та зберігає властивості при високих температурах;
- добре протистоїть окисленню;
- надійно захищає від іржавіння та корозійного зносу;
- має найвищий захист проти сажі;
- відмінні лужні властивості дозволяють нейтралізувати кислотні продукти при згорянні палива навіть із великим вмістом сірки.

Завдяки технології унікальних хімічних присадок 76 QLT, ця олива має додаткові властивості, що збільшують інтервали між змінами оливи в порівнянні з іншими оливами. Дані характеристики оливи підтвердилися лабораторними аналізами.

Зміст елементів зменшився. Фізико-хімічні параметри покращали. Тобто при напрацюванні 250 мгод ресурс оливи залишається високим. Таким чином, при використанні оливи марки 76 Guardol QLT SAE 15W40 збільшиться ходимість транспорту, скоротиться обсяг оливи при заміні на ТО в результаті значно скоротиться споживання свіжої оливи.

URSA SUPER TD 10W-40 та URSA SUPER TD 15W-40

URSA SUPER TD 10W40 - частково синтетична олива для дизельних двигунів, що працюють у важких умовах. Містить ретельно збалансований пакет присадок, що включає присадку в'язкі для збільшення індексу в'язкості, що забезпечує стабільність властивостей протягом тривалого періоду експлуатації.

Має чудові протипінні, а також детергентно-диспергуючі властивості, що забезпечує чистоту поверхонь двигуна навіть у важких умовах експлуатації за умови суворого дотримання рекомендацій щодо заміни оливи.

URSA SUPER TD 15W40 рекомендовано для важко-навантажених дизельних двигунів вантажівок та автобусів, у тому числі з турбонаддувом, та/або коли потрібний збільшений інтервал заміни. Рекомендовані інтервали заміни

оливи наводяться в посібниках з експлуатації виробників відповідного обладнання. URSA SUPER TD 15WW40 відповідає високим експлуатаційним вимогам до олив для бензинових двигунів відповідно до специфікації API SL. Рекомендовані для важко-навантажених дизельних двигунів вантажівок та автобусів, у тому числі обладнаних турбонаддувом, або коли потрібний збільшений інтервал заміни. Рекомендовані інтервали заміни оливи наводяться у посібниках з експлуатації виробників відповідного устаткування.

Сертифіковано: ACEA E7-704 / E5-502 / A2-296 (3) / A3302 / A3/B3304 / A3/B4404. Ліцензовано: API СП4, СНН4, CGG4, CFF4, CF/SLж Global (ACEA/API/JASO) DHDD1. Одобрено: Cummins CES 20076, CES 20077, CES 20078 MACK EOOM PIUS; MAN M3275; MB 228.3, 229.1 MTU Type 2; Renault Truck RLD, RLDD2; Volvo Truck VDSS3. Відповідає: CAT ECFF1[5].

1.3. Фактори, що впливають на термін служби та витрати моторних олив у процесі експлуатації

Великовантажні кар'єрні автосамоскиди в експлуатації мають ряд відмінностей, обумовлених їх специфікою. Факторні аналізи, представлені в літературних джерелах, спрямовані в першу чергу на експлуатацію автомобілів у комплексі і серед них немає виділеного напряму факторного аналізу витрати моторної оливи кар'єрними автосамоскидами.

Використання палива та оливи, що не відповідають конструктивним особливостям двигуна, неминуче викликає їх перевитрату. Це в першу чергу стосується таких показників якості палива, як октанове число і фракційний склад для бензинів, а також цетанове число і фракційний склад для дизельних палив. Наприклад, робота двигуна на бензині з важким фракційним складом може дати збільшення витрати палива до 70% і підвищити зношування двигуна на 30 ... 40%.

Застосування невідповідних сортів олив призводить до перевитрати як оливи, а й палива. Використання моторної оливи з високою в'язкістю веде до перевитрати палива, а з низькою в'язкістю - до перевитрати самої оливи.

Головними причинами підвищеної витрати моторної оливи є:

- рух автомобіля у важких умовах експлуатації протягом тривалого часу, тому що, в цьому випадку, велика кількість оливи потрапляє в камеру згоряння та згоряє в ній;
- наявність надмірного зазору при закритті клапанів;
- витоку через прокладки картера та кільця ущільнювачів колінчастого валу;
- втрати, що виникають через випаровування та залежать від складу оливи;
- використання оливи з невідповідною в'язкістю;
- неправильна робота системи керування, так як різке підвищення або зниження швидкості автомобіля викликає сильний викид відпрацьованих газів у впускній трубі і приваблює велику кількість оливи в камеру згоряння.

Для кожного типу двигуна визначається діапазон значень витрати оливи залежно від його якості (лужності), і особливо важливий при цьому технічний стан двигуна.

Негативні результати дає використання палива та оливи, які не відповідають кліматичним умовам експлуатації автомобіля. Наприклад, взимку при роботі вантажного автомобіля, заправленого літніми сортами ПММ, витрата палива при русі за містом по дорозі з твердим покриттям виявляється вищою на 3...6 %, а при русі в міських умовах - вищою на 8...12 % порівняно з автомобілем, заправленим ПММ відповідно до сезону[6].

1.3.1 Вплив технічного стану вузлів та агрегатів автомобіля та якості їх регулювань на економію паливно-мастильних матеріалів

Аналіз залежності витрати ПММ від технічного стану вузлів та агрегатів автомобіля показав, що знос деталей впливає на витрату палива меншою мірою, ніж неправильне регулювання. Так, знос циліндропоршневої групи кривошипно-шатунного механізму двигуна до стану, коли з оливоналивної горловини

починають активно виходити гази, що відпрацювали, призводить до зростання витрати палива на 10...12 %, а порушення регулювання цього ж механізму збільшує витрату палива на 20...25 %. Але найбільше збільшується витрата палива при неправильному регулюванні гальмівних механізмів, маточин коліс, сходження коліс, а також при несправності системи запалення та систем живлення.

Так, збільшення швидкості прориву газів у картерний простір з 15...25 л/хв на новому двигуні до 60...100 л/хв на зношеному двигуні збільшує витрату оливи в 2...2,5 рази. У таблиці 1.2 показано вплив несправностей деяких деталей та вузлів на витрату палива та оливи [7].

Таблиця 1.2

Вплив несправностей деталей та вузлів на витрату палива та оливи

Несправність	Збільшення витрати ПММ, %	
	Паливо	Олива
Неправильне регулювання гальмівних механізмів і маточин коліс	10...20	30...50
Неправильне сходження передніх коліс	5...10	10...15
Знижений тиск повітря у всіх шинах на 0,05 МПа	4...5	4...5
Неточність регулювання клапанів	5...8	15...20
Несправність економайзера у карбюраторі	10...15	-
Збільшення пропускної спроможності головного жиклера карбюратора на 10%	5...10	-
Засмічення повітряного фільтра або трубопроводу	4...5	15...29
Відмова у роботі однієї свічки запалювання у восьмициліндровому двигуні	15...18	-
Засмічення системи вентиляції картера	-	150...200
Несправність однієї форсунки	25...39	-

Вплив техніки водіння витрату палива може змінюватися, досягаючи 20...25 %. Часте гальмування збільшує витрату палива, так як щоразу водієві доводиться форсувати двигун для чергового розгону, тому кращий режим руху. Також необхідно підтримувати нормальний тепловий режим двигуна, так як і

перегрів і переохолодження двигуна призводять до перевитрати палива. Високі швидкості руху, безумовно, викликають підвищену витрату палива, тому що при цьому доводиться долати опір повітря, а воно зростає пропорційно швидкості руху. Наприклад, при швидкості руху вантажного автомобіля 70 км/год на подолання опору повітря витрачається сила тяги на провідних колесах у 10 разів більша, ніж при швидкості 30 км/год.

На витрату оливи здебільшого впливають ті ж причини, як і на витрату палива. Невипадково норми витрати моторної оливи поставлені у пряму залежність від норм витрати палива. Однак тут є свої особливості. Низька в'язкість моторної оливи призводитиме до збільшення витрати палива, оскільки воно у великій кількості потраплятиме в камеру згоряння і витікатиме через нещільність картера. На витрату моторної оливи великий вплив надає знос циліндропоршневої групи (поршневих кілець, гільз циліндрів, поршнів). При цьому з цієї причини витрата оливи може зрости вдвічі.

Дуже сильно збільшується витрата моторної оливи при перегріванні та переохолодженні двигуна, а також при несправній системі вентиляції картера. Особливо велика витрата оливи виникає при несправних ущільненнях.

Витрата оливи в двигуні внутрішнього згоряння, відбувається внаслідок процесу згоряння (витрата на угар), і з втратами оливи, що відбуваються через негерметичність піддону картера, кришки головки циліндрів і т.д. Нормальна витрата оливи виникає внаслідок згоряння невеликої кількості в циліндрах, а також через відведення залишків згоряння та частинок продуктів зносу[8].

У процесі експлуатації витрата оливи, яка безпосередньо пов'язана з витратою палива визначається в основному їх технічним станом, організаційно-технологічними заходами, умовами експлуатації та кваліфікацією водіїв(табл.1.3).

Перший, другий та четвертий чинники є керованими, тобто. ними можуть виявлятися безпосередньо різні впливу, ними можна управляти, але в третій (умови експлуатації) - можливість впливу обмежена.

Чинники, які впливають на витрату моторної оливи

Керовані фактори			Некеровані фактори	
Технічний стан автомобіля	Організаційно-технологічні заходи	Кваліфікація водія	Дорожні та кліматичні умови	Сезонність

Найбільш значущим є технічний стан автомобіля, друге місце займає організаційно-технічні заходи (виконання встановлених технічних впливів тощо.). На третьому місці знаходяться умови експлуатації автомобілів та на четвертому - кваліфікація водіїв[9].

У свою чергу кожен із перелічених чинників залежить від цілого ряду підфакторів (рис.1.3).

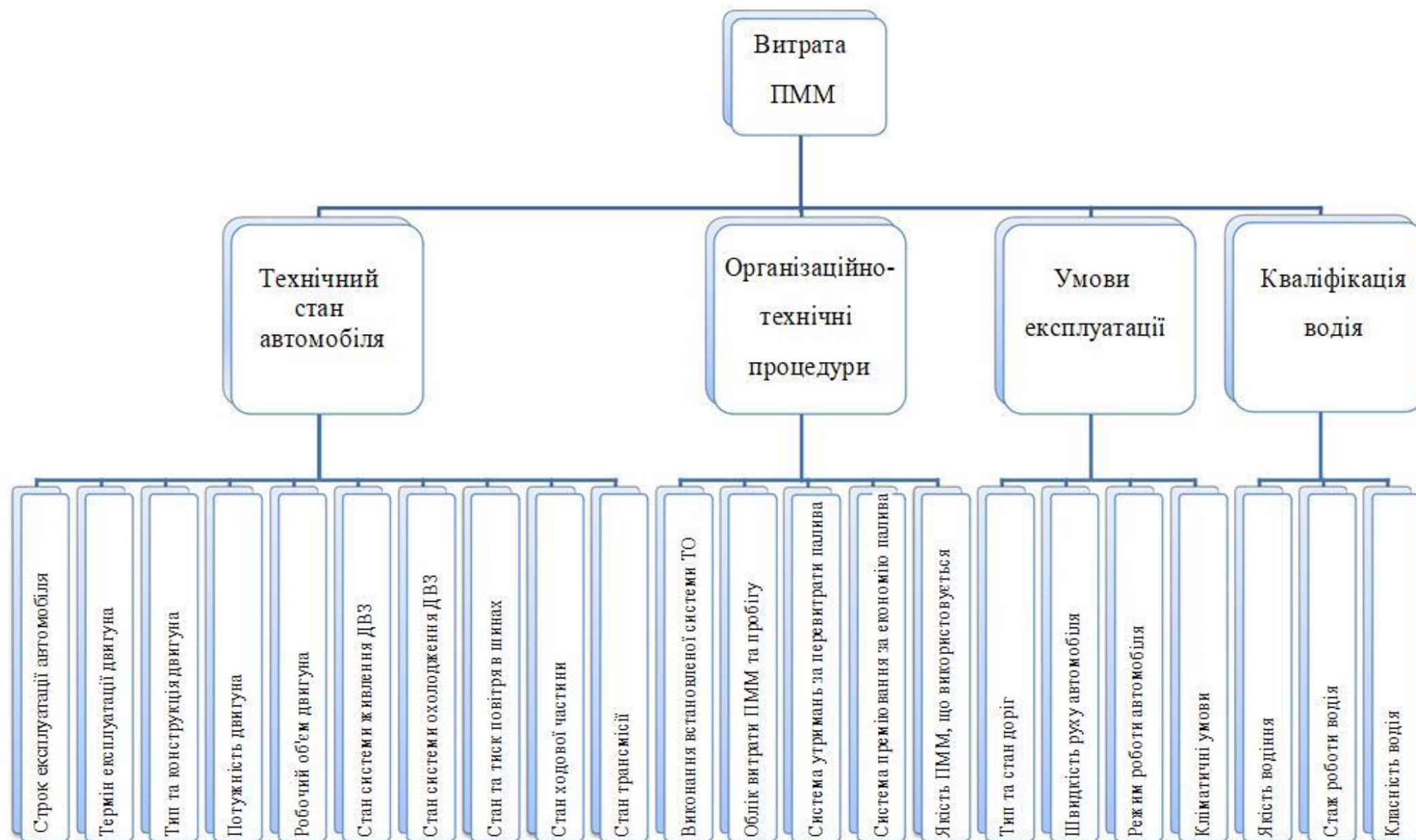


Рис. 1.3. - Структурна схема причин, що впливають на витрату палива та мастильних матеріалів автомобілів

Висновки до розділу:

- дано класифікацію умов експлуатації систем кар'єрного автотранспорту;
- проаналізовано причини, що впливають на норму витрати моторних олив.
- проведено якісний аналіз сучасного асортименту моторних олив. Були розглянуті марки провідних світових виробників моторних олив, а також після проведення відбору були детально описані марки та вимоги до експлуатаційних показників. моторних олив, призначених для використання у важко-навантаженій кар'єрній техніці.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНИХ ОЛИВ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Основні експлуатаційні властивості моторних олив

Експлуатаційна властивість - властивість нафтопродукту, що проявляється при виробництві, транспортуванні, зберіганні, випробуванні та застосуванні та характеризує сукупність однорідних явищ при цих процесах.

Стандартом встановлені наступні експлуатаційні властивості нафтопродуктів: прокачування, випаровуваність, займистість, горючість, схильність до відкладень, сумісність, консерваційна, протизношувальна, антифрикційна, охолоджувальна властивість, збереження, токсичність.

Кожна експлуатаційна властивість для конкретного виду нафтопродукту характеризується набором певних показників якості. Експлуатаційні властивості та показники якості утворюють систему показників якості (таблиця 2.1). Рациональне застосування моторної оливи можливе лише за умови відповідності величини показників якості за вимогою стандарту. Тому величина показників якості для моторних олив затверджується державним стандартом ГОСТ 8581-78 «Оливи моторні для автотракторних дизелів. Технічні умови» та ГОСТ 10541-78 «Оливи моторні універсальні та для автомобільних карбюраторних двигунів. Технічні умови». При невідповідності величини показників якості вимогу стандарту застосування моторної оливи забороняється, оскільки його застосування нераціонально внаслідок швидкого виходу техніки з експлуатації[10].

Таблиця 2.1

Система показників якості моторних олив

Найменування експлуатаційних властивостей	Найменування показників якості
1. Прокачуваність	Масова частка механічних домішок, масова частка води, ступінь чистоти, щільність, температура застигання.
2. Антифрикційна	Кінематична в'язкість, динамічна в'язкість при негативних температурах, індекс в'язкості.
3. Протизношувальна	Показник зносу, критичне навантаження заїдання, навантаження зварювання, індекс задира, масова частка активних елементів протизносних та протизадирних присадок.
4. Схильність до відкладень	Індукційний період осадоутворення, кількість відкладень, коксивність, миючий потенціал, лужне число, зольність, миюча здатність на установці ПЗВ, кількість високотемпературних відкладень на приладі похила плита.
5. Випаровуваність	Втрати від випаровування.
6. Займистість	Температура спалаху, температура самозаймання.
7. Сумісність	Сумісність з олівами, кількість деемульсації, зміна маси, обсягу та межі міцності гуми.
8. Консерваційність	Захисна здатність оливи в умовах періодичної конденсації вологи, захисна здатність оливи в середовищі електроліту, захисна здатність оливи в середовищі HBr, захисна здатність оливи в дистильованій воді, корозійна активність оливи, кислотне число, корозійні втрати металів.
9. Збереженість	Стабільність складу, середній термін зберігання, стабільність в'язкості, колір.
10. Токсичність	Гранично допустима концентрація парів оливи у повітрі, клас токсичності.

Прокачування - експлуатаційна властивість, що характеризує прокачування нафтопродукту через трубопроводи, фільтри, сепаратори, отвори та зазори. Прокачування моторних олив характеризується величиною наступних показників якості: масовою часткою води, масовою часткою механічних домішок, ступенем чистоти, щільністю та температурою застигання (табл.2.1).

Масова частка води - показник якості, що вказує наявність води моторній оливи у відсотках від її маси. Наявність води в моторній оливи у вигляді емульсії, рідкого осаду або інею не допускається. Вода в оливу надходить у результаті конденсації її парів, які утворюються при згорянні водню, що міститься у паливі. При згорянні 1 кг палива утворюється 1,2 кг водяної пари, які прориваються в картер разом з іншими продуктами згоряння палива. Вода в оливу потрапляє з атмосфери разом з повітрям, наприклад, внаслідок зниження рівня оливи при заповненні нею системи мащення під час пуску двигуна. Вода потрапляє в оливу навіть за непрацюючого двигуна. Вдень температура повітря в піддоні в обсязі над олією вища, ніж уночі. Тому вночі, при зниженні температури, вода в обсязі над олією переходить із пароподібного стану в рідину.

Масова частка механічних домішок - показник якості, що вказує наявність маси механічних домішок в оливі у відсотках. Наявність механічних домішок у оливі неприпустимо.

Механічні домішки надходять в оливу з повітря за рахунок зміни його температури в піддоні протягом доби при непрацюючому двигуні або при зниженні рівня оливи в період запуску двигуна. Механічні домішки забивають отвори системи оливи, що погіршує прокачування оливи та сприяє швидкому виходу двигуна з ладу.

Щільність моторної оливи - показник якості, що вказує на масу нафтопродукту в одиниці обсягу.

Щільність оливи характеризує її склад. Якщо щільність оливи відповідає стандарту, то ньому містяться важкі вуглеводні з високої температурою застигання. При пуску двигуна прокачування оливи знижується, особливо взимку, що може призвести до виходу двигуна з ладу.

В'язкість - це об'ємна властивість оливи чинити опір при перебігу. Кінематична в'язкість оливи кожної марки має бути у певних межах. Якщо в'язкість оливи менша за вимогу стандарту, то товщина масляної плівки стає порівнянною з висотою шорсткості поверхонь тертя, що збільшує силу тертя між

ними. Якщо кінематична в'язкість оливи вище вимоги стандарту, то зростає сила тертя в масляній плівці, що також збільшує силу тертя.

Індекс в'язкості(IV) - безрозмірна величина, що характеризує за стандартною шкалою зміну в'язкості оливи залежно від температури. Високий індекс в'язкості вказує на порівняно незначну зміну в'язкості від температури. Мінімальний індекс в'язкості оливи вказує на різке збільшення в'язкості при зниженні його температури. Різке зростання в'язкості при зниженні температури, наприклад, при пуску двигуна та його прогріві після пуску, збільшує сили тертя у двигуні, що погіршує його пускові якості та збільшує витрату палива.

Протизношувальні властивості.

Ці властивості полягають у здатності мастильних матеріалів знижувати процес зношування деталей, що труться за рахунок утворення на них граничного шару, що перешкоджає безпосередньому контакту поверхонь, що труться. Зношування деталей відбувається в результаті механічного, абразивного, гідроабразивного, корозійно-механічного і окисного впливу на поверхні, що труться, і відділення матеріалу з поверхні твердого тіла при терті з поступовою зміною розмірів і форм тіла.

Індексом задира характеризується інтенсивністю зносу від початку до зварювання і залежить від здатності мастильного матеріалу зменшити знос.

Схильність до відкладень.

Лужність та кислотність олив. Очищене мінеральна олива є нейтральним. Для нейтралізації кислот, що утворюються під час роботи при згорянні сірчистого дизельного палива або окислення вуглеводневих молекул оливи, моторні оливи додають лужні присадки. Зазвичай це завдання виконують миючі та диспергуючі присадки - детергенти (поверхнево активні речовини). Чим більша лужність оливи, тим більший його робочий ресурс. Тому для моторних і трансмісійних олив як експлуатаційний показник вказується загальне лужне число. У деякі оливи додають активні сірчисті присадки, які мають слабку кислотну реакцію. У зв'язку з цим як показник хімічних властивостей вказується загальне кислотне число.

Загальне лужне число показує загальну лужність оливи, включаючи внесену миючими і диспергуючими присадками, які мають лужні властивості. Загальне лужне число виражається через кількість гідроксиду калію (KOH) мг, еквівалентне кількості всіх лужних компонентів, що знаходяться в 1 г оливи (мг KOH/г). Моторна олива повинне мати певну лужність для збереження миючих властивостей, здатності до нейтралізації кислот і придушення процесів корозії. Чим більше лужне число, тим більше кількість кислот, що утворюються при окисненні оливи та згорянні палива, може бути переведено в нейтральну сполуку.

Зольність - це кількість золи, що утворюється при згорянні оливи. Чиста свіжа олива без присадок повинна згоряти без залишку. Утворення золи з оливи без присадок є показником засміченості.

Сульфатна зольність - це показник вмісту присадок, переважно органічних сполук металів. Зола становлять продукти окислення органічних сполук металів - окису (наприклад, BaO, CaO, MgO) та сульфати металів (BaSO₄, CaSO₄, MgSO₄). Сульфатна зольність є прямим показником кількості присадок у оливі, тому присутність присадок перевіряється саме за сульфатною зольністю. Досить висока сульфатна зольність моторних олив в основному зумовлена наявністю в їх складі миючих присадок, що містять метали. Ці присадки необхідні для запобігання відкладенням на поршнях та надання оливим здатності нейтралізувати кислоти.

Хімічний склад оливи. Якість оливи, значною мірою залежить з його групового хімічного складу, тобто. від співвідношення парафінів, ароматичних сполук та нафтенів. При оцінці якості оливи та присвоєння категорії якості, хімічний склад оливи не визначається, оскільки багато властивостей оливи істотно покращуються введенням відповідних присадок. В описах оливи виробники вказують основний клас сполук, оскільки вони характеризують деякі загальні експлуатаційні властивості [11].

Випаровуваність - випаровування легких фракцій під час роботи двигуна, внаслідок високої температури.

Займистість - експлуатаційна властивість, що характеризує пожежо-вибухонебезпечність суміші парів нафтопродукту з повітрям.

При виробництві, транспортуванні, зберіганні, випробуванні та застосуванні нафтопродуктів їх пари утворюють із повітрям суміші, які можуть спалахнути і призвести до пожежі чи вибуху.

Займистість моторних олив оцінюють за такими показниками якості:

Температура спалаху - мінімальна температура, при якій відбувається короточасне займання парів нафтопродукту від полум'я в умовах випробування.

Температура займання - температура, за якої нафтопродукт, що нагрівається в умовах випробування, спалахує і горить не менше 5 с. Температура самозаймання - температура займання парів нафтопродукту без контакту з полум'ям за умов випробування.

Температура спалаху у відкритому тиглі може бути використана для визначення присутності в оливи домішок бензину або дизельного палива.

Розрізняють конструкційну та функціональну сумісність олив. Конструкційна сумісність - експлуатаційна властивість, що характеризує вплив нафтопродукту на конструкційні матеріали. Низька конструктивна сумісність моторних олив призводить до зміни маси, об'єму та межі міцності гуми.

Функціональна сумісність - експлуатаційна властивість, що визначає здатність двох і більше олив зберігати експлуатаційні властивості при змішуванні.

При експлуатації двигуна частина оливи витрачається на випаровування та угар, що викликає необхідність його поповнення до початкового обсягу. Олива, що доливається, може бути виготовлено за іншою технологією, на іншій нафтовій основі, містити інший комплект присадок або бути іншої марки. При змішуванні олив може відбутися їхнє розшарування через те, що для їх приготування були взяті різні основи з різною щільністю. Якщо оливи містять різні пакети присадок, може відбутися хімічна взаємодія між присадками. Нові сполуки, що виникли в результаті такої реакції, випадають в осад, забивають систему оливи, прокачування оливи погіршується, що призводить до швидкого зносу двигуна або

заклинювання колінчастого валу. Тому, перш ніж здійснювати доливання оливи, необхідно перевірити оливи на сумісність[12].

2.2 Методи оцінки фізико-хімічних та експлуатаційних показників якості моторних олив

Олива омиває всі елементи системи і при цьому створює умови не тільки для оптимального функціонування поверхонь тертя, але і сприймає, акумулює та потенційно зберігає інформацію про фактичний стан об'єкта, що змащується. Проба оливи, взята з картера механізму, здатна дати уявлення про стан об'єкта загалом. Тому діагностика механізмів за параметрами працюючого оливи у порівнянні з будь-яким іншим її видом дає найкращі результати, як за достовірністю, так і спектром одночасно контрольованих показників їх стану, що мають різну природу явищ.

При аналізі якості оливи його визнають працездатним у тому випадку, коли значення всіх показників перебувають у межах, що допускаються. В іншому випадку, олива вважається непридатною для подальшого використання.

Щільність це маса речовини, що міститься в одиниці об'єму ($\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{см}^3$), досить просто і точно вимірюється ареометром (ГОСТ 3900). Механічні забруднення в оливи найчастіше визначаються шляхом фільтрування бензинового розчину (ГОСТ 12275-66) або фотометрично. Вода в оливи визначається декількома способами: способом відстоювання у пробірці - вода осідає у нижньому шарі (ГОСТ 2477-65, ISO 3733); нагріванням його в пробірці до 105-120 ° С (ГОСТ 1547-84) або діелектричним методом шляхом вимірювання діелектричної проникності (ГОСТ 14203-69). При нагріванні оливи в пробірці у разі наявності води утворюється піна, олива потріскує і пробірка вібрує.

Температура застигання - температура, коли він олива тече під впливом сили тяжкості, тобто. втрачає здатність текти. Олива в пробірці міститься в термостат, де після досягнення ним заданої температури пробірку нахиляють на 45 градусів і через хвилину спостерігають зсув рівня, який свідчить про

затвердіння оливи (ГОСТ 20287). Температура застигання повинна бути на 3-5°C нижче тієї температури, при якій олива повинно забезпечувати прокачування. Найчастіше моторні оливи застигають через випадання кристалів парафінів. Необхідна нормативна документація температура застигання досягається депарафінізацією базових компонентів або введенням до складу депресорних присадок (поліметилакрилати, алкілнафталіни і т.д.) Найчастіше моторні оливи застигають через випадання кристалів парафінів. Необхідна нормативна документація температура застигання досягається депарафінізацією базових компонентів або введенням до складу депресорних присадок (поліметилакрилати, алкілнафталіни і т.д.) Найчастіше моторні оливи застигають через випадання кристалів парафінів. Необхідна нормативна документація температура застигання досягається депарафінізацією базових компонентів або введенням до складу депресорних присадок (поліметилакрилати, алкілнафталіни і т.д.)

Кінематична в'язкість визначається за допомогою скляного капілярного віскозиметра за температури 40 і 100° С. Вона вимірюється в термостаті, в якому підтримується задана температура. При заданій температурі вимірюється час проходження олією відомого обсягу віскозиметра. Одиниці виміру в'язкості - стокс (St) або сантистокс (cST, $1 \text{ cSt} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$), яка розраховується за формулою.

Динамічна в'язкість визначається за різних градієнтів швидкості зсуву у ротаційних віскозиметрах різної конструкції, які імітують реальні умови роботи оливи. Максимальна низькотемпературна в'язкість, що забезпечує пуск холодного двигуна визначається за допомогою імітатора запуску холодного двигуна CCS (ASTM D 5210Ц401).

Ступені в'язкості SAE для моторних олив (SAE J300 APR97)

Класифікація SAE J300 (січень 2015 р.) моторних олив за в'язкістю

Клас за SAE	Низькотемпературна в'язкість		Високотемпературна в'язкість		
	прокручування ¹	прогінність ²	кінематична в'язкість, за 100°C, мм ² /с		динамічна в'язкість за 150°C та швидкості зсуву 10 ⁶ с ⁻¹ , мПа·с, не менше
	максимальна динамічна в'язкість, мПа·с		не менше	не більше	
0W	6200 за -35°C	60 000 за -40°C	3,8	-	
5W	6600 за -30°C	60 000 за -35°C	3,8	-	
10W	7000 за -25°C	60 000 за -30°C	4,1	-	
15W	7000 за -20°C	60 000 за -25°C	5,6	-	
20W	9500 за -15°C	60 000 за -20°C	5,6	-	
25W	13 000 за -10°C	60 000 за -15°C	9,3	-	
8	-	-	4	6,1	1,7
12	-	-	5	7,1	2,0
16	-	-	6,1	8,2	2,3
20	-	-	5,6	9,3	2,6
30	-	-	9,3	12,5	2,9
40	-	-	12,5	16,3	2,9*
40	-	-	12,5	16,3	3,7**
50	-	-	16,3	21,9	3,7
60	-	-	21,9	26,1	3,7

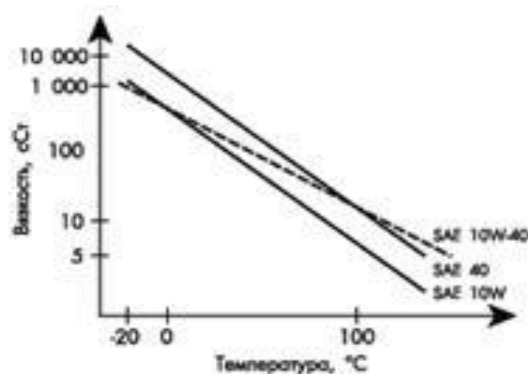


Рис. 2.1. - Залежність в'язкості моторної оливи від температури

Змащувальні властивості. При випробуванні на чотирикульковій машині визначають протизношувальні властивості мастильного матеріалу в стані граничним мастилом (контакт металевих поверхонь). Три сталеві кульки

закріплюються нерухомо разом, щоб сформувати платформу, над якою по вертикальній осі обертається четверта кулька. Нижні кульки занурені в масляний зразок, випробування проводиться при заданому навантаженні, певній швидкості і температурі. Після закінчення часу випробування вимірюється середній діаметр плями зносу на трьох нижніх кульках. Протягом випробування збільшують навантаження кожні 10 хвилин до такого навантаження, при якій ознаки тертя вказують на початкове заїдання (критична навантаження). Індекс задира вимірюється в кінці випробування, для всіх 10-хвилинних інтервалів.

Сульфатна зольність є показником кількості присадок у оливі, тому присутність присадок перевіряється саме так. Олива нагрівається до утворення твердого вуглецевого осаду, який обробляється сірчаною кислотою для перетворення оксидів металів на сульфати. Потім сульфати прожарюються в печі муфельної при температурі 775°C до утворення сульфатної золи. Сульфатна зольність для автомобільних олив визначається за стандартами ASTM D 874, ГОСТ 12417-73 або DIN 51575 і виражається у відсотках від початкової маси оливи. У моторних оливах для бензинових двигунів вона повинна перевищувати 1,5%, для дизельних двигунів 1,8-2,0%.

Лужність та кислотність олив виражається через кількість в (мг) гідроксиду калію (KOH), еквівалентне вмісту всіх видів лугів в 1г оливи або необхідне для нейтралізації всіх кислот в 1 г оливи і для лужності, і для кислотності дименсія та ж сама (мг KOH/1г оливи) .

Для визначення кислотності проводиться титрування гідроксидом калію (KOH), а визначення лужності - соляної кислотою (HCl). В даний час для цих цілей частіше використовують метод потенціометричного титрування.

Моторна олива повинне мати певну лужність для збереження миючих властивостей, здатності до нейтралізації кислот і придушення процесів корозії. При роботі оливи в двигуні лужне число неминуче знижується, присадки, що нейтралізують, спрацьовуються. Таке зниження має допустимі межі, після досягнення яких олива вважається таким, що втратив працездатність [9].

Лужне число оливи визначається потенціометричним титруванням соляною кислотою за стандартами ASTM D 664, ГОСТ 11362-96, ISO 6619-88.

Температура спалаху - визначається двома методами: у відкритому та закритому тиглі. Найчастіше застосовується метод відкритого тигля визначення якого є спеціальний прилад. Тигель, в який наливається олива, підігрівають при цьому за 1 хвилину температура оливи не повинна підніматися більше ніж на 2 градуси. Потім над тиглем проводять запаленим ґнотом і фіксують температуру, якщо олива спалахує і гасне, але не горить що і свідчить про досягнення заданої температури.

Миючі-диспергуючі властивості характеризують здатність оливи забезпечувати необхідну чистоту деталей двигуна, підтримувати продукти окислення та забруднення у зваженому стані. Крім концентрації мийно-диспергуючих присадок на чистоту двигуна істотно впливає ефективність присадок, що використовуються, їх правильне поєднання з іншими компонентами композиції, а також прийомистість базового оливи. У композиціях олів в якості миючих присадок використовують сульфонати, алкілфеноляти, алкілсаліцилати і фосфонати кальцію або магнію механізм дії присадок миючих пояснюють їх адсорбцією на поверхні нерозчинних в оліві частинок. В результаті на кожній частинці утворюється оболонка з обернених в об'єм оливи вуглеводневих радикалів. Вона перешкоджає коагуляції частинок забруднень, їх дотику один до одного. Полярні молекули присадок утворюють подвійний електричний шар, що надає однойменних зарядів частинкам, на яких адсорбувалися. Завдяки цьому частки відштовхуються і ймовірність їхнього об'єднання зменшується. Миючі властивості моторних олів в лабораторних умовах визначають на модельній установці ПЗВ, що є малорозмірним одноциліндровим двигуном з електроприводом і електронагрівачами. Стендові моторні випробування для оцінки миючих властивостей проводять або у повнорозмірних двигунах або в одноциліндрових моторних установках за стандартними методиками. Критеріями оцінки миючих властивостей є чистота поршня, масляних фільтрів, роторів центрифуг, рухливість поршневих кілець.

Антиокислювальні властивості значною мірою визначають стійкість оливи до старіння. Умови роботи моторних олив у двигунах настільки жорсткі, що запобігти їх окисленню повністю неможливо. Окислення оливи в двигуні найбільш інтенсивно відбувається в тонких плівках оливи на поверхнях деталей, що нагріваються до високої температури і стикаються з гарячими газами (поршень, циліндр, кільця поршневі, напрямні і стебла клапанів). В об'ємі олива окислюється менш інтенсивно, так як у піддоні картера, радіаторі, оливапроводах температура нижче і поверхня контакту оливи з окислюючим газовим середовищем менше. У внутрішніх порожнинах двигуна, заповнених масляним туманом, окислення інтенсивніше.

На швидкість і глибину окислювальних процесів значно впливають продукти, що потрапляють в олива, неповного згоряння палива. Вони проникають у оливу разом із газами, прориваються з надпоршневого простору в картер. Прискорюють окислення оливи частинки металів та забруднень неорганічного походження, які накопичуються в оливи внаслідок зношування деталей двигуна.

Стійкість моторних олив до окислення підвищують введенням у їхній склад антиокислювальних присадок. Як антиокислювальні присадки до моторних олив застосовують діалкіл- і діарилдітіофосфати цинку, які покращують також антикорозійні та протизношувальні властивості. Їх часто комбінують один з одним і безольними антиокислювачами.

У стандарти та технічні умови на моторні оливи їх стійкість до окислення побічно характеризується індукційним періодом осадоутворення (окислення за методом ГОСТ 11063-77 при 200 ° C).

Антикорозійні властивості моторних олив залежать від складу базових компонентів, концентрації та ефективності антикорозійних, антиокислювальних присадок та деактиваторів металів. Антикорозійні присадки захищають антифрикційні матеріали (свинцеву бронзу), утворюючи на поверхні міцну захисну плівку. Антиокислювачі перешкоджають утворенню агресивних кислот.

В лабораторних умовах антикорозійні властивості моторних олив оцінюють за методом ГОСТ 20502-75 за втратою маси свинцевих пластин 10 або 25 год.

випробування при температурі 140 °С. При моторних випробуваннях антикорозійні властивості олив оцінюють за втратою маси вкладишів шатунних підшипників повнорозмірних двигунів або одноциліндрових установок ІКМ або Petter W-1, а також за їхніми поверхнями тертя (колір, задири, сліди корозії).

Хімічний склад домішок в оливі визначається інструментальними та лабораторними методами кількісного аналізу. До інструментальних до методів відносяться полярографічний, спектральний, нейтронної активації, ферографії та інші.

Полярографічний аналіз заснований на електроліз розчиненого в кислоті зольного залишку, утвореного після спалювання проби оливи. Аналіз полярограм, побудованих у координатах "напруга-сила струму", кількісно характеризує вміст речовин в оливі.

Спектральний емісійний аналіз проводять безпосередньо на забрудненій оливі або досліджують золу після її спалювання. За отриманими спектрами роблять висновок про кількісний склад забруднень. Тут можливе застосування ІЧ-спектроскопії виявляє продукти окиснення, солі карбонових кислот, сульфати та неорганічні нітрати.

Елементний аналіз ІСП здатний виявити до 24 елементів металів, вимірюючи частинки з розміром менше, ніж 5 мікронів, які можуть бути присутніми у відпрацьованому оливі, в результаті зношування, забруднення або добавок. Метали зносу включають залізо, хром, нікель, алюміній, мідь, свинець, олово, кадмій, срібло, титан та ванадій. Елементи забруднень включають кремній, натрій та калій. Метали, що утворюються в результаті дії кількох джерел, включають молібден, сурму, марганець та літій. Елементи присадок - це борат магнію, кальцій, барій, фосфор та цинк[13]. Елементний аналіз сприяє визначенню типу та інтенсивності зношування, що відбувається всередині обладнання.

2.3 Дослідження змін властивостей моторних олив у процесі експлуатації

Олива під час експлуатації піддається зовнішнім впливам у присутності контактуючих матеріалів (метали, полімери, вода, повітря, кислоти), багато з яких є каталізаторами хімічних процесів, що прискорюють його старіння.

Внаслідок зовнішніх впливів відбувається комплекс фізико-хімічних змін, які можна розділити на чотири групи.

1. Зміни фізичного характеру - випаровування компонентів оливи, накопичення продуктів зношування, розчинення газів, води та компонентів еластомерів, зміна кількісного складу присадок за рахунок утворення сорбційних плівок на поверхнях тертя.

2. Зміни хімічного характеру - окислення вуглеводнів базової оливи, реакції гідролізу базової оливи та присадок внаслідок присутності води та водних розчинів, реакції ацидолізу за наявності карбонових кислот, реакції присадок з металами та інші процеси.

3. Зміни механо-хімічного характеру - пов'язані з процесами тертя, перемішуванням, трибохімічними процесами на поверхнях тертя, а також стимулюючим впливом механічних впливів на хімічні реакції.

4. Зміни, спричинені впливом продуктів неповного згоряння палив при роботі двигунів внутрішнього згоряння, оксидів азоту, сірки та вуглецю.

З метою дослідження змін властивостей моторних олив Shell Rimula та 76 Heavy Duty, що застосовуються на великовантажних кар'єрних автосамоскидах БелАЗ 7513 і САТ 785В, були проаналізовані результати найважливіших фізико-хімічних показників.

В'язкість один із основних бракувальних показників, зміна якого більш ніж на 20% порівняно з вихідним значенням означає перехід в іншу групу в'язкості SAE.

Динаміка зміни кінематичної в'язкості оливи Shell Rimula та 76 Heavy Duty залежно від напрацювання самоскида показана на графіках.

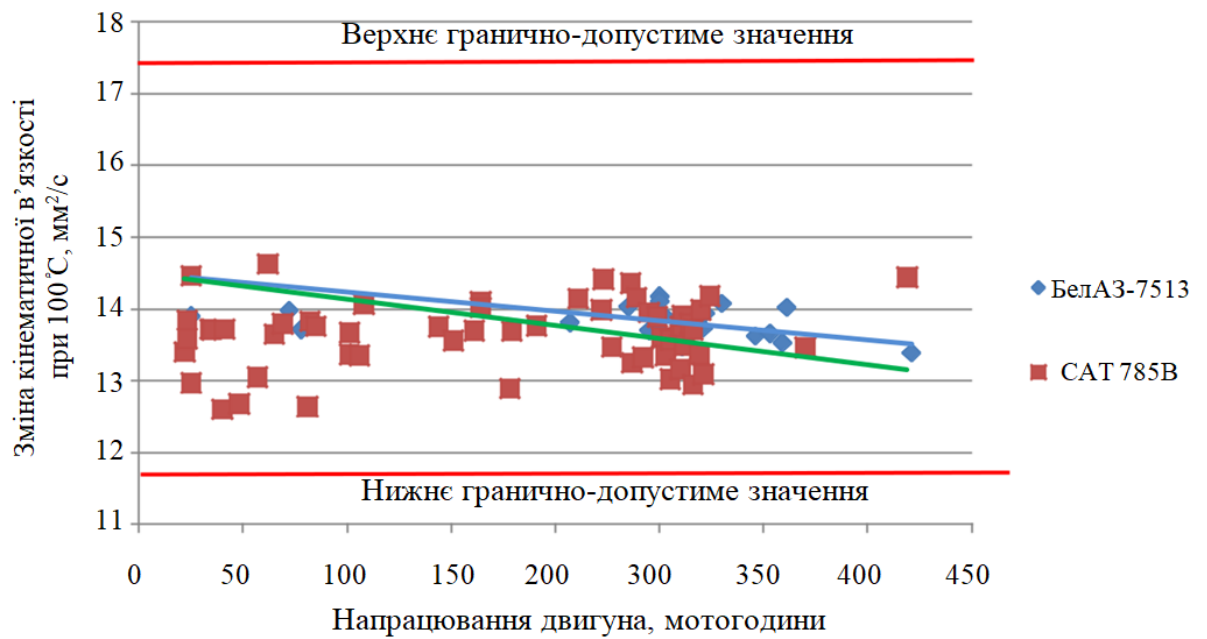


Рис. 2.2 - Зміна в'язкості моторної оливи Shell Rimula на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785B

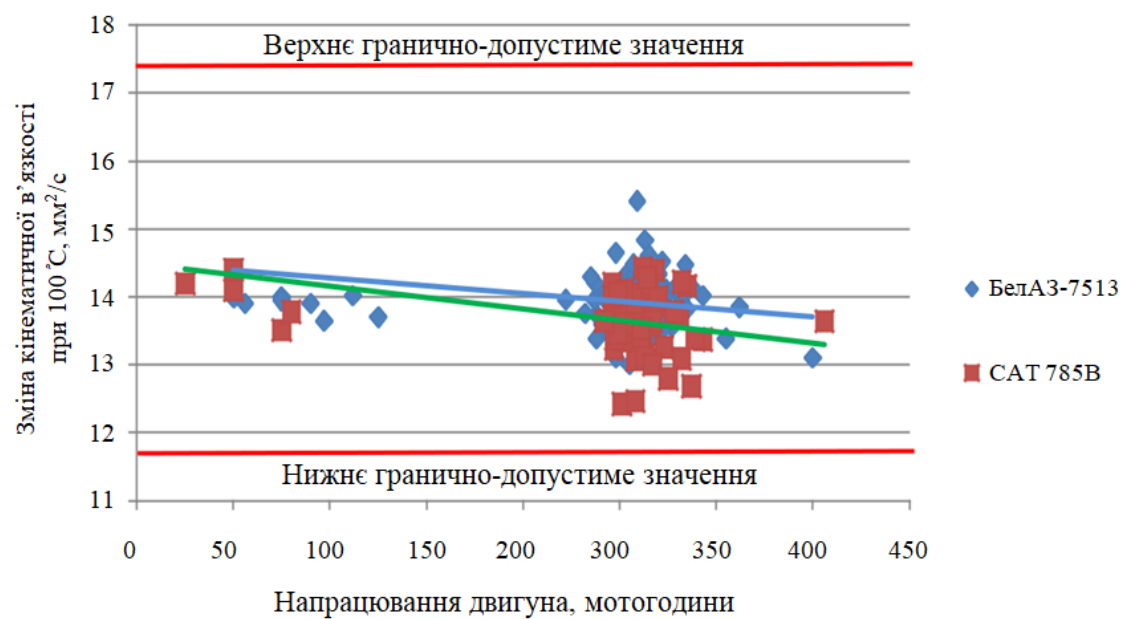


Рис. 2.3 - Зміна в'язкості моторної оливи 76 Heavy Duty на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785B

У ході проведення аналізу в'язкість моторної оливи залишалася в межах норми та за своїми граничними значеннями має запас якості. При порівнянні було виявлено відсутність відмінності в'язкості обох видів оливи.

Загальне лужне число - показник запасу нейтралізуючої здатності оливи, а також її миючої та диспергуючої здатності. Для оцінки моторної оливи важливо знати первісне значення цього показника, а також швидкість втрати рівня лужності.

Динаміка зміни лужного числа оливи Shell Rimula та 76Heavy Duty залежно від напрацювання самоскида показана на графіках.

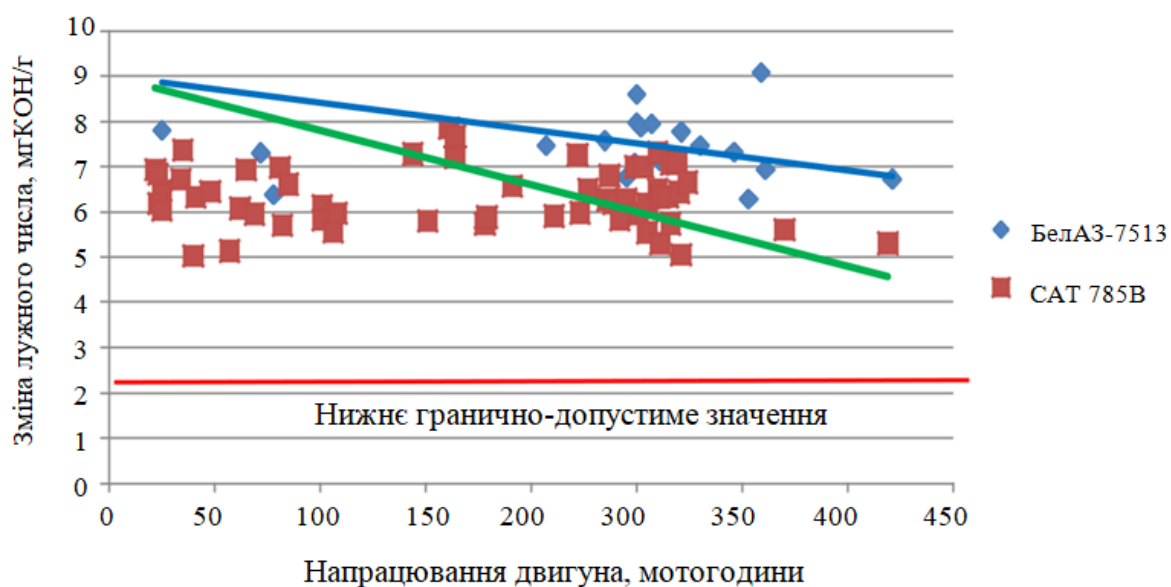


Рис. 2.4 - Зміна лужного числа моторної оливи Shell Rimula на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785 B

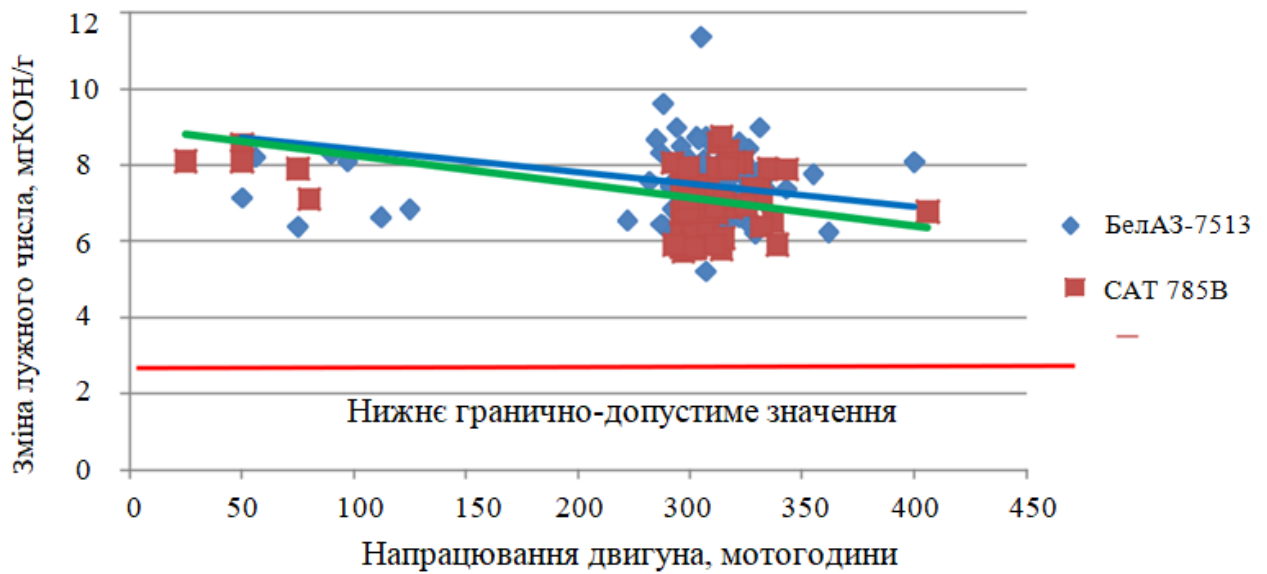


Рис. 2.5 - Зміна лужного числа моторної оливи 76 Heavy Duty на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785 B

Падіння рівня лужності від первісного значення становило 25% при бракувальному значенні 55%. Пологий характер зміни рівня лужності моторної оливи з урахуванням її доливання на угар у процесі експлуатації дозволяє зробити прогноз про можливість забезпечення терміну служби до 350 мотогодин напрацювання.

Температура спалаху є показником пожежонебезпечності оливи. При швидкому випаровуванні легких фракцій відбувається збільшення оливи на угар внаслідок зменшення рівня оливи. Але у разі розведення оливи паливом буде помітно різке зниження температури спалаху.

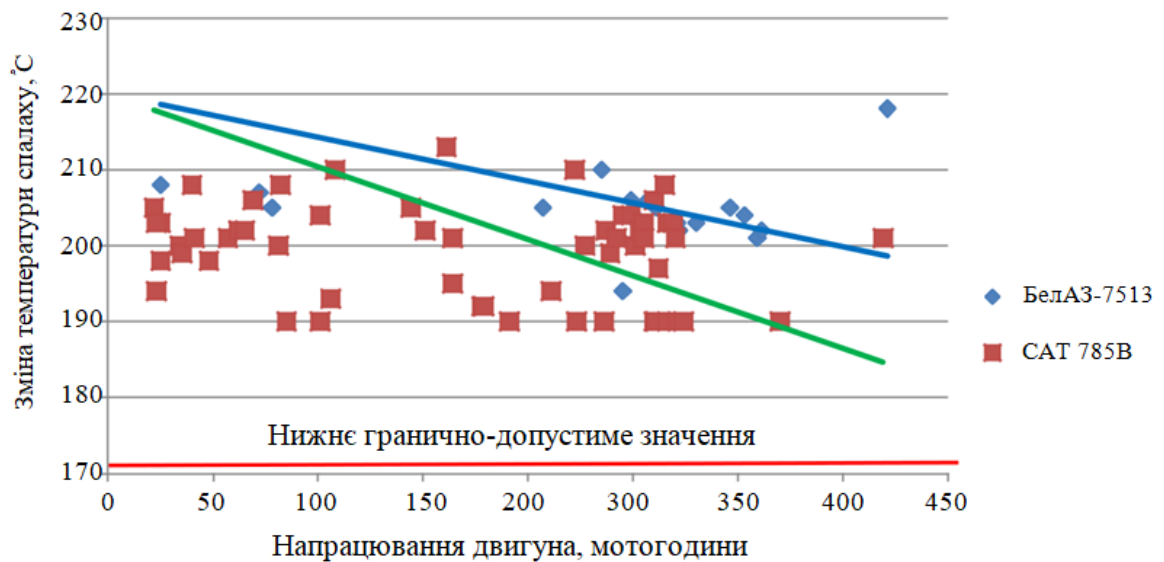


Рис. 2.6. - Зміна температури спалаху моторної оливи Shell Rimula на БКА БелАЗ 7513 та CAT 785B

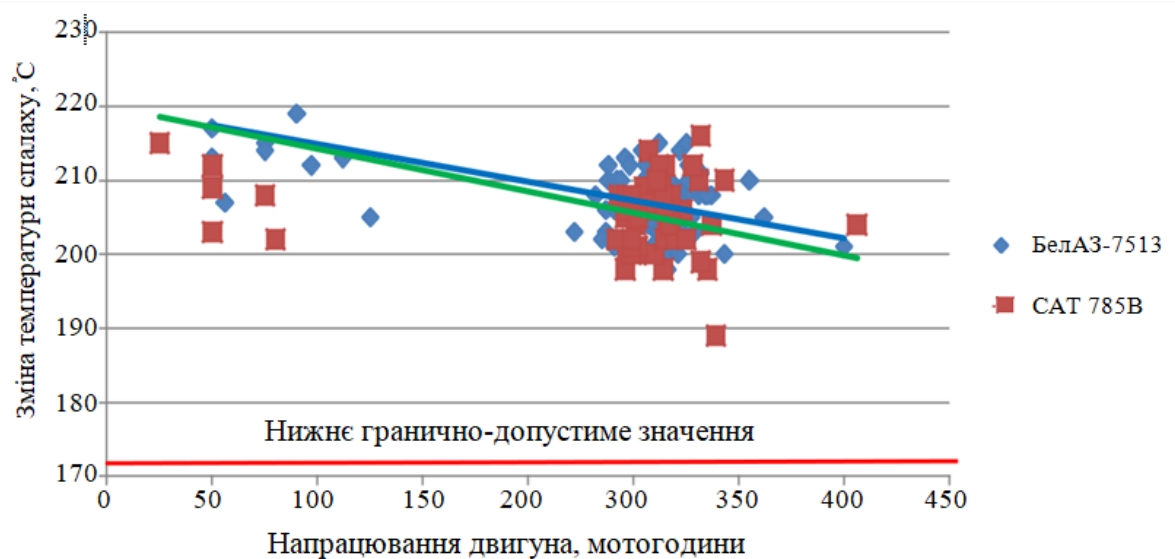


Рис. 2.7. - Зміна температури спалаху моторної оливи 76 Heavy Duty на БКА БелАЗ 7513 та CAT 785B

Температура спалаху при напрацюванні 350 мгод вище бракувального значення 190°C, проте, у самоскидах CAT 785B помітно падіння значення до 188°C при напрацюванні 350 мгод. Продовження інтервалу зміни оливи з 250 мгод до 350 мгод можливе лише після проведення аналізу оливи при

напрацюванні 250 мгод, також рекомендується перевірка паливної апаратури в даних самоскидах.

Масова частка продуктів зносу, накопичених у оливі. Ефективність роботи моторної оливи підтверджується низьким темпом зносу двигунів, визначається за масовою часткою продуктів зношування(металів), накопичених в оливі.

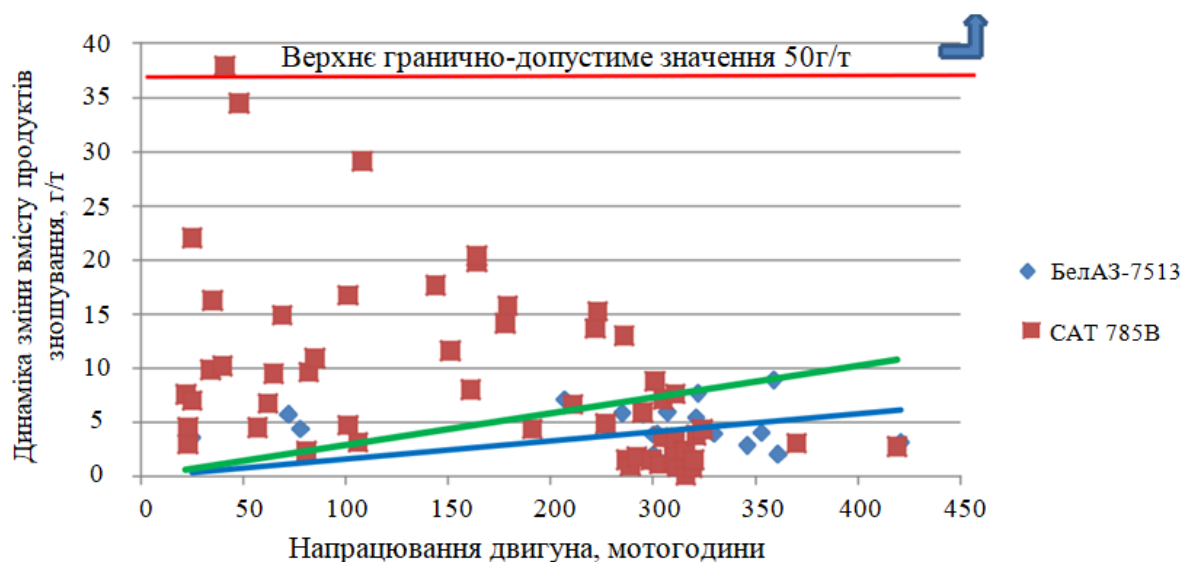


Рис. 2.9 - Зміна вмісту продуктів зношування в моторній оливі Shell Rimula на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785B

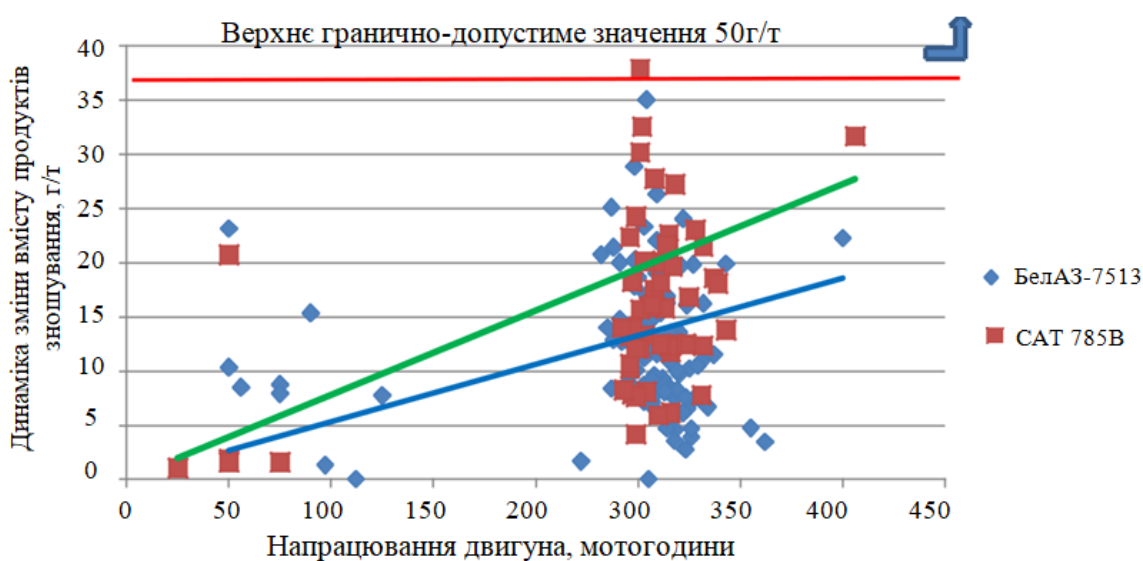


Рис. 2.9 - Зміна вмісту продуктів зношування в моторній оливі 76 Heavy Duty на ВКА БелАЗ-7513 та CAT 785B

Концентрація вмісту продуктів зношування в оливі 76 Heavy Duty вища, ніж у оливі Shell Rimula. Після 250 мгод напрацювання двигуна вміст продуктів зношування в оливі Rimula склав 4-7 PPM, у той час як у Heavy Duty -14-20 PPM (збільшення на 28-35%).

Оцінку зміни якості моторної оливи в процесі експлуатації проводили шляхом визначення зміни в'язкості, лужного числа, температури спалаху та вмісту продуктів зношування в оливі.

На підставі проведених досліджень було визначено зміни фізико-хімічних показників оливи при їх напрацюванні до 300-350 мотогодин. Результати досліджень показали, що при напрацюванні оливи до 350 м/год показники якості не перевищують допустимих граничних значень. Температура спалаху тільки в одному випадку знижується до 190 °С при допустимому її значенні 170 °С, у всіх інших випадках вона знижується до 190 - 200 °С. Лужне число знижується до 4,5 - 5 мг КОН/г за допустимого значення до 3 мг КОН/г. Вміст продуктів зношування при напрацюванні до 350 мотогодин не перевищує допустимі межі.

Результати аналізу відпрацьованої оливи можуть бути використані для контролю рівнів забруднення двигуна, що дозволить зважати про такі недоліки або неполадки в роботі системи, як неякісна фільтрація повітря, витік охолоджувальної рідини, розрідження палива та знос металевих деталей, що може свідчити про несправність двигуна.

Даний метод передбачає порівняння результатів аналізу відпрацьованої оливи з даними, отриманими для свіжої оливи. Ступінь погіршення показників відпрацьованої оливи по відношенню до свіжої оливи служить індикатором, що дозволяє контролювати стан системи.

Висновки до розділу:

- описано основні експлуатаційні властивості моторних олиив;
- наведено методи проведення випробувань олиив для визначення технічного стану двигуна, та визначення вироблення та залишкового ресурсу моторних олиив;
- проведено оцінку зміни якості моторної олиив в процесі експлуатації шляхом визначення зміни в'язкості, лужного числа, температури спалаху та вмісту продуктів зношування в олииві.

Результати досліджень показали, що при напрацюванні олиив до 350 м/год показники якості не перевищують допустимих граничних значень. Температура спалаху тільки в одному випадку знижується до 190 °С при допустимому її значенні 170 °С, у всіх інших випадках вона знижується до 190 - 200 °С. Лужне число знижується до 4,5 - 5 мг КОН/г за допустимого значення до 3 мг КОН/г. Вміст продуктів зношування при напрацюванні до 350 мотогодин не перевищує допустимі межі.

Результати аналізу відпрацьованої олиив можуть бути використані для контролю рівнів забруднення двигуна, що дозволить зважати про такі недоліки або неполадки в роботі системи, як неякісна фільтрація повітря, витік охолоджувальної рідини, розрідження палива та знос металевих деталей, що може свідчити про несправність двигуна.

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИТРАТИ МОТОРНИХ ОЛИВ

3.1 Збір інформації з витрат моторних олив підконтрольних автосамоскидів

Для підтримки кар'єрного самоскида в постійній технічній готовності та запобіганню інтенсивному зносу деталей у процесі експлуатації необхідно періодично у встановлені терміни виконувати технічне обслуговування вузлів та систем.

У процесі експлуатації кар'єрних автосамоскидів відбувається безперервна витрата оливи на заміну пов'язана з проведенням технічного обслуговування та витрата оливи на доливку. Існують суворо встановлені норми загальної витрати моторних олив на заміну та на доливку. Для проведення аналізу витрати олив у процесі експлуатації підконтрольних автосамоскидів враховувалася витрата мастил на заміну та на доливку.

Заміна оливи проводилася відповідно до регламентованого технічного обслуговування через кожні 250 мотогодин напрацювання двигуна, а долив оливи в міру зменшення обсягу оливи в картері двигуна. В даний час використовуються марки олив фірм виробників, таких як SHELL Rimula та 76 Heavy Duty.

У зв'язку з втратами оливи на угар і витік через зношені ущільнення відбувається зменшення рівня оливи в двигуні, в результаті чого регулярно проводилося доливання оливи до необхідного рівня, і вівся облік обсягу оливи, що доливається.

Достовірність індивідуальних норм витрати мастильних матеріалів залежить від обґрунтованого вибору (призначення) об'єктів щодо спостережень за витратою мастильних матеріалів (ММ). Спостереженням необхідно піддавати машини з різним технічним станом: нові (після випуску, ремонту), із загальним напрацюванням, близьким до середнього значення міжремонтного ресурсу, та з напрацюванням, близьким до граничного значення міжремонтного ресурсу. Зразки машин, що обираються для спостереження за витрачанням мастильних

матеріалів, повинні бути представлені не менше ніж 3-5 одиниць від кожної групи технічного стану.

Для детальнішого аналізу витрати моторних олів було взято 9 підконтрольних автосамоскидів. Вони були поділені на 3 групи відповідно до напрацювання двигуна з моменту експлуатації.

1 група - з напрацюванням двигуна від 0 до 5000 мотогодин, так звані "нові самоскиди".

2 група - з напрацюванням двигуна від 5000 до 15000 мотогодин.

3 група - з напрацюванням двигуна від 15000 до 25000 мотогодин.

Результати вимірів витрати олів на заміну та доливку були зведені в легкочитані форми та таблиці відповідно до вікової групи. У таблицях 3.1 - 3.5 наведено результати вимірювання витрати олів.

Аналіз результатів спостережень за витрачанням машинами РМ передбачає:

- складання узагальнених даних за результатами спостережень за витрачанням кожного виду РМ машинами (агрегатами та вузлами) цього типу (марки);
- аналіз можливих причин розбіжностей у значеннях витрати ММ у машин однієї групи з технічного стану;
- розробку проекту індивідуальних норм витрати кожного виду РМ для машин цього типу (марки).

Результати експериментів, щодо визначення норм витрати олів в таблицях 3.1. - 3.5.

Таблиця 3.1

Результати вимірів витрати моторних оливи на заміну та на доливку кар'єрних самоскидів БелАЗ 7513 вантажопідйомністю 130 тон, з напрацюванням двигуна 0-5000 мотогодин.

№ п/п	Тип двигуна	Дата	Напрацювання двигуна (мотогодина)	Питома витрати палива (л/мгод)	Витрата оливи (л)	
					На заміну	Питома витрата оливи на доливку (л/мгод)
1	QSK-45 C	02.06.2021	248	110	209	0,1
2	QSK-45 C	05.06.2021	256	110	209	0,15
3	QSK-45 C	08.06.2021	258	120	209	0,15
4	QSK-45 C	11.06.2021	266	120	209	0,2
5	QSK-45 C	14.06.2021	249	130	209	0,15
6	QSK-45 C	17.06.2021	268	120	209	0,15
7	QSK-45 C	20.06.2021	265	130	209	0,25
8	QSK-45 C	23.06.2021	262	130	209	0,25
9	QSK-45 C	27.06.2021	248	120	209	0,15
10	QSK-45 C	30.06.2021	264	120	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2021	249	110	209	0,15
12	QSK-45 C	06.07.2021	274	120	209	0,2
13	QSK-45 C	09.07.2021	272	120	209	0,25
14	QSK-45 C	12.07.2021	238	100	209	0,1
15	QSK-45 C	15.07.2021	262	120	209	0,2
16	QSK-45 C	18.07.2021	258	120	209	0,15
17	QSK-45 C	21.07.2021	246	130	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2021	262	130	209	0,2
19	QSK-45 C	28.07.2021	258	120	209	0,15
20	QSK-45 C	31.07.2021	254	120	209	0,1
21	QSK-45 C	01.08.2021	222	130	209	0,2
22	QSK-45 C	04.08.2021	259	130	209	0,25
23	QSK-45 C	07.08.2021	244	100	209	0,1
24	QSK-45 C	10.08.2021	253	120	209	0,15
25	QSK-45 C	13.08.2021	259	110	209	0,15
26	QSK-45 C	17.08.2021	270	130	209	0,2
27	QSK-45 C	20.08.2021	263	130	209	0,25
28	QSK-45 C	23.08.2021	264	130	209	0,2
29	QSK-45 C	26.08.2021	253	130	209	0,2
30	QSK-45 C	29.08.2021	255	130	209	0,2

Таблиця 3.2

Результати вимірів витрати моторних оливи на заміну та на доливання кар'єрних самоскидів БелАЗ 7513 вантажопідйомністю 130 тон, з напрацюванням двигуна 5000-15000 мотогодин.

№ п/п	Тип двигуна	Дата	Напрацювання двигуна (мотогодина)	Питома витрата палива (л/мгод)	Витрата оливи (л)	
					На заміну	Питома витрата оливи на доливку (л/мгод)
1	QSK-45 C	02.06.2021	254	100	209	0,2
2	QSK-45 C	05.06.2021	268	100	209	0,1
3	QSK-45 C	08.06.2021	273	110	209	0,3
4	QSK-45 C	11.06.2021	257	130	209	0,4
5	QSK-45 C	14.06.2021	257	130	209	0,4
6	QSK-45 C	17.06.2021	269	130	209	0,4
7	QSK-45 C	20.06.2021	245	130	209	0,4
8	QSK-45 C	23.06.2021	259	130	209	0,4
9	QSK-45 C	27.06.2021	255	130	209	0,4
10	QSK-45 C	30.06.2021	261	110	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2021	266	120	209	0,4
12	QSK-45 C	06.07.2021	253	120	209	0,3
13	QSK-45 C	09.07.2021	275	130	209	0,4
14	QSK-45 C	12.07.2021	263	100	209	0,2
15	QSK-45 C	15.07.2021	271	100	209	0,1
16	QSK-45 C	18.07.2021	276	100	209	0,1
17	QSK-45 C	21.07.2021	264	110	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2021	274	120	209	0,3
19	QSK-45 C	28.07.2021	250	120	209	0,3
20	QSK-45 C	31.07.2021	246	120	209	0,3
21	QSK-45 C	01.08.2021	255	120	209	0,3
22	QSK-45 C	04.08.2021	293	120	209	0,3
23	QSK-45 C	07.08.2021	264	100	209	0,2
24	QSK-45 C	10.08.2021	241	110	209	0,2
25	QSK-45 C	13.08.2021	237	100	209	0,1
26	QSK-45 C	17.08.2021	257	100	209	0,2
27	QSK-45 C	20.08.2021	267	100	209	0,1
28	QSK-45 C	23.08.2021	264	100	209	0,1
29	QSK-45 C	26.08.2021	268	100	209	0,1
30	QSK-45 C	29.08.2021	276	120	209	0,3

Таблиця 3.3

Результати вимірів витрати моторних олиф на заміну та на доливку кар'єрних самоскидів БелАЗ 7513 вантажопідйомністю 130 тон, з напрацюванням двигуна 15000-25000 мотогодин.

№ п/п	Тип двигуна	Дата	Напрацювання двигуна (мотогодина)	Питома витрата палива (л/мгод)	Витрата оливи (л)	
					На заміну	Питома витрата оливи на доливку (л/мгод)
1	QSK-45 C	02.06.2021	271	110	209	0,3
2	QSK-45 C	05.06.2021	268	90	209	0,2
3	QSK-45 C	08.06.2021	265	90	209	0,1
4	QSK-45 C	11.06.2021	243	90	209	0,1
5	QSK-45 C	14.06.2021	269	100	209	0,3
6	QSK-45 C	17.06.2021	241	100	209	0,2
7	QSK-45 C	20.06.2021	253	90	209	0,2
8	QSK-45 C	23.06.2021	259	110	209	0,4
9	QSK-45 C	27.06.2021	252	90	209	0,1
10	QSK-45 C	30.06.2021	254	100	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2021	248	100	209	0,2
12	QSK-45 C	06.07.2021	272	100	209	0,2
13	QSK-45 C	09.07.2021	257	90	209	0,1
14	QSK-45 C	12.07.2021	285	100	209	0,1
15	QSK-45 C	15.07.2021	273	110	209	0,2
16	QSK-45 C	18.07.2021	262	110	209	0,2
17	QSK-45 C	21.07.2021	277	100	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2021	256	100	209	0,1
19	QSK-45 C	28.07.2021	287	110	209	0,2
20	QSK-45 C	31.07.2021	259	100	209	0,1
21	QSK-45 C	01.08.2021	238	90	209	0,1
22	QSK-45 C	04.08.2021	281	120	209	0,3
23	QSK-45 C	07.08.2021	282	120	209	0,4
24	QSK-45 C	10.08.2021	280	120	209	0,3
25	QSK-45 C	13.08.2021	279	120	209	0,4
26	QSK-45 C	17.08.2021	263	110	209	0,3
27	QSK-45 C	20.08.2021	242	110	209	0,3
28	QSK-45 C	23.08.2021	270	110	209	0,3
29	QSK-45 C	26.08.2021	265	100	209	0,2
30	QSK-45 C	29.08.2021	272	120	209	0,2

Таблиця 3.4

Результати вимірів витрати моторних оливи на заміну та на доливання кар'єрних самоскидів САТ 785 В вантажопідйомністю 130 тонн, з напрацюванням двигуна 5000-15000 мотогодин.

№ п/п	Тип двигуна	Дата	Напрацювання двигуна (мотогодина)	Питома витрата палива (л/мгод)	Витрата оливи (л)	
					На заміну	Питома витрата оливи на доливку (л/мгод)
1	САТ 3512	02.06.2021	251	70	159	0,05
2	САТ 3512	05.06.2021	247	60	159	0,05
3	САТ 3512	08.06.2021	253	60	159	0,025
4	САТ 3512	11.06.2021	266	70	159	0,05
5	САТ 3512	14.06.2021	254	70	159	0,05
6	САТ 3512	17.06.2021	264	70	159	0,075
7	САТ 3512	20.06.2021	246	70	159	0,05
8	САТ 3512	23.06.2021	253	70	159	0,05
9	САТ 3512	27.06.2021	285	70	159	0,05
10	САТ 3512	30.06.2021	268	90	159	0,1
11	САТ 3512	03.07.2021	252	70	159	0,05
12	САТ 3512	06.07.2021	255	80	159	0,075
13	САТ 3512	09.07.2021	265	90	159	0,1
14	САТ 3512	12.07.2021	251	60	159	0,025
15	САТ 3512	15.07.2021	266	60	159	0,025
16	САТ 3512	18.07.2021	260	60	159	0,05
17	САТ 3512	21.07.2021	246	70	159	0,05
18	САТ 3512	24.07.2021	267	70	159	0,05
19	САТ 3512	28.07.2021	247	70	159	0,05
20	САТ 3512	31.07.2021	249	70	159	0,05
21	САТ 3512	01.08.2021	258	80	159	0,05
22	САТ 3512	04.08.2021	246	80	159	0,075
23	САТ 3512	07.08.2021	282	90	159	0,1
24	САТ 3512	10.08.2021	268	80	159	0,075
25	САТ 3512	13.08.2021	259	90	159	0,1
26	САТ 3512	17.08.2021	255	60	159	0,025
27	САТ 3512	20.08.2021	262	60	159	0,025
28	САТ 3512	23.08.2021	248	70	159	0,05
29	САТ 3512	26.08.2021	251	70	159	0,05

Таблиця 3.5.

Результати вимірів витрати моторних оливи на заміну та на доливання кар'єрних самоскидів САТ 785 В вантажопідйомністю 130 тонн, з напрацюванням двигуна 15000-25000 мотогодин.

№ п/п	Тип двигуна	Дата	Напрацювання двигуна (мотогодина)	Питома витрата палива (л/мгод)	Витрата оливи (л)	
					На заміну	Питома витрата оливи на доливку (л/мгод)
1	САТ 3512	02.06.2021	262	80	140	0,12
2	САТ 3512	05.06.2021	265	60	140	0,08
3	САТ 3512	08.06.2021	260	60	140	0,04
4	САТ 3512	11.06.2021	285	80	140	0,08
5	САТ 3512	14.06.2021	274	80	140	0,12
6	САТ 3512	17.06.2021	262	70	140	0,08
7	САТ 3512	20.06.2021	259	70	140	0,08
8	САТ 3512	23.06.2021	265	70	140	0,08
9	САТ 3512	27.06.2021	261	80	140	0,12
10	САТ 3512	30.06.2021	225	90	140	0,16
11	САТ 3512	03.07.2021	259	90	140	0,16
12	САТ 3512	06.07.2021	275	90	140	0,12
13	САТ 3512	09.07.2021	271	90	140	0,16
14	САТ 3512	12.07.2021	264	80	140	0,08
15	САТ 3512	15.07.2021	263	80	140	0,12
16	САТ 3512	18.07.2021	263	80	140	0,08
17	САТ 3512	21.07.2021	259	60	140	0,04
18	САТ 3512	24.07.2021	292	70	140	0,08
19	САТ 3512	28.07.2021	239	70	140	0,12
20	САТ 3512	31.07.2021	277	70	140	0,08
21	САТ 3512	01.08.2021	236	70	140	0,12
22	САТ 3512	04.08.2021	253	70	140	0,08
23	САТ 3512	07.08.2021	267	80	140	0,12
24	САТ 3512	10.08.2021	265	80	140	0,12
25	САТ 3512	13.08.2021	244	80	140	0,12
26	САТ 3512	17.08.2021	266	70	140	0,08
27	САТ 3512	20.08.2021	254	70	140	0,08
28	САТ 3512	23.08.2021	264	70	140	0,08
29	САТ 3512	26.08.2021	251	70	140	0,08

3.2 Аналіз витрати моторних олив великовантажних кар'єрних автосамоскидів

3.2.1. Загальні положення

Поняття норма витрати палива або оливи стосовно автомобільного транспорту передбачає встановлене значення міри споживання даного витратного матеріалу при роботі конкретного автомобіля на певному етапі експлуатації. При цьому розрізняють базове значення витрати даного матеріалу, яке визначають для кожної моделі автомобіля за стандартною методикою як загальноприйнята норма, і розрахункове нормативне значення витрати палива, що враховує умови експлуатації автомобіля.

Норми витрати палив (мастильних матеріалів) на автомобільному транспорті необхідні для:

- розрахунків нормованого значення витрати палив;
- ведення статистичної та оперативної звітності;
- визначення собівартості перевезень та інших видів транспортних робіт;
- планування потреб підприємств у забезпеченні нафтопродуктами;
- здійснення розрахунків з оподаткування підприємств;
- забезпечення режиму економії та енергозбереження споживаних нафтопродуктів;
- проведення розрахунків з користувачами транспортними засобами, водіями тощо.

Норми витрати ПММ мають статус постійних чи тимчасових норм. Нові норми діють як тимчасові до їх введення як постійних, у своїй, тимчасові норми дійсні терміном трохи більше 2-х років із їх розробки. У цей період здійснюється перевірка відповідності встановленого значення тимчасової норми середньостатистичної витрати для даної моделі автомобіля та, за необхідності, проводиться уточнення значення норми.

Тимчасові норми розробляються на основі «методики визначення базисних норм витрати ПММ на автомобільному транспорті». Норми витрати палива встановлюються для кожної моделі, марки та модифікації автомобілів, що експлуатуються, і відповідають певним умовам роботи автомобільних транспортних засобів відповідно до їх класифікації та призначення. Норми включають витрату палива, необхідну здійснення транспортного процесу. Витрата палива на технічні, гаражні та інші внутрішні господарські потреби, не пов'язані безпосередньо з технологічним процесом перевезень пасажирів та вантажів, до складу норм не включається та встановлюється окремо.

Базисна норма витрати палива залежить від конструкції автомобіля та його агрегатів, категорії, типу та призначення автомобільного рухомого складу (легкові, вантажні, автобуси тощо), від виду палива, що використовується, та враховує споряджений стан автомобіля, типізований маршрут та режим руху в експлуатації. .

Норма на транспортну роботу включає базисну норму і залежить від вантажопідйомності або від завантаження, що нормується, або від конкретної маси вантажу, що перевозиться, з урахуванням умов експлуатації АТС[14].

Облік дорожньо-транспортних, кліматичних та інших експлуатаційних факторів здійснюється за допомогою поправочних коефіцієнтів, регламентованих у вигляді відсотків підвищення чи зниження вихідного значення норми.

На автомобільному транспорті України діє система нормування експлуатаційної витрати палива, яка враховує особливості та умови роботи.

Метою нормування витрати палива є раціональне розподілення паливних ресурсів по об'єктах залежно від конкретних умов експлуатації.

Норми витрати оливи встановлюються для кожної марки та моделей автомобілів у літрах на 100 л загальної нормативної витрати палива. Значення встановлених норм витрати оливи зменшуються на 50% всім автомобілів, що у експлуатації до 3-х років, і збільшуються до 20% для автомобілів, що у експлуатації понад 8 років.

Тимчасові норми витрати олив, л, та мастил, кг на 100 л загальної витрати палива.

3.2.2 Визначення витрати палива автосамоскидами з урахуванням конструктивних особливостей та технічних параметрів

Одним із найважливіших експлуатаційних показників роботи кар'єрних автосамоскидів є витрата палива. Наприклад, споживання дизельного палива технологічним кар'єрним автотранспортом в Туреччині сягає 1,2 млн. тонн на рік. Витрати палива становлять одну з основних статей поточних експлуатаційних витрат, частка яких у загальних витратах сягає 50%. З іншого боку, екологічні питання функціонування самоскидів, насамперед забруднення атмосферного повітря, безпосередньо пов'язані з витратою палива.

Підвищена увага до витрати палива визначається тим, що цей показник повною мірою залежить від технічних параметрів та конструктивних особливостей автосамоскидів, умов довілля, термінів та умов експлуатації, і тому за рівнем витрати палива можна оцінити загальний технічний стан автосамоскида. Перерахуємо основні фактори, що впливають на витрату палива:

- стан двигуна та трансмісії автосамоскида, термін його експлуатації;
- ступінь накачування та якість протекторів шин;
- якість дорожнього покриття, що визначається питомим опором коченню;
- геометричні особливості автотранспортних комунікацій (залежать від основних властивостей кар'єру);
- якість розвантажувальних майданчиків;
- корисна маса автосамоскида;
- кліматичні особливості та географічне положення кар'єру.

Для раціональнішої економії палива необхідні методи обліку його експлуатаційного витрати, які охоплювали б гірничотехнічні умови експлуатації, режими та параметри руху автосамоскида[15]. Необхідно сказати, що

експлуатаційний облік витрат палива можна забезпечити за наявності на автосамоскиді апаратури, що визначає гірничо-технічні умови експлуатації, параметри автосамоскида та параметри його руху.

Витрата оливи на угар має тісний зв'язок із витратою палива. Відповідно з вищевикладеним за головний показник витрати оливи на угар було взято питому витрату палива на одиницю часу роботи двигуна.

3.2.3 Експериментальна частина

Об'єктами випробувань були обрані кар'єрні самоскиди марки БелАЗ 7513 із двигуном QSK 45 C та CAT 785 3 двигуном CAT 3512.

Метою випробувань є порівняльний аналіз витрати моторних олив. Для проведення експлуатаційних випробувань було обрано зразки даних марок автосамоскидів.

Для отримання даних з витрат палива на випробуваних зразках проводилися контрольні вимірювання витрат палива.

Виміри витрати оливи проводилися після кожного облікового циклу випробувань.

Виміри витрати моторної оливи на угар проводилися у важких кар'єрних умовах на ділянках доріг Вирівського кар'єру. Заміри проводилися відповідно до порядку виконання вимірів:

1. Здійснити діагностичні роботи в системах двигуна, що виключають витікання моторної оливи в з'єднаннях та ущільненнях двигуна.
2. Виставити а/самоскид на рівний майданчик.
3. Забезпечити робочу температуру системи змащення двигуна в межах 80-90⁰С.
4. Виконати долив моторної оливи до верхньої мітки щупа.
5. Зареєструвати показ м/лічильника на момент доливки.
6. Виробляти контрольну частку моторної оливи до верхньої мітки щупа в межах 50 м/год роботи двигуна в наступній послідовності:

- 6.1. Виставити а/самоскид на рівний майданчик.
- 6.2. Забезпечити робочу температуру системи змащення двигуна в межах 80-90⁰С.
- 6.3. Виконати долив моторної оливи із спеціальної мірної ємності до верхньої мітки щупа.
- 6.4. Зареєструвати показ м/лічильника на момент доливки.
- 6.5. Визначити витрату моторної оливи на угар та фактичне напрацювання двигуна за період контрольної експлуатації - 50 м/год.
7. Провести контрольну експлуатацію а/самоскида з вищевказаним порядком реєстрації доливок моторної оливи на угар протягом наступних 250 м/год роботи двигуна.
8. Визначити середньостатистичну витрату моторної оливи на угар для двигуна з напрацюванням 1500 м/год.

3.2.4. Статистичний аналіз вибірки значень питомої витрати оливи на долив

Розрахунково-статистичний метод

Розрахунково-статистичний метод поєднує позитивні сторони розрахунково-аналітичного і ймовірісно-статистиченого методів. Він придатний для різних умов виробництва та є дуже гнучким, оскільки дозволяє розраховувати первинні і сумарні похибки, оцінюючи їх окремі складові статистично чи розрахунковим шляхом. При нестачі розрахункових даних він може більшою мірою мати ймовірісно-статистичний характер. У той же час, застосовуючи детермінований підхід, можна визначити поле розсіювання випадкових похибок розрахунково-аналітичним методом. Нижче наводяться аналіз та розрахунки похибок обробки з урахуванням розрахунково-статистичного способу.

Розрахунково-статистичний метод аналізу застосовують, коли закон розподілу похибок усередині поля допуску невідомий або значно відрізняється від нормального закону.

Розрахунково-статистичний метод визначення норм заснований на поєднанні статистичного методу про розрахунковий.

Розрахунково-статистичний метод розробки норм витрати пального заснований на аналізі статистичних даних про фактичну питому витрату за ряд попередніх років з урахуванням факторів, що впливають на її зміну. Метод застосовують як виняток у тих випадках, коли неможливо використовувати для розробки норм розрахунково-аналітичний і досвідчений методи.

Розрахунково-статистичним методом норми визначаються шляхом аналізу статистичних фактичних даних про витрату ПЕР та факторів, що впливають на їх використання. Основним недоліком використовуваних економіко-статистичних моделей (екстраполяція динамічних рядів та моделі множинної регресії) є неможливість у прямому вигляді врахувати глибокі структурні зміни у перспективі.

За розрахунково-статистичними методами норми на майбутній період встановлюються на основі аналізу динаміки фактичних питомих витрат, що мали місце в минулий період, та поправок, що вносяться майстром, нормувальником або технологом на основі свого досвіду. При застосуванні розрахунково-статистичного методу можуть бути використані теорія ймовірності та математична статистика. Розрахунково-статистичний метод переносить наявні раніше невинуватені втрати на майбутній період, не сприяє повному виявленню резервів виробництва, недостатньо враховує прогрес у галузі технології та організації виробництва. Це вказує на істотні недоліки методу, що розглядається, на необхідність відмови від його практичного застосування.

З використанням розрахунково-статистичного методу норми витрати палива встановлюють з урахуванням аналізу статистичних даних фактичних питомих витрат палива, і навіть чинників, які впливають зміну нормальних умов експлуатації. Як математичний апарат використовують моделі множинної регресії.

Для статистичного аналізу проводимо обчислення основних статистичних характеристик вибірки значень питомої витрати оливи за формулами:

$$MX = \frac{\sum_{i=0}^n X_i \cdot n_i}{n} \quad (3.1)$$

Незміщена емпірична дисперсія:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3.2)$$

Зміщена емпірична дисперсія:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3.3)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{S} \quad (3.4)$$

Перевірка значень вибірки на нормальність розподілу робимо за допомогою критерію χ^2 . За критерієм χ область можливих значень за даною вибіркою, ділиться на n проміжків.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=0}^n (m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i} \quad (3.5)$$

де:

n - кількість елементів вибірки;

m_i - кількість значень вибірки в i -му проміжку;

p_i - теоретична ймовірність попадання точки в i -тий проміжок.

В якості теоретичної функції розподілу вибирається нормальна функція розподілу з параметрами X , S .

У випадку, якщо:

$$\chi^2 \geq \chi^* \alpha^2_{n-3} \quad (3.6)$$

де: $\chi^* \alpha^2_{n-3}$ - значення χ^2 розподілу з рівнем значущості α та ступенем свободи $n-3$, припущення на нормальність відкидається і необхідно формування нової вибірки значень фактичної витрати оливи.

В іншому випадку вибірка приймається нормальною з рівнем значущості α .

Проводимо перевірку належності елементів вибірок n однієї генеральної сукупності.

В цілях досягнення великої достовірності шуканого результату (дійсного значення питомої витрати оливи), очевидна необхідність у розгляді кількох (m) вибірок X_i , де $i = 1 \dots m$. Перевірку належності елементів вибірки до цієї гіпотез генеральної сукупності здійснюємо у вигляді перевірки гіпотез $D(X_1) = D(X_2)$ та $M(X_1) = M(X_2)$ Критеріями Фішера та Стюдента де: $D(X_1) = D(X_2)$ - теоретичні дисперсії генеральної сукупності 1 та 2 вибірок;

$M(X_1) = M(X_2)$ - теоретичні математичні очікування генеральної сукупності 1 та 2 вибірок.

Для критерію Фішера як контрольну величину використовується відношення емпіричних дисперсій:

$$F = S_1 / S_2 \quad (3.7)$$

при цьому вважається, що $S_1 > S_2$

Критичною областю є:

$$F > F_p, K_1, K_2 \quad (3.8)$$

Де значення F_p, K_1, K_2 - значення розподілу Фішера з рівнем значимості $p = \alpha/2$, $\alpha = 0,05$, ступенями свободи $K_1 = n_1 - 1$, $K_2 = n_2 - 1$.

При цьому якщо обчислене за вибірками значення $F > F_p, K_1, K_2$ то гіпотеза рівності дисперсій має бути відхилена.

У випадку $F < F_p$, K_1 , K_2 тобто, задовільної відповіді переходимо до перевірки рівності математичних очікувань.

Перевірка рівності математичних очікувань здійснюється за критерієм Стюдента, яка як контрольну величину використовує:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(m_1-1)S_1 + (m_2-1)S_2}} * \sqrt{\frac{m_1 \cdot m_2 \cdot (m_1 + m_2 - 2)}{m_1 + m_2}} \quad (3.9)$$

Далі, рівня значимості α і рівня свободи $i = m_1 + m_2 - 2$ визначається t_α , і, значення t - розподіл Стюдента.

Якщо обчислена за вибіркою T задовольняє нерівності $|T| > t_\alpha$ то гіпотезу $M(X_1) = M(X_2)$ відкидають. Інакше його приймають. І тоді на базі вибірок X_1 та X_2 формується остаточна вибірка X .

У разі незадовільності, цим критерієм перевірки, необхідно зробити відсіювання поодиноких різко виділених значень вибірки.

Якщо вибірка прийнята із нормальним рівнем значущості α , який є незадовільним (у сенсі належності її елементів до однієї генеральної сукупності), то проводиться відсіювання різко виділених елементів вибірки.

Відсіювання одиничних різко виділених елементів вибірки проводиться за допомогою правила 3δ , тобто. X_i величина, що нормально розподіляється, то:

$$P(\bar{X} - 3\delta < X_i < \bar{X} + 3\delta) = 0,975 \quad (3.10)$$

Тобто ймовірність не попадання X_i у відрізок $(\bar{X} - 3\delta, \bar{X} + 3\delta)$ дуже мала.

Тим самим стверджувати, що поодинокі різкі виділення будуть поза цим відрізком. Тому, за потреби, всі крапки поза цим відрізком можна відсіяти.

Після відсіювання отримуємо якісно нову вибірку, яку необхідно перевірити на нормальність, а за наявності кількох вибірок перевірити також належність цих елементів вибірок до однієї генеральної сукупності. Таким чином, у результаті будемо мати остаточну вибірку з метою оцінки математичного

очікування значень. Оцінка математичного очікування значень питомої витрати пального та визначення його дійсного значення.

Отримана після статистичного аналізу остаточної вибірки значень питомої витрати оливи буде мати хорошу якість для отримання найбільш достовірних оцінок математичного очікування значень питомої витрати оливи.

3.2.5. Кореляційний аналіз систем випадкових величин

Одним із основних завдань будь-якого дослідження є з'ясування взаємозв'язків явищ. У технічних науках найчастіше доводиться зіштовхуватися із системою випадкових величин. Система випадкових величин - це дві або кілька випадкових величин, які більшою чи меншою мірою пов'язані між собою. Для визначення числових кількісних оцінок взаємозв'язку між випадковими величинами проводиться кореляційний аналіз. У математичній статистиці сприймається як зв'язок.

Таким чином, під час проведення кореляційного аналізу з'ясовується ступінь залежності питомої витрати оливи на доливку від питомої витрати палива на 1 мгод роботи двигуна. Складається кореляційна таблиця 3.6

Таблиця 3.6

Питома витрата оливи, p , л/мгод	Питома витрата палива, x , (л/мгод)				n_y	$y_j n_y$	$y_j^2 n_y$	$x_i n_{yx}$	$y_j x_i n_{yx}$	Номери рядків, К
	80	90	100	110						
0,1	5	3			8	208	5408	7,5	195,0	1
0,2		2	6	1	9	243	6561	9,8	264,6	2
0,3		1	4	5	10	280	1	11,4	319,2	3
0,4				2	2	58	1682	2,4	69,6	4
n_x	5	6	10	8	29	789	21491		848,4	5
$x_i n_x$	4,5	6,0	11,0	9,6	31,1					6
$x_i^2 n_x$	4,1	6,0	12,1	11,5	33,67					7
$y_j n_{yx}$	130,0	160,0	274,0	225,0	789,0					8
$x_i y_j n_{yx}$	117,0	160,0	301,4	270,0	848,4					9
Номери стовпців, Р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Спочатку результати експерименту попередньо обробляються, тобто записи впорядковуються та заносяться до таблиць. Побудова графіків супроводжується зазвичай відкиданням значень, що сильно відхиляються, і «згладжуванням» експериментальних кривих. Майже у кожному експерименті з'являється одне-два значення, що різко відхиляються від інших. Це може бути результатом помилки вимірювання, несправності або збою приладу. Даний вимір вважається хибним, якщо відхилення перевищує величину 3δ , де δ - середньоквадратичне відхилення. Отже, величина a_k якогось неодноразового виміру вважається шлюбом якщо

$$a_k - \bar{a} > 3\delta \quad (3.11)$$

де $\bar{a}$ - середньоарифметичне, обчислене по всіх вимірах, за винятком сумнівного a_k .

- визначаються сумарні частоти n_x та n_y відповідно по стовпцях X і рядків Y,
- де n - частоти у кожній заповненій клітині кореляційної таблиці;
- визначаються добутки x_i або y_j на відповідні частоти n_x або n_y та заносяться в клітини $x_i n_x$, $y_j n_y$;
- визначаються добутки квадратів x_i або y_j на відповідні частини n_x або n_y і заноситься в клітини $x_i^2 * n_x$, $y_j^2 * n_y$;
- визначаються добутки y_j і x_i та відповідних частот n_{yx} кожної заповненої клітини таблиці $\sum y_j n_{yx}$;
- добутки отриманих значень $\sum y_j n_{yx}$, $\sum x_i n_{yx}$ на відповідні значення x_i і y_j та заносяться до клітки $x_i \sum y_j * n_{yx}$ і $y_j \sum x_i * n_{yx}$;
- здійснюється перевірка виконаних розрахунків $x_i \sum y_j n_{yx}$ і $y_j \sum x_i n_{yx}$, тобто значення клітин на перетині 9-го рядка і стовпця повинні бути рівними.
- визначається середньоарифметичні значення величин x і y :
- визначається середньоарифметичні значення творів пар:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^P x_i n_x \quad (3.12)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K y_j n_y \quad (3.13)$$

- визначаються середньоквадратичні відхилення $(x_i, y_j) - \overline{xy}$:

$$\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{P(K)} x_i y_j n_{xy} \quad (3.14)$$

- визначаються середньоквадратичні відхилення σ_x та σ_y :

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\overline{x})^2} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum x_i}{n}\right)^2} \quad (3.15)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\overline{y})^2} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \left(\frac{\sum y_i}{n}\right)^2} \quad (3.16)$$

Якщо отримане значення близько до одиниці можна стверджувати про тісний зв'язок між витратою палива у та навантаженням автомобіля х.

- визначається середня помилка вибіркового коефіцієнта кореляції за такою формулою:

$$r = r_p \pm \sigma_r \quad (3.17)$$

- будується графік залежності х та у.

- визначається математична залежність середніх значень однієї величини у від середніх значень іншої величини х. Це скорочено називають рівняння регресії у по х або х по у. Якщо дві величини, то рівняння також буде два.

Якщо залежність близька до лінійної, то рівняння пишеться лінійною залежністю:

$$y = a + bx \text{ та } x = c + dx \quad (3.18)$$

$$\text{де } a = \left(\bar{y} - \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x^2} \bar{x}\right); \quad b = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x^2}; \quad c = \left(\bar{x} - \frac{\mu_{xy}}{\sigma_y^2} \bar{y}\right); \quad d = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_y^2}; \quad \mu_{xy} = \overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}$$

Отримані емпіричні коефіцієнти підставляються у рівняння та отримуються відповідні залежності.

Дані та результати обробки вимірів витрати оливи на долив залежно від питомої витрати палива

Таблиця 3.7

Витрата оливи двигуна QSK45C встановленого на ВКА БелАЗ 7513 з інтервалом напрацювання 0-5000 мгод

№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод		№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод
1	81	0,025		31	111	0,139
2	82	0,028		32	112	0,143
3	83	0,032		33	113	0,147
4	84	0,036		34	114	0,151
5	85	0,04		35	115	0,155
6	86	0,044		36	116	0,158
7	87	0,048		37	117	0,162
8	88	0,051		38	118	0,166
9	89	0,055		39	119	0,17
10	90	0,059		40	120	0,174
11	91	0,063		41	121	0,177
12	92	0,067		42	122	0,181
13	93	0,07		43	123	0,185
14	94	0,074		44	124	0,189
15	95	0,078		45	125	0,193
16	96	0,082		46	126	0,197
17	97	0,086		47	127	0,2
18	98	0,09		48	128	0,204
19	99	0,093		49	129	0,208
20	100	0,097		50	130	0,212
21	101	0,101		51	131	0,216
22	102	0,105		52	132	0,219
23	103	0,109		53	133	0,223
24	104	0,112		54	134	0,227
25	105	0,116		55	135	0,231
26	106	0,12		56	136	0,235
27	107	0,124		57	137	0,239
28	108	0,128		58	138	0,242
29	109	0,132		59	139	0,246
30	110	0,135		60	140	0,25

Таблиця 3.8

Витрата оливи двигуна QSK45C встановленого на ВКА БелАЗ 7513 з інтервалом напрацювання 5000-15000 мгод

№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод		№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод
1	91	0,057		31	121	0,322
2	92	0,066		32	122	0,331
3	93	0,075		33	123	0,339
4	94	0,084		34	124	0,348
5	95	0,093		35	125	0,357
6	96	0,101		36	126	0,366
7	97	0,11		37	127	0,375
8	98	0,119		38	128	0,383
9	99	0,128		39	129	0,392
10	100	0,137		40	130	0,401
11	101	0,146		41	131	0,41
12	102	0,154		42	132	0,419
13	103	0,163		43	133	0,427
14	104	0,172		44	134	0,436
15	105	0,181		45	135	0,445
16	106	0,19		46	136	0,454
17	107	0,198		47	137	0,463
18	108	0,207		48	138	0,471
19	109	0,216		49	139	0,48
20	110	0,225		50	140	0,489
21	111	0,234		51	141	0,498
22	112	0,242		52	142	0,507
23	113	0,251		53	143	0,515
24	114	0,26		54	144	0,524
25	115	0,269		55	145	0,533
26	116	0,278		56	146	0,542
27	117	0,286		57	147	0,551
28	118	0,295		58	148	0,56
29	119	0,304		59	149	0,568
30	120	0,313		60	150	0,577

Таблиця 3.9

Витрата оливи двигуна QSK45C встановленого на ВКА БелАЗ 7513 з інтервалом напрацювання 15000-25000 мгод

№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод	№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод
1	81	0,049	31	111	0,277
2	82	0,057	32	112	0,285
3	83	0,064	33	113	0,292
4	84	0,072	34	114	0,3
5	85	0,08	35	115	0,308
6	86	0,087	36	116	0,315
7	87	0,095	37	117	0,323
8	88	0,102	38	118	0,331
9	89	0,11	39	119	0,338
10	90	0,118	40	120	0,346
11	91	0,125	41	121	0,353
12	92	0,133	42	122	0,361
13	93	0,14	43	123	0,369
14	94	0,148	44	124	0,376
15	95	0,156	45	125	0,384
16	96	0,163	46	126	0,391
17	97	0,171	47	127	0,399
18	98	0,178	48	128	0,407
19	99	0,186	49	129	0,414
20	100	0,194	50	130	0,422
21	101	0,201	51	131	0,429
22	102	0,209	52	132	0,437
23	103	0,216	53	133	0,445
24	104	0,224	54	134	0,452
25	105	0,232	55	135	0,46
26	106	0,239	56	136	0,467
27	107	0,247	57	137	0,475
28	108	0,254	58	138	0,483
29	109	0,262	59	139	0,49
30	110	0,27	60	140	0,498

Таблиця 3.10

Витрата оливи двигуна CAT 3512 встановленого на ВКА CAT 785В з інтервалом напрацювання 5000-15000 мгод

№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод	№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод
1	61	0,033	21	81	0,076
2	62	0,035	22	82	0,078
3	63	0,037	23	83	0,081
4	64	0,039	24	84	0,083
5	65	0,041	25	85	0,085
6	66	0,044	26	86	0,087
7	67	0,046	27	87	0,089
8	68	0,048	28	88	0,092
9	69	0,05	29	89	0,094
10	70	0,052	30	90	0,096
11	71	0,054	31	91	0,098
12	72	0,057	32	92	0,1
13	73	0,059	33	93	0,102
14	74	0,061	34	94	0,105
15	75	0,063	35	95	0,107
16	76	0,065	36	96	0,109
17	77	0,068	37	97	0,111
18	78	0,07	38	98	0,113
19	79	0,072	39	99	0,115
20	80	0,074	40	100	0,118

Таблиця 3.11

Витрата оливи двигуна CAT 3512 встановленого на ВКА CAT 785В з інтервалом напрацювання 15000-25000 мгод

№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод	№ п/п	Питома витрата палива, л/мгод	Питома витрата оливи, л/мгод
1	61	0,057	21	81	0,117
2	62	0,06	22	82	0,12
3	63	0,063	23	83	0,123
4	64	0,066	24	84	0,126
5	65	0,069	25	85	0,128
6	66	0,072	26	86	0,131
7	67	0,075	27	87	0,134
8	68	0,078	28	88	0,137

Продовження таблиці 3.11

9	69	0,081		29	89	0,14
10	70	0,084		30	90	0,143
11	71	0,087		31	91	0,146
12	72	0,09		32	92	0,149
13	73	0,093		33	93	0,152
14	74	0,096		34	94	0,155
15	75	0,099		35	95	0,158
16	76	0,102		36	96	0,161
17	77	0,105		37	97	0,164
18	78	0,108		38	98	0,167
19	79	0,111		39	99	0,17
20	80	0,114		40	100	0,173

Результати обробки вимірів витрати оливи на долив залежно від питомої витрати палива

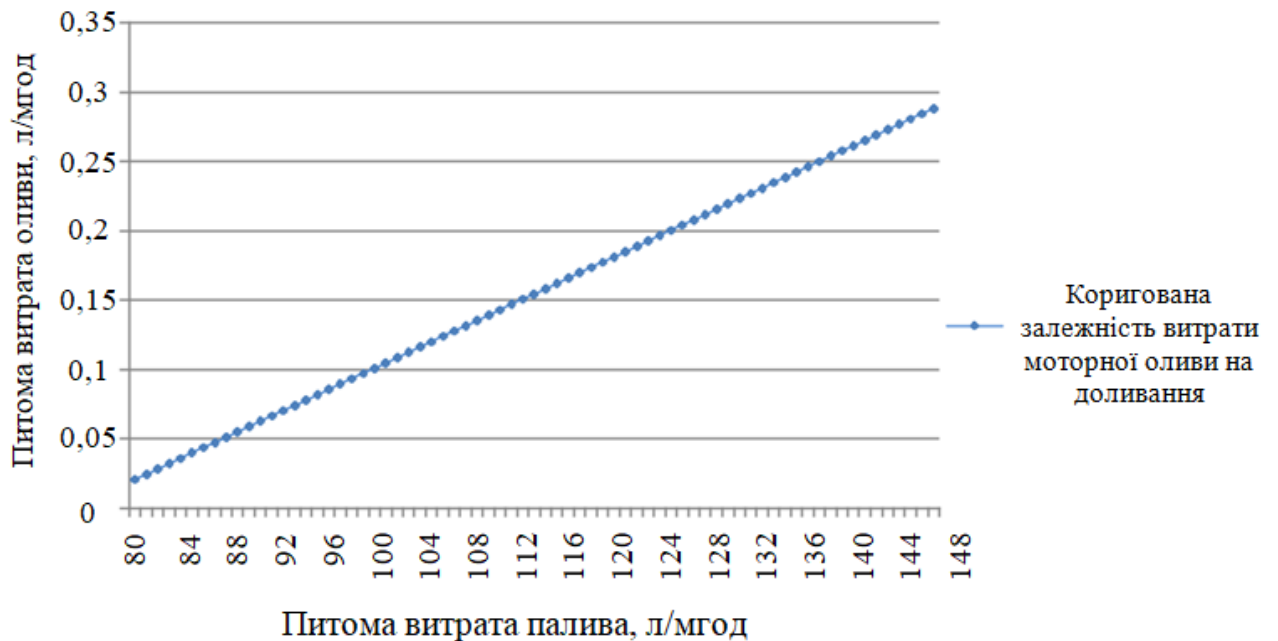


Рис. 3.1. - Витрата оливи двигуном QSK45C з інтервалом напрацювання 0-5000 мгод

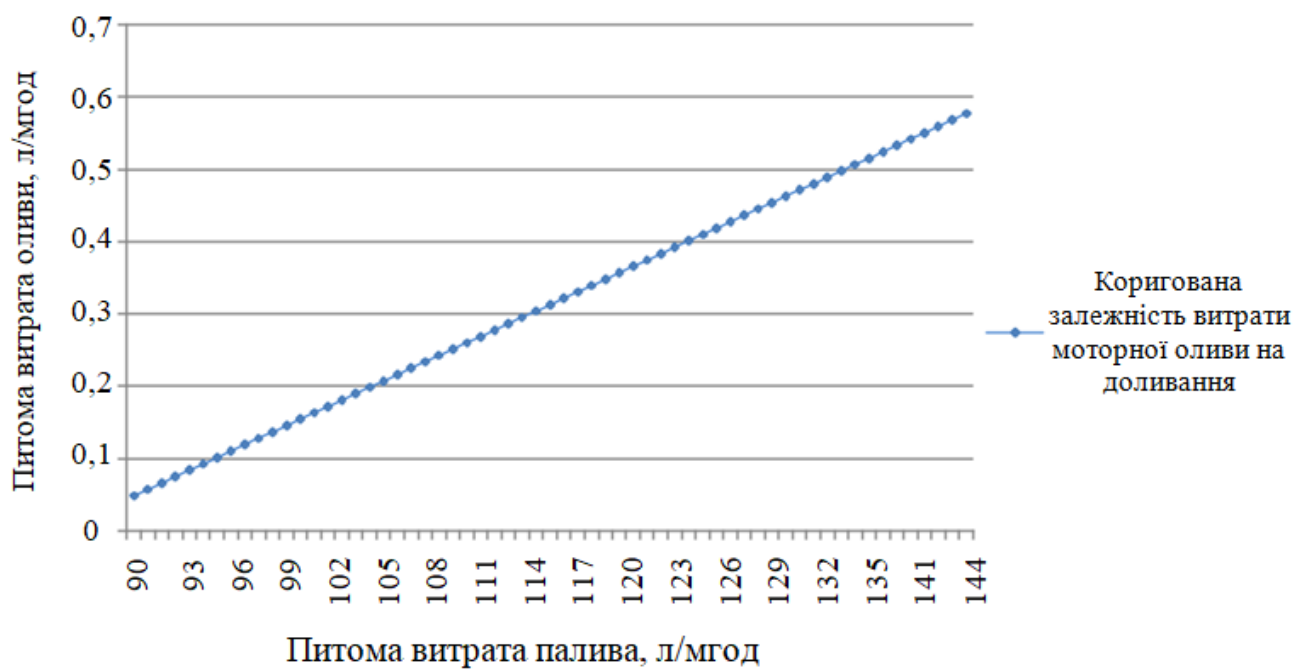


Рис. 3.2. - Витрата оливи двигуном QSK45C з інтервалом напрацювання 5000-15000 мгод

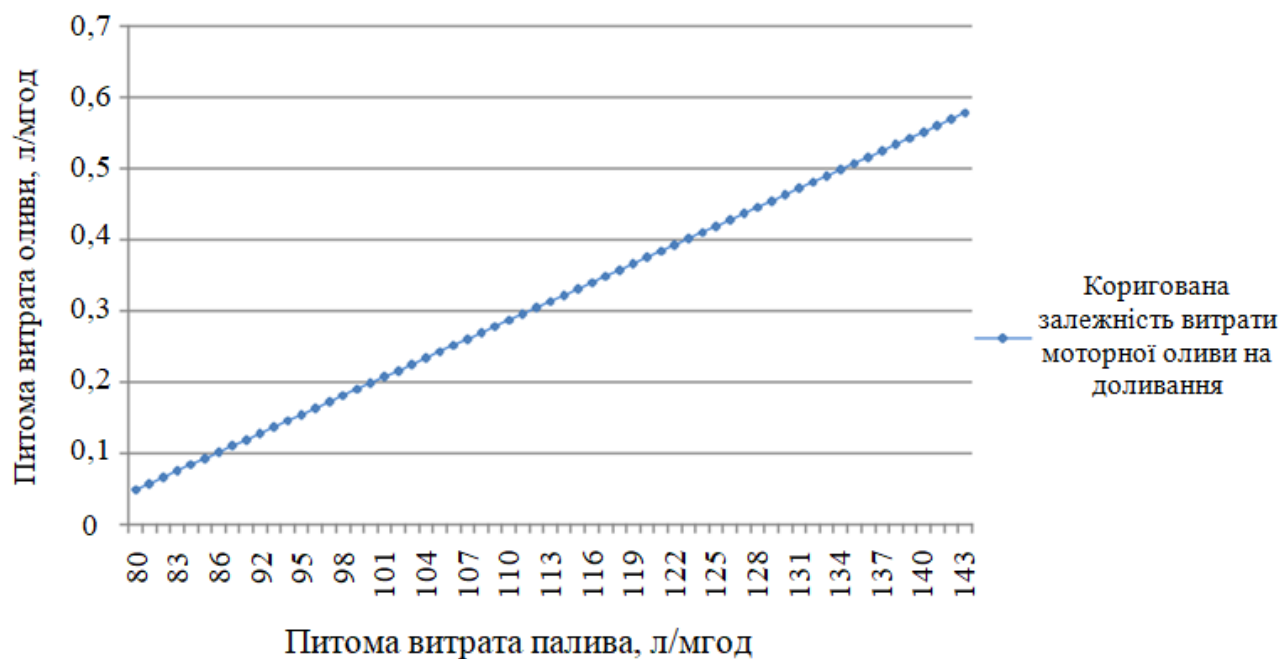


Рис. 3.3. - Витрата оливи двигуном QSK45C з інтервалом напрацювання 15000-25000 мгод



Рис. 3.4. - Витрата оливи двигуном CAT 3512 з інтервалом напрацювання 5000-15000 мгод

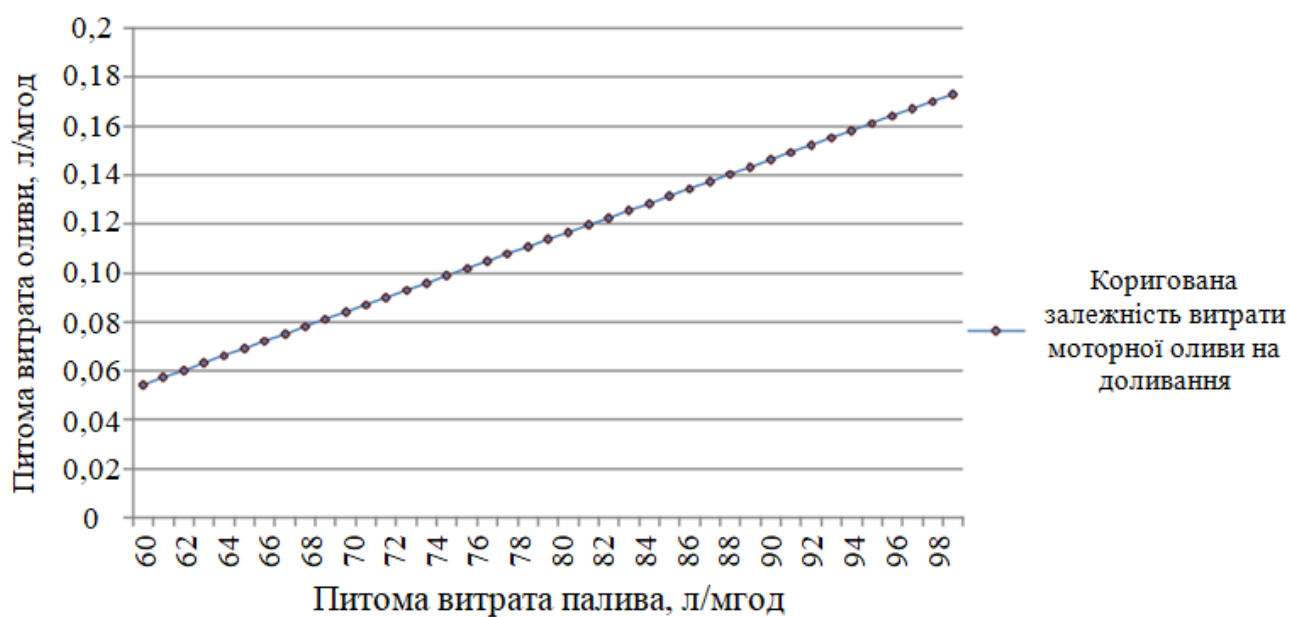


Рис. 3.5. - Витрата оливи двигуном CAT 3512 з інтервалом напрацювання 15000-25000 мгод

Як очевидно з наведених даних рис. 3.1 - 3.5, таблиць 3.7 - 3.11 витрата оливи на долив змінюється прямо пропорційно до питомої витрати палива. Причому питома витрата палива збільшується в залежності від умов експлуатації, глибини підйому, коефіцієнта використання вантажопідйомності, технічного

стану двигуна, тобто напрацювання двигуна з початку експлуатації. Результати визначення питомої витрати палива та витрати оливи на долив показали, що в умовах підвищеної тепло-напруженості роботи двигуна їх витрата помітно збільшується, причому витрата оливи також інтенсивно зростає. Як видно з наведених графіків кожній питомій витраті палива відповідає певна витрата оливи на долив. Виходячи з цього, в залежності від питомої витрати палива можна розрахувати необхідний обсяг моторної оливи для конкретних умов кар'єрного транспорту. На підставі отриманих даних з урахуванням умов експлуатації, технічного стану двигуна можна прогнозувати необхідний обсяг оливи на долив для різних транспортних машин.

Висновки до розділу.

- розроблено методику визначення норм витрати оливи залежно від питомої витрати палива для великовантажних кар'єрних автосамоскидів;
- здійснено аналіз та зіставлення отриманих значень норм витрати оливи автосамоскидів БелАЗ 7513 та САТ 785В залежно від напрацювання двигуна з початку експлуатації;
- проведено порівняльний аналіз витрати оливи на доливку внаслідок втрат та угару, а також залежно від технічного стану двигуна.
- встановлено залежність між питомою витратою палива, мотогодинами роботи двигуна і відповідно нормою витрати оливи на доливку, з урахуванням віку машини. Витрата оливи на долив змінюється прямо пропорційно до питомої витрати палива. Причому питома витрата палива збільшується в залежності від умов експлуатації, глибини підйому, коефіцієнта використання вантажопідйомності, технічного стану двигуна, тобто напрацювання двигуна з початку експлуатації.

ВИСНОВКИ

1) Проаналізовані причини, що впливають на норму витрати моторних олиив та дана класифікація умов експлуатації систем кар'єрного автотранспорту;

2) Проведено оцінку зміни якості моторної олиив в процесі експлуатації шляхом визначення зміни в'язкості, лужного числа, температури спалаху та вмісту продуктів зношування в олииві. Результати досліджень показали, що при напрацюванні олиив до 350 м/год показники якості не перевищують допустимих граничних значень. Температура спалаху тільки в одному випадку знижується до 190 °С при допустимому її значенні 170 °С, у всіх інших випадках вона знижується до 190 - 200 °С. Лужне число знижується до 4,5 - 5 мг КОН/г за допустимого значення до 3 мг КОН/г. Вміст продуктів зношування при напрацюванні до 350 мотогодин не перевищує допустимі межі.

3) Проведено порівняльний аналіз витрати олиив на доливку внаслідок втрат та угару, а також залежно від технічного стану двигуна;

4) Встановлено залежність між питомою витратою палива, мотогодин роботи двигуна і відповідно її нормою витрати олиив на доливку, з урахуванням віку машини. Витрата олиив на долив змінюється прямо пропорційно до питомої витрати палива. Причому питома витрата палива збільшується в залежності від умов експлуатації, глибини підйому, коефіцієнта використання вантажопідйомності, технічного стану двигуна, тобто напрацювання двигуна з початку експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зрезарцев М.П., Зрезарцев В.М., Параніч В.П.: Товарознавство сировини та матеріалів/Навчальний посібник/Київ-«Центр учбової літератури»,2008.-400с.
2. Полянський, С.К. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин [Текст]: підручник / С.К. Полянський, В.М. Коваленко. - К.: Либідь, 2005. - 504 с.
3. Кузнецов, А.В. Топливо и смазочные материалы [Текст]: учебник / А.В. Кузнецов. - К.: Колос, 2007. - 198 с.
4. Руднев, В.К. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. пособие / В.К. Руднев, Е.С. Венцель, Е.Н. Лысиков. - К.: ИСИО, 1993. - 236 с.
5. Франчук Г.М. Аналіз даних про токсичність паливно-мастильних матеріалів для людини / Г.М. Франчук, М.М. Николяк // Вісник НАУ. - 2007.- №3-4(33). - С. 54-58.
6. Журавель Д.П. Количественные и качественные изменения показателей моторных масел в процессе их использования. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.322-327.
7. ДСТУ 3437-96 Нафтопродукти. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.1997. — К. : Держстандарт України, 1996. — 100 с.
8. Мінеральні моторні оливи: характеристики і особливості. Режим доступу: <https://uk.mirarh.ru/mineralni-motorni-masla-kharakteris>.
9. ДСТУ 2860–94 «Надійність техніки. Терміни та визначення»
10. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Частина 1. / Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. - 353с.
11. USA: Approved Engine Oils for the Latest Engines. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20071015175730/http://whnet.com/4x4/oil.html>.

12. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Мастильний матеріал. Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мастильний_матеріал
13. «Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ» г. Жодино, 2011. - 44с.
14. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные оливи. Моторные и трансмиссионные: Справочник. - Киев: „Радуга”, 2000. - 436 с.
15. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные топлива. Бензины и дизельные. Ассортимент и применение: Справочник. - Киев: „Радуга”, 1999. - 214с.
16. Монастирський Ю.А., Жуков С.О., Янова Л.О. Питання експлуатації та безпеки роботи кар’єрного автотранспорту. Монографія. -Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. - 202с.
17. Холдерман Д.Д., Митчелл Ч.Д. Автомобильные двигатели. Теория и техническое обслуживание 4-е изд. — Киев, 2006. — 595 с.
18. Эксплуатация карьерных самосвалов с гидромеханической трансмиссией. /А.Н.Егоров, Н.В.Каранкевич, Г.И.Павленко, Ю.А.Монастырский, В.М. Денис /- Харьков.- Золотые страницы, 2006. - 296с
19. Бизов В.Ф. Відкриті гірничі роботи / В.Ф. Бизов, Ю.А. Дриженко. — Кривий Ріг : Мінерал, 2004. — 341 с.