

УДК 621.017

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У МОТОРНІЙ ОЛИВІ АВТОМОБІЛІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИ ДОДАВАННІ ПРИСАДКИ

**В.В. Аулін, проф., к.ф.-м.н., В.В. Слонь, асп., Д.В. Голуб, к.т.н.,
Кіровоградський національний технічний університет**

Анотація. Досліджено вплив присадок на концентрацію хімічних елементів у моторній оливі М10Г₂к при роботі кар'єрних автосамоскидів. Виявлено закономірності зміни концентрації Fe, Cr, Al, Pb з напрацюванням та побудовано диференціальні функції їх розподілу. Показано, що при додаванні присадок середня концентрація хімічних елементів, у порівнянні з базовою моторною оливою, зменшується, що свідчить про зменшення зносу деталей двигунів і подовження ресурсу та терміну заміни моторної оливи.

Ключові слова: моторна олива, присадка, хімічний елемент, розподіл концентрації, нестационарні умови експлуатації, напрацювання.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОТОРНОМ МАСЛЕ АВТОМОБИЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ПРИСАДКИ

**В.В. Аулин, проф., к.ф.-м.н., В.В. Слонь, асп., Д.В. Голуб, к.т.н.,
Кировоградский национальный технический университет**

Аннотация. Исследовано влияние присадок на концентрацию химических элементов в моторном масле М10Г₂к при работе карьерных автосамосвалов. Вывявлены закономерности изменения концентрации Fe, Cr, Al, Pb с наработкой и построены дифференциальные функции их распределения. Показано, что при добавлении присадок средняя концентрация химических элементов, по сравнению с базовым моторным маслом, уменьшается, что свидетельствует об уменьшении износа деталей двигателей и продлении ресурса и срока замены моторного масла.

Ключевые слова: моторное масло, присадка, химический элемент, распределение концентрации, нестационарные условия эксплуатации, наработка.

PATTERNS OF CHANGE CONCENTRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE ENGINE OIL OF VEHICLES OPERATING IN NON-STATIONARY CONDITIONS WHEN ADDING ADDITIVES

**V. Aulin, Prof., Ph. D. (Phys.-Math.), V. Słoń, P.G.,
D. Holub, Ph. D. (Eng.), Kirovograd National Technical University**

Abstract. The influence of additives on the concentration of chemical elements in the engine oil at defined M10Г₂к dump trucky is vestisated. The regularities of changes in the concentration of Fe, Cr, Al, Pb are operation of with operation and there were built differential functions of there distribution. It is shown that the addition of additives average concentration of chemical elements in comparison with the base engine oil decreases, indicating a decrease of engine parts wear and service life extension as well as the motor oil change intervals.

Key words: motor oil additive, chemical element, concentration distribution, transient operating conditions, working hours.

Вступ

Експлуатація автомобілів, що працюють у нестационарних умовах, є однією з найбільш складних і динамічних технічних систем гірничого транспорту, від надійності якої залежить не лише ефективність її роботи, але й суміжних виробництв, будівництва тощо. Такі автомобілі експлуатуються у важких умовах, з великими навантаженнями і малими швидкостями руху, істотною запиленістю і складною траєкторією руху.

Аналіз публікацій

Проблема підвищення надійності автомобілів, безпосередньо пов'язана з підвищенням ресурсу моторних оливи та забезпеченням оптимального рівня їх основних властивостей і показників якості [1, 2], розглядалась в роботах Наглюка И.С., Войтова В.А., Розбаха О.В., Захарова Н.С., Зирянова И.В., Григорьева М.А., Погодаева Л.И., Кузьміна В.Н., Єфімова В.В. та ін. Разом з тим ця проблема потребує розв'язання для автомобілів, що працюють у нестационарних умовах експлуатації [3, 4]. До нестационарних умов роботи автомобілів можна віднести: безперервний режим роботи самоскидів; режим роботи «пуск-зупинка»; складний профіль автомобільних доріг (спуски і підйоми з великими кутами нахилу, наявність серпантинів, затяжних поворотів і т.п.); тривалий рух автомобіля з вантажем на підйомі; рух тимчасовими автомобільними дорогами з щобеневим покриттям, стан яких є аварійним; експлуатація самоскидів в умовах запиленості; пробіг автомобіля на невеликі дистанції; низька швидкість руху і великі навантаження; постійна нерівномірна робота двигуна та ін. [5]. В описаних умовах працюють автомобілі спеціального призначення: кар'єрні самоскиди; автомобілі з приводом навісного обладнання; автомобілі дорожньо-будівельної техніки; автомобілі спеціальної техніки, яка обслуговує аеропорти тощо.

Характеристика типів умов експлуатації кар'єрних самоскидів [6] наведена на рис. 1.

Нестационарні умови експлуатації автомобілів, безумовно, будуть впливати на характер зміни властивостей моторних оливи, їх фізико-хімічних показників якості, що призводить до необґрунтованого зменшення тривалості ТО і експлуатації та до використання

оливи з незадовільними функціональними властивостями і показниками якості. Зазначене обумовлює підвищений знос деталей двигуна [7, 8] і вихід їх з ладу.

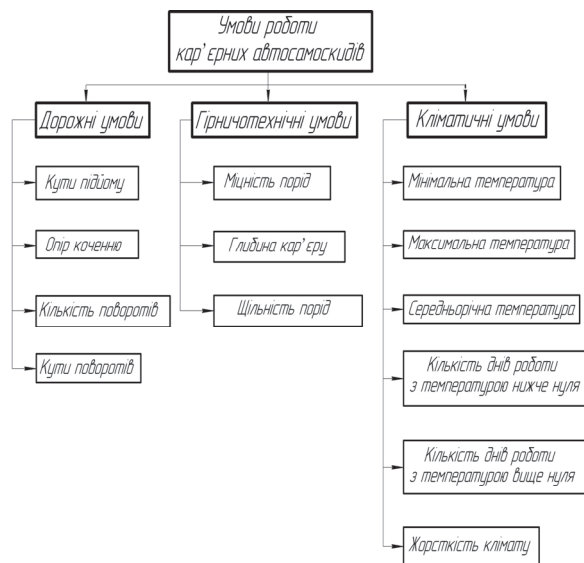


Рис. 1. Схеми типів умов експлуатації кар'єрних самоскидів та сукупностей їх характеристик

Крім того, терміни заміни моторної оливи, вказані в заводській інструкції, є середньостатистичними і не враховують особливостей умов експлуатації автомобілів, нестационарність режимів їх експлуатації. Очевидно, що заміна оливи не за усередненим нормативом, а за експериментально обґрунтованим ресурсом вирішила б наявні проблеми підвищення та забезпечення надійності автомобілів у нестационарних умовах їх роботи, здешевила б експлуатацію двигунів і запобігла б їх передчасному виходу з ладу.

Для поліпшення властивостей і підвищення фізико-хімічних показників моторної оливи вводять різні функціональні присадки [8], проте їх вплив на ресурс, властивості й показники якості моторної оливи та поверхні тертя деталей в реальних умовах експлуатації досліджено недостатньо й потребує як теоретичних, так і експериментальних досліджень.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є дослідження впливу модифікування присадками моторної оливи кар'єрних самоскидів на хімічний склад продуктів зносу.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішення таких задач:

- з'ясувати періодичність відбору проб;
- дослідити концентрації хімічних елементів у моторній оливі, модифікованій присадками «Ниод-5», «Roil Gold», «КГМТ-1», дисульфід молібдену;
- побудувати диференціальні функції розподілу концентрації хімічних елементів.

Вплив присадок на концентрацію основних хімічних речовин

Дослідження проводили на кар'єрних самоскидах, що працюють у Новопапівському кар'єрі ПАТ «Кіровоградграніт» Кіровоградського району Кіровоградської області. Відбір проб моторної оливи здійснювали з дизелів автомобілів БелАЗ-75800, Comatsu HD 405-6.

Періодичність проб оливи для аналізу визначали за пробігом автомобіля

$$\Delta L = L_{\text{ТО}} \frac{k_1}{n}, \quad (1)$$

де $L_{\text{ТО}}$ – періодичність ТО; k_1 – коефіцієнт коректування пробігу автосамоскида до ТО; n – кількість відборів проб оливи.

Підставивши у формулу (1) $L_{\text{ТО}}=250$ мото-год, $k_1=1,2$, $n=12$, отримуємо, що періодичність відбору проб моторної оливи становить 25 мото-год.

Для випробувань було відібрано 5 машин, двигуни яких капітально не ремонтувалися. Випробування проводилися у два етапи і в певній послідовності. Тривалість кожного етапу було взято рівною періодичності технічного обслуговування, що складала для даних умов 250 мото-годин. На I етапі було відібрано проби працюючої оливи на аналіз із періодичністю 25 мото-год, а на II було проведено спектрографію моторної оливи після кожної проби.

Досліджували базову та модифіковану оливи присадками дисульфід молібдену, «Roil Gold», «Ниод-5», «КГМТ-1», моторну оливу М10Г₂к. Аналіз стану моторної оливи, з визначенням у ньому металевих продуктів зносу, проводили методом спектрографії.

Розглядали зв'язок між щільністю розподілу концентрацій продуктів зносу та тенденцією зміни їх середньої величини у процесі моди-

фікування оливи присадками, а також ступінь впливу їх на ресурс двигуна самоскидів. Дослідженню піддавали такі хімічні елементи: залізо, хром, свинець, алюміній на спектрометрі EDX 6000B; точність оцінки становила 10 %.

Експериментальні дослідження моторної оливи проводили в лабораторіях Кіровоградського національного технічного університету. Статистичну обробку отриманих даних та побудову графічних залежностей концентрації хімічних елементів у моторній оливі від напрацювання автомобілів здійснювали за допомогою пакетів прикладних програм на ПК.

Результати досліджень зміни концентрації хімічних елементів у продуктах зносу в моторній оливі з напрацюванням і при модифікуванні її присадками («Ниод-5», «Roil Gold», «КГМТ-1», дисульфід молібдену) наведено на рис. 2.

Можна бачити, що присадки, введені до моторної оливи, по-різному стримують надходження продуктів зносу в неї. Найбільше зменшується концентрація заліза в оливі при додаванні запропонованої авторами присадки «КГМТ-1» [9]. Практично не поступається при цьому і присадка дисульфід молібдену. Концентрацію хрому та свинцю в оливі з напрацюванням ефективно зменшують використанням присадок «КГМТ-1» та «Ниод», а алюмінію – «Roil Gold», дисульфід молібдену та «КГМТ-1».

Значимо, що граничні значення концентрації хімічних елементів в оливі М10Г₂к є такі: Al-17 г/т, Pb-37 г/т, Cr-40 г/т, Fe-175 г/т. У порівнянні з базовою моторною оливою М10Г₂к, спостерігається різний характер розподілу величин наявних хімічних елементів при модифікуванні оливи досліджуваними присадками.

Статистична обробка отриманих результатів дала можливість побудувати диференціальні функції розподілу концентрацій заліза, алюмінію, свинцю і хрому для базової оливи, модифікованої досліджуваними присадками наведено на рис. 3.

Побудовані розподіли концентрацій хімічних елементів у продуктах зношування, наявних у моторній оливі, свідчать про тенденцію до

зменшення їх середньої величини при додаванні присадок. Порівняльний аналіз цих величин у базовій моторній оливі і модифікованій присадками показує, що граничного

значення концентрації хімічних елементів досягнуть за більшого напрацювання, тобто подовжується строк використання моторної оливи, модифікованої присадками.

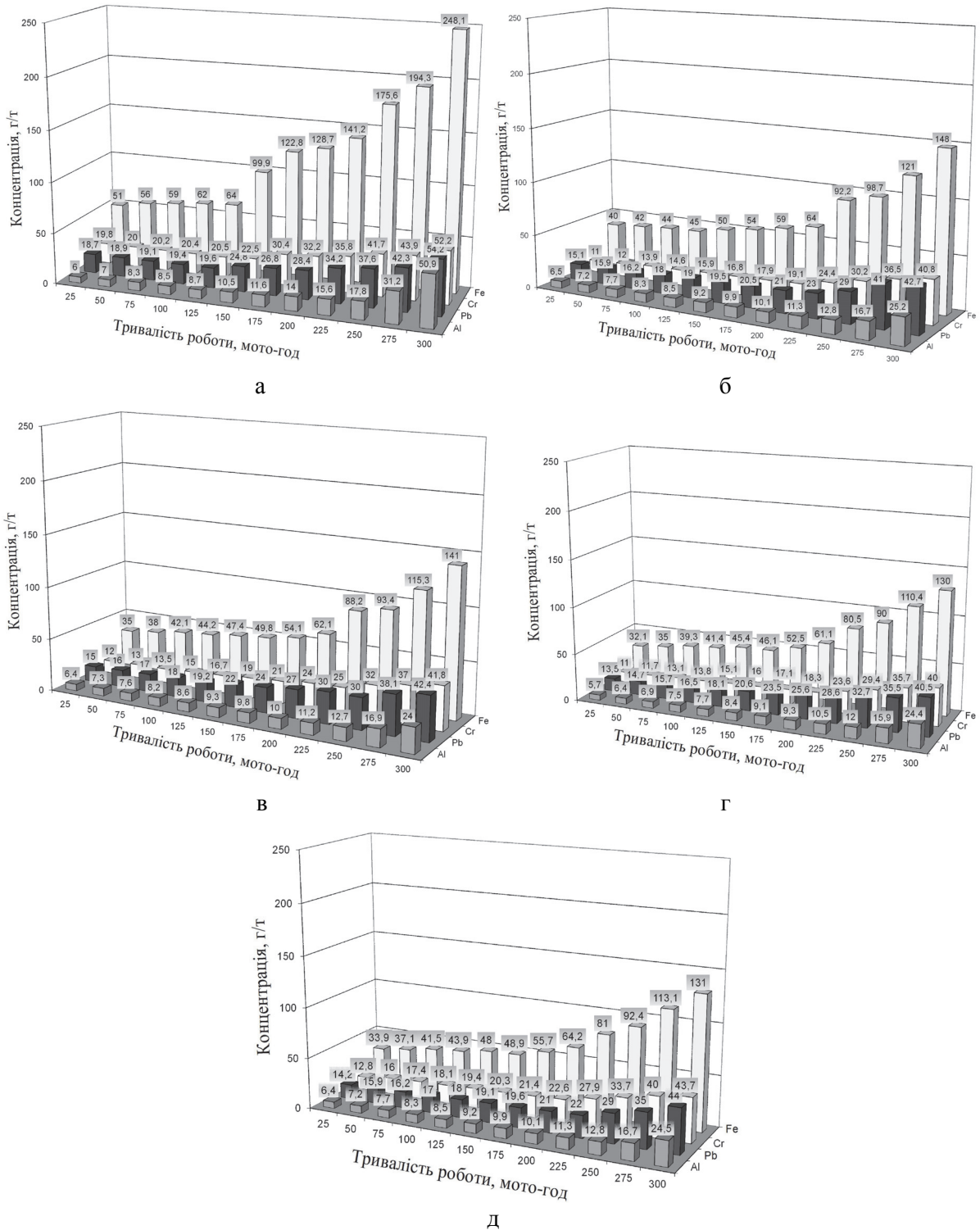


Рис. 2. Зміна концентрації основних хімічних елементів Fe, Cr, Al, Pb із напрацюванням: а – моторної оливи M10Г₂к; б – M10Г₂к+ «Ниод-5»; в – M10Г₂к+ «Roil Gold»; г – M10Г₂к+ «КГМТ-1»; д – M10Г₂к+ дисульфід молибдену

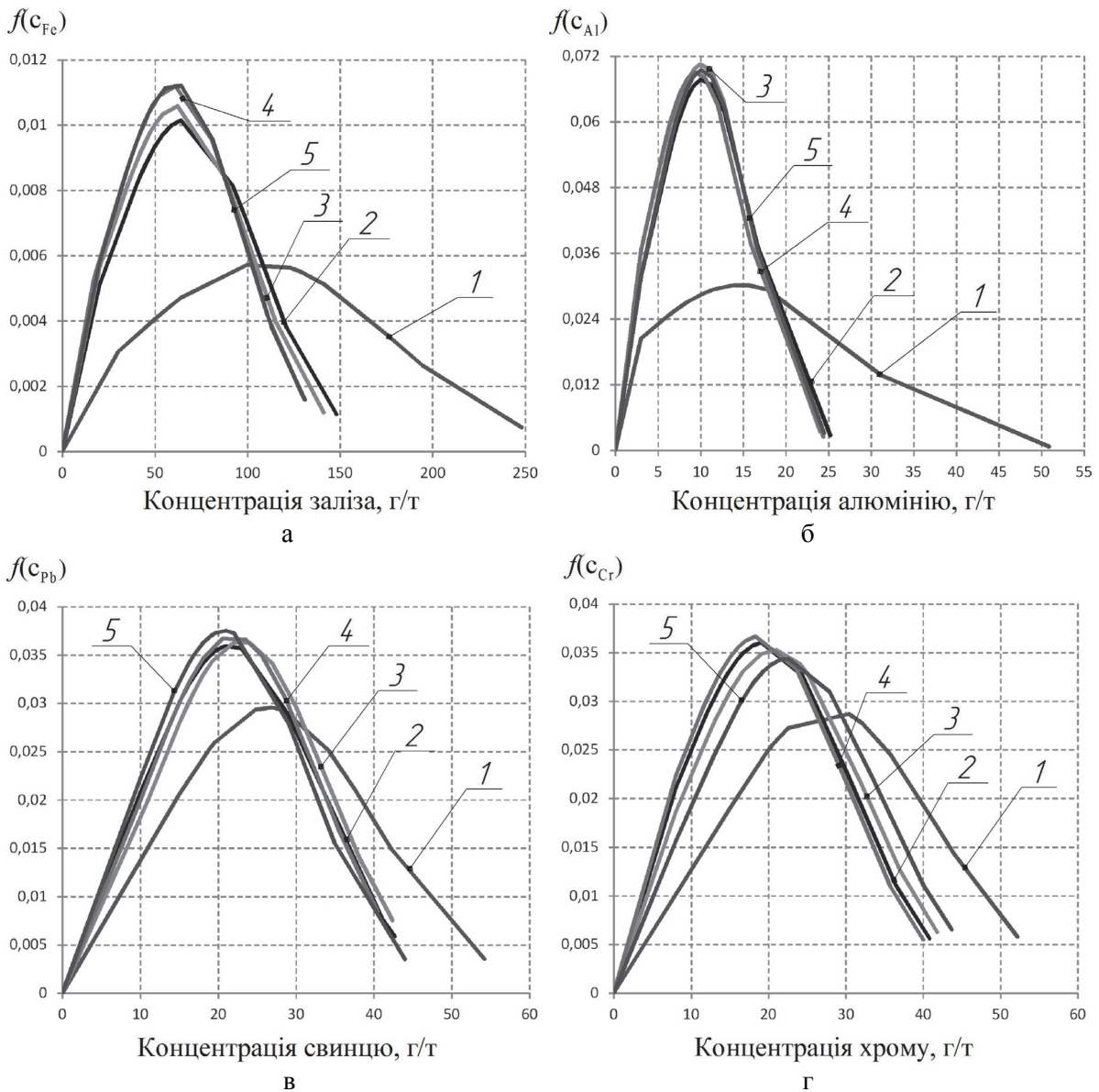


Рис. 3. Диференціальні функції розподілу концентрації заліза (а), алюмінію (б), свинцю (в) та хрому (г), в мастильних середовищах: 1 – базова моторна олива М10Г₂к; 2 – М10Г₂к+ «Ниод-5»; 3 – М10Г₂к+ «Roil Gold»; 4 – М10Г₂к+ «КГМТ-1»; 5 – М10Г₂к+ дисульфід молібдену

Результати спектрографії свідчать, що основні хімічні елементи, які потрапляють до моторної оливи, досягають свого граничного значення за тривалості роботи 250 мото-год, а з додаванням присадки «Ниод-5» до моторної оливи граничного значення концентрації хімічних елементів досягають за тривалості роботи від 260–300 мото-год:

Al – 275 мото-год, Pb – 260 мото-год, Cr – 300 мото-год, Fe – 300 мото-год (c_{Fe} – 148 г/т); присадки «Roil Gold» – 275–300 мото-год: Al – 275 мото-год, Pb – 290 мото-год, Cr – 295 мото-год, Fe при 300 мото-год, (c_{Fe} – 148 г/т); присадки «КГМТ-1» – 285–300 мото-год: Al – 285 мото-год, Pb –

295 мото-год, Cr – 300 мото-год, Fe – 300 мото-год (c_{Fe} – 130 г/т); присадки дисульфиду молібдену – 275–300 мото-год: Al – 275 мото-год, Pb – 280 мото-год, Cr – 275 мото-год, Fe – 300 мото-год (c_{Fe} – 131 г/т).

Водночас збільшення заліза в моторній оливі свідчить про інтенсивний знос деталей двигуна (гільз, кілець, кулачків штовхачів та ін.), зростання вмісту хрому – про попадання в моторну оливу охолоджувальної рідини з інгібітором корозії, що містить хром, або про знос поршневих хромованих кілець; зростання вмісту свинцю – про знос підшипників, до складу яких входить свинець.

Аналогічно можна визначити збільшення в моторній оливі вмісту свинцю й алюмінію, якщо ці метали входять до складу підшипників.

Висновки

Експериментально визначено зміну концентрації заліза, хрому, свинцю, алюмінію у продуктах зносу в моторній оливі двигунів автомобілів БелАЗ-75800, Comatsu HD 405-6 та вплив на неї модифікування оливи присадками «Ниод-5», «Roil Gold», «КГМТ-1», дисульфід молібдену.

Виявлено при цьому тенденцію до зменшення концентрації хімічних елементів, особливо заліза, що свідчить про подовження терміну заміни оливи, а отже і корегування періодичності ТО. При додаванні присадок термін заміни моторної оливи можна збільшувати на 25–50 мото-год.

Література

1. Наглюк И.С. Оценка качества моторных масел при эксплуатации большегрузных самосвалов / И.С. Наглюк // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту: зб. наук. ст. – 2009. – №3. – С. 22–26.
2. Ефимов В.В. Совершенствование системы нормирования ресурса моторного масла для специальных автомобилей: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / В.В. Ефимов. – Тюмень, 2006. – 19 с.
3. Аулін В.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. – 2010. – Вип. 100. – С.127–133.
4. Аулін В.В. Фізико-хімічні основи взаємодії оливи із робочою поверхнею деталей / В.В. Аулін, С.В. Лисенко // Трибологія, енерго- та ресурсозбереження: зб. тез матеріалів міжнар. наук.-практ. конф., яка проводилась в рамках «Ольвійського форуму 2013: Стратегія країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі», 7–8 червня 2013, Миколаїв–Ялта. – 2013. – С. 61–63.
5. Аулін В.В. Зміна фізико-хімічних показників моторної оливи дизелів автосамоскидів в процесі експлуатації / В.В. Аулін, В.В. Слонь, О.В. Кузик // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградського національного технічного університету. – 2012. – Вип. 25, Ч. 1. – С. 98–103.
6. Аулін В.В. Якість працюючої моторної оливи як показник технічного стану кар'єрних самоскидів / В.В. Аулін, В.В. Слонь, В.М. Лисенко // Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів: зб. статей і тез Міжнар. наук.-практ. конф., 03–05 жовтня 2013 р. – Кіровоград: ПП «Ексклюзив-Систем», 2013. – С. 216–219.
7. Аулін В.В. Закономерности изменения показателей качества моторного масла автомобилей, работающих в нестационарных условиях эксплуатации / В.В. Аулін, В.В. Слонь // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта: материалы X междунар. заочн. науч.-техн. конф. 21 ноября 2013 г. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 22–29.
8. Венцель Е.С. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел / Е.С. Венцель, С.Г. Жалкин, Н.И. Данько. – Х.: УкрГАЗТ, 2003. – 168 с.
9. Пат. 81598 Україна, МПК (2013) С10М 125/04. Припрацювальна мастильна композиція / Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В.; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. – № u201213907; заявл. 06.12.2012; опубл. 10.07.13, Бюл. № 13.

Рецензент: І.С. Наглюк, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 28 квітня 2014 р.