

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ
АВТОТРАКТОРНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОЛИВ З
ПРИСАДКАМИ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія»
денної форми навчання

ЯЦЕМІРСЬКИЙ Сергій Анатолійович

Керівник:

д.пед.н., професор

ДУГАНЕЦЬ Віктор Іванович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«_____» _____ 2024р.

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2024р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», к.т.н., доцент

_____ **ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2024

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ

АНОТАЦІЯ

РЕФЕРАТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....

ВСТУП.....

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЖОРСТКИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВ І РЕЖИМІВ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН, МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ
ЯКОСТІ І РЕСУРСУ ЇХ РОБОЧИХ ОЛИВ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ
СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ.....

1.1 Характеристика жорстких, нестационарних умов експлуатації
транспортних машин у кар'єрах та сільськогосподарському виробництві.....

1.2 Аналіз показників стану і властивостей моторної і трансмісійної олив
транспортних машин та основні вимоги до них.....

1.2.1 Основна функція та показники стану моторних і трансмісійних олив.....

1.2.2 Вплив режиму роботи силових агрегатів ТМ на зміну показників якості

1.2.3 Показники бракувань олив силових агрегатів транспортних машин, що
експлуатуються в умовах кар'єрів та сільськогосподарського виробництва.....

1.4 Шляхи підвищення довговічності рухомих спряжень деталей силових
агрегатів, що працюють в оливному середовищі.....

Висновки до розділу.....

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ

КОМПОЗИЦІЙНОЇ ПРИСАДКИ НА ОСНОВІ ГЕОМОДИФІКАТОРА НА
ДОВГОВІЧНІСТЬ РУХОМИХ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ СИЛОВИХ
АГРЕГАТІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН.....

2.1 Фізична модель дії композиційної присадки на основі геомодифікатора,
внесеної в оливу, на робочі поверхні рухомих спряжень деталей.....

2.2 Теоретичне обґрунтування закономірності зміни діагностичних
параметрів оливи силових агрегатів з напрацюванням.....

2.2.1. Зміна стану приповерхневих шарів композиційної моторної і
трансмісійної олив.....

2.2.2. Швидкість надходження продуктів зношування деталей спряжень силових агрегатів до олив з напрацюванням.....	
2.2.3. Спрацювання присадок, внесених до моторних і трансмісійних олив, з напрацюванням силових агрегатів транспортних машин.....	
2.3 Підвищення довговічності силових агрегатів транспортних машин покращенням властивостей моторної та трансмісійної олив.....	
2.4 Підвищення зносостійкості рухомих спряжень деталей силових агрегатів транспортних машин.....	
Висновки до розділу.....	
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ І МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	
3.1 Програма та основні завдання експериментальних досліджень.....	
3.2 Матеріали та методика отримання композиційної присадки на основі геомодифікатора КГМТ-1 та модифікування присадками моторної і трансмісійної олив.....	
3.3 Методика дослідження властивостей моторних і трансмісійних олив на машині тертя ЧМТ-1.....	
3.5 Методики визначення фізико-хімічних показників та експлуатаційних властивостей робочих трансмісійної і моторної олив.....	
3.5.2 Методика оцінки якості поверхонь тертя зразків.....	
3.6 Методика стендових та експлуатаційних випробувань силових агрегатів транспортних машин.....	
3.6.1 Методика дослідження зовнішньої швидкісної характеристики дизелів в процесі стендових випробувань.....	
3.6.2 Методика визначення швидкості надходження продуктів зносу в моторну та трансмісійні оливи.....	
3.6.3 Методика експлуатаційних випробувань.....	
Висновки до розділу.....	
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ЖОРСТКИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОДАВАННЯМ В РОБОЧУ ОЛИВУ КОМПОЗИЦІЙНОЇ ПРИСАДКИ НА ОСНОВІ ГЕОМОДИФІКАТОРА.....	

4.1	Визначення раціонального та оптимального складів композиційної присадки на основі геомодифікатора КГМТ-1.....
4.2	Порівняльний аналіз результатів лабораторних випробувань модифікованих олив на чотирикульковій машин тертя ЧМТ-1.....
4.4	Результати стендових випробувань впливу модифікування оливи композиційними присадками на показники зовнішньої швидкісної характеристики силового агрегату транспортних машин.....
4.5	Результати експлуатаційних випробувань показників та властивостей модифікованої робочої оливи у силових агрегатах транспортних машин.....
4.6	Зміна концентрації і швидкості надходження металевих продуктів зношування в моторну та трансмісійну оливи в процесі експлуатації.....
4.6.1	Зміна концентрації і швидкості надходження заліза в оливу.....
4.6.2	Зміна концентрації хімічних елементів металевих продуктів зношування у модифікованій присадками оливі силових агрегатів ТМ.....
4.7	Оцінка ресурсу силових агрегатів транспортних машин з використанням модифікованих олив.....
4.8	Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання композиційної присадки геомодифікатора КГМТ-1 для модифікування робочих олив силових агрегатів транспортних машин.....
4.9	Рекомендації підприємствам, що використовують транспортні машин у жорстких умовах експлуатації.....
4.9.1	Загальні рекомендації експлуатаційним службам по підвищенню довговічності силових агрегатів транспортних машин.....
4.9.2	Підвищення ресурсу ТМ зменшенням зносу трибоспрями деталей силових агрегатів під час його пуску.....
4.9.3	Експрес-метод діагностування технічного стану системи змащення силового агрегату ТМ.....
4.9.4	Зміна нормування технічного обслуговування автомобілів в зв'язку з подовженням ресурсу модифікованої оливи присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1.....
	Висновки до розділу.....

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення надійності силових агрегатів ТМ на основі закономірностей зміни їх стану та зміни показників і експлуатаційних властивостей робочих моторних та трансмісійних олив додаванням композиційних присадок на основі геомодифікатора КГМТ-1. Отримано наступні основні результати:

1. Аналіз технічного стану ТМ відкритих кар'єрів та підприємств АПВ, що експлуатуються в жорстких нестаціонарних умовах, запиленості, великих навантажень безперервному режимі та режимі "пуск-зупинка" і малих швидкостей руху по автомобільних дорогах складного профілю, свідчить про негативний їх вплив на термін експлуатації силових агрегатів, моторних та трансмісійних олив. Визначено, що одним з ефективних методів підвищення їх довговічності є додавання композиційних присадок на основі геомодифікаторів до робочих олив.

2. З теоретичної точки зору розглянуто механізм дії композиційних присадок на основі геомодифікаторів, внесених в робочу оливу, на поверхні спряжень деталей силових агрегатів ТМ. Виявлено зменшення в'язкості композиційних олив та підвищення ефективності швидкості зсуву їх приповерхневих шарів. Обґрунтовано зміну показників та властивостей робочої оливи від концентрації присадки. Дано теоретичний аналіз механізму формування захисного антифрикційного шару на робочих поверхнях деталі та приповерхневого шару композиційної оливи.

3. Показано, що при додаванні композиційної присадки на основі геомодифікатора в робочу оливу змінюється стан, внутрішня енергія спряжень деталей та ентропія системи в часі. З'ясовано закономірність зменшення концентрації присадки та збільшення концентрації механічних

домішок в моторній та трансмісійних оливах в процесі експлуатації.

4. Обґрунтовано компоненти композиційної присадки на основі геомодифікатора КГМТ-1, визначена їх роль в компенсації процесів зношування спряжень деталей силових агрегатів ТМ. Методом математичного планування експерименту на чотирикульковій машині тертя ЧМТ-1 визначено раціональний та оптимальний вміст компонентів композиційної присадки в оливі ТМ-3-18к: КГМТ-1 (1500...3000 мг/50 мл), оптимум – 3000 мг/50 мл; олеат натрію (500...2000 мг), оптимум – 2000 мг/50 мл; сульфат міді (500...2000 мг), оптимум – 2000 мг/50 мл; люмінофор ТАТ33 (500...2000 мг), оптимум – 500 мг/ 50 мл. Аналогічний склад і вміст компонентів присадки запропоновано і для моторної оливи М-10Г₂к. Лабораторні випробування на машині ЧМТ-1 показали, що при додаванні запропонованої присадки в оливу М-10Г₂к показник зносу зменшується на 23,5 %, критичне навантаження збільшується на 29,6 %, а навантаження зварюванням збільшується на 27,4 %. Для модифікованої оливи ТМ-3-18к показник зносу зменшується на 36,2 %, критичне навантаження збільшується на 18,4 %, а навантаження зварювання – на 7,3%. Визначено, що присадка НИОД-5 за усередненим параметром зносу на 2,5...4,0 %, а присадка Roil Gold – на 1,5...2,0 % менш ефективні ніж присадка на основі геомодифікатора КГМТ-1.

5. Оцінка силових характеристик рухомих спряжень зразків деталей на модернізованій машині тертя СМЦ-2 показала, що при змащенні базовою свіжою оливою в безперервному режимі початкові максимальні значення моменту тертя зменшуються у 1,3...1,7 рази, а при припрацюванні – у 3,5...5,0 разів у порівнянні з сухим тертям. В режимі "пуск-зупинка" на кожному з інтервалів випробувань ця величина зменшується і через декілька періодів пік моменту тертя зникає. При постійній концентрації присадки КГМТ-1 в моторній оливі (70 г/л) зі збільшенням навантаження в два рази в 1,4...1,7 разів збільшується величина початкового піку моменту тертя. Визначено, що запропонована присадка на основі геомодифікатора КГМТ-1 за силовими характеристиками не поступається присадками

НИОД-5 і Roil Gold. Виявлено різний характер структури зон спрацювання: у безперервному режимі прослідковуються практично паралельні лінії дії сил тертя, а у режимі "пуск-зупинка" – сліди схоплювання і розмитість ліній. Експериментально, на основі зміни моменту тертя в різних режимах лабораторних випробуваннях на машині СМЦ-2, доведено, що додавання присадки на основі КГМТ-1 до робочих моторної і трансмісійної олив відновлює їх характеристики і властивості.

6. Результати стендових досліджень силових агрегатів ТМ свідчать, що додавання присадки КГМТ-1 в моторну оливу забезпечує стійке покращення зовнішніх швидкісних характеристик. Збільшення крутного моменту у порівнянні з базовою оливою для оливи М-10Г₂к+НИОД-5 склало на 1,2...1,4 %; для оливи М-10Г₂к+RoilGold – на 2,6...3,0%; для оливи М-10Г₂к + КГМТ-1 – на 3,9...4,3%. Потужність дизеля при роботі на оливі М- 10Г₂к+НИОД-5 збільшилась на 1,1...1,3 %; на оливі М-10Г₂к+RoilGold – на 2,5...2,9%; на оливі М-10Г₂к + КГМТ-1 – на 3,9...4,2%. Зменшення питомої витрати палива від додавання присадок у оливу склало: М-10Г₂к+НИОД-5 – на 1,24...1,26 %; М-10Г₂к+RoilGold – на 2,73...2,77%; М-10Г₂к + КГМТ-1 – на 3,95...4,15%.

7. Експлуатаційні випробування показали, що граничний рівень зольності і коксівності при використанні запропонованої присадки досягається при напрацюванні 300 мото-годин. Встановлено закономірності зміни температури спалаху, густини, лужного числа, диспергуючої здатності, кінематичної в'язкості та діелектричної проникності з напрацюванням для модифікованих моторних і трансмісійних олив. Отримані результати дозволили розробити методологію оцінки якості та термін заміни оливи в силових агрегатів ТМ для нестационарних і жорстких умов експлуатації.

8. Визначено, що в процесі експлуатації силових агрегатів ТМ у модифікованій оливі запропонованою присадкою у 1,5...1,6 разів зменшуються концентрація заліза та у 1,1...1,3 рази сповільнення швидкості його надходження в оливу у порівнянні з базовою. Побудовані діаграми

зміни концентрації таких хімічних елементів як Al, Pb, Cr і Fe від тривалості роботи ТМ. Виявлено, що основні хімічні елементи продуктів зношування, що потрапляють в свіжу моторну оливу, досягають свого граничного значення при тривалості роботи 250 мото-год, а з додаванням присадки Roil Gold – 275-300 мото-год., а при додаванні присадки КГМТ-1 – 285-310 мото-год. Зазначене свідчить про можливість подовження терміну використання моторної та трансмісійної олив ТМ. Ресурсна оцінка досліджуваних ТМ показала, що їх середньомісячне напрацювання на базовій оливі становить 101 мото-годину, а з використанням оливи, модифікованої КГМТ-1 – 132 мото-годин, що на 30 % вище. При цьому середнє напрацювання на свіжій оливі М-10Г₂ склало 7530 мото-год, на оливі модифікованій присадкою Roil Gold – відповідно 8716 мото-год, на оливі модифікованій КГМТ-1 – 9250 мото-год. Визначено, що міжремонтний ресурс за рахунок дії присадки Roil Gold збільшився на 16%, а КГМТ-1 – на 23%, у порівнянні з свіжою базовою оливою.

Встановлено, що при використанні запропонованої композиційної присадки економічний ефект за рахунок зменшення кількості проведених ТО та підвищення ресурсу для однієї одиниці транспортної машини становить 13686,4 грн.

9. Результати проведених теоретичних, лабораторних, стендових і експлуатаційних досліджень дали можливість розробити комплекс науково- методичних рекомендацій підприємствам, що експлуатують ТМ у жорстких нестаціонарних умовах: знаючи реальний термін заміни моторної оливи, можна управляти термінами ТО силових агрегатів; розроблено спосіб зменшення спрацювання спряжень деталей у систему змащення; запропоновано експрес-діагностику працездатного та непрацездатного станів системи змащення; розроблено таблицю коректування термінів заміни моторної оливи і відповідно підвищення довговічності силового агрегату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аулін В.В., Слонь В.В., Кузик О.В. Зміна фізико-хімічних показників моторної оливи дизелів автосамоскидів в процесі експлуатації. *Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, 2012. вип. 25., ч.1. С. 98-103.
2. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи. *Вісник Харківського нац. техн. університету сільськ. господарства. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва*. 2010. Вип. 100. С. 127-133.
3. Левченко А. В., Наглюк И. С., Осипенко Д. В. Системный подход в применении добавок, обеспечивающих восстановление эксплуатационных параметров двигателей внутреннего сгорания. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2016. Вип. 74. С. 100-106
4. Григоров А.Б., Наглюк И.С., Карножицкий П.В. Браковочные показатели моторных масел и диэлектрическая проницаемость. *Транспорт, екологія – стійкий розвиток: матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф.*, 8–10 травня 2008р. – Варна: Вид-во техн. ун-та, 2008. С. 362-369.
5. Аулін В.В., Жулай О.Ю. Підвищення експлуатаційної надійності МСГТ на основі діагностичної інформації про технічний стан силового агрегату. *Підвищення надійності машин і обладнання: всеукраїнська конференція*, 19 квітня 2007 р. Кіровоград: КНТУ. С. 86-87.
6. Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. Моторные топлива и масла для современной техники. К.: НАУ, 2005. 216 с.
7. Аулін В.В., Жулай О.Ю. Інформаційне забезпечення зміни технічного стану дизелів засобів транспорту. *Вісник інженерної академії України*. 2011. №1. С. 166-172.
8. Чудиновских, А. Л., & Лашхи, В. Л. Особенности построения химмотологии. *Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт*. 2014. Вип 11. С. 36-38.

9. Григоров А.Б., Наглюк И.С. Диэлектрические свойства моторных масел. *Автомобільний транспорт: сб. науч. трудов.* Х., 2009. № 25. С. 167-170.
10. ДСТУ 4454:2005. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання. [Чинний від 2005-09-16]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. - IV, 32 с.
11. ДСТУ ГОСТ 33-2003 Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості (ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94), IDT).
12. Свирид М.Н., Кудрин А.П., Приймак Л.Б. Использование ХАДО-присадок при трибомагнитном восстановлении. *Вісник Хмельницького національного університету.* 2011. №6. С. 122-125.
13. Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В. Характер зміни триботехнічних характеристик спряжень дизелів при їх роботі в різних режимах. *Проблеми трибології.* 2013. №3. С.89-96.
14. Григоров А.Б., Наглюк И.С. Методологический подход к рациональному использованию моторных масел при эксплуатации автомобильного транспорта. *Энергосбережение «Энергетика» Энергоаудит.* 2009. № 12 (70). С. 9-15.
15. Бабич, А. Г. Исследование вязкости моторных и трансмиссионных масел. *Научная мысль.* 2017. Вип. 3. С. 19-22
16. Войтов В.А., Мазепа В.А. Системный подход для эксплуатации моторных масел по техническому состоянию. *Проблеми трибології.* 2006. № 1. С. 108-117.
17. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. *Труды ТГАТА.* 2001, Вип.1. т.18. С.24-28.
18. Жировов Д.М., Лимаренко Н.В., Мирской К.О., Тринц Д.В. Параметры, характеризующие качество моторных масел двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственного транспорта в процессе их эксплуатации. *Молодой исследователь Дона.* 2019. Вип. 2 (17). С. 130-135.
19. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. *Праці ТДАТА,* 2000. Вип.2.

т.14. С.37-40.

20. Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В. Експрес-оцінка впливу моторних оливі і присадок до них на характеристики зносу робочих поверхонь деталей двигунів вантажних автомобілів. *Вісник інженерної академії України*. 2013. №2. С. 166-170.

21. Аулин В.В., Замота Т.Н., Лысенко С.В. Повышение эксплуатационной износостойкости деталей маши их триботехническим восстановлением и управлением процессами приработки. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 18. № 2. P.89-96.

22. Гомон Д. А., Дудка А. М., Начовний І. І. Порівняльні дослідження ефективності протизношувальних присадок до моторних мастил. *Хімія та сучасні технології: VIII Міжнародна науково-технічна конференція*. Том V. м.Дніпро. 26-28 квітня 2017. С.125

23. Аулін В.В., Жулай О.Ю. Система діагностичного моніторингу технічного стану силових агрегатів. *Зб. Експрес – новини: наука, техніка, виробництво*. К.: УкрІНТЕІ, 2008. №12. С. 70.

24. Гальшев Ю. В., Шабанов А. Ю., Зайцев А. Б., Метелев А. А. Методика ускоренных испытаний моторных масел на изменение их свойств в течение срока эксплуатации. *Материаловедение. Энергетика*. Вип. 2-1 (147). С. 71-76.

25. Григоров А.Б., Наглюк И.С. Диэлектрическая проницаемость трансмиссионных масел. *Автомобільний транспорт*. 2010. № .26. С.43-46.

26. ДСТУ 4106-2002. Оливи мастильні. Номенклатура показників [Текст] / розроб. А. Мартинюк [та ін.]. Чинний від 2003.01.01. Офіц. вид. К.: Держстандарт України, 2002. III, 22 с.

27. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований): монография. Харьков: ХНАДУ, 2011. 292 с.

28. Raffai, P., Novotny, P., Marsalek, O. Numerical calculation of mechanical losses of the piston ring pack of internal combustion engines. *Journal of the Balkan Tribological Association*, 2015. 21 (4), pp. 796-809.

29. ДСТУ 4311:2004 Система розробляння та поставлення продукції на виробництво продукція нафтопереробки та нафтохімії. Основні положення.

30. Ерохин Я.С., Габдуллин Т.Р. К вопросу повышения износостойкости деталей машин. *Техника и технология транспорта*. 2019. Vol. 1 (10). Р. 1-5.
31. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Наглюк И.С. Влияние сажи на диэлектрическую проницаемость моторного масла. *Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля*, 2007. № 6 (112). С. 117-121.
32. Аулін В.В., Замота Т.М. Развитие площади пятна контакта при макроприработке поверхностей трения. *Проблеми трибології*, 2012. №1. С.9-13.
33. Аулін В.В., Слонь В.В., Голуб Д.В. Закономірності зміни концентрації хімічних елементів в моторній оливі автомобілів, працюючих в нестационарних умовах експлуатації при додаванні присадок. *Автомобильный транспорт*. 2014. Вып. 34. С.22-27.
34. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Слонь В.В. та ін. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спраженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С.250-265.
35. Спосіб діагностування технічного стану системи мащення дизеля: пат. 98561 Україна: МПК (2015.01) F01M 1/00 U. №u201413616; заявл. 18.12.2014; публ. 27.04.2015, Бюл.№ 8.
36. Слонь В.В. Модифікуючий вплив присадок на термін заміни моторної оливи в нестационарних умовах експлуатації. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник КНТУ. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2015. Вип. 45. С. 308-313.
37. Aulin V., Slon V., Lysenko S., Golub D. Research of the change of power of diesel vehicles operating in non-stationary conditions. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol.17. No.2. Р. 103-108.
38. Аулін В.В., Слонь В.В., Голуб Д.В. Вплив присадок до моторних оливи на характеристики дизелів, що працюють в нестационарних умовах експлуатації. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2014. Вип. 148. С.18-25.

39. Припрацювальна мастильна композиція: пат. 69657 Україна. МПК C10M 125/04 U. №u201112124; заяв. 17.10.2011; публ. 10.05.2012, Бюл. № 9.

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

41. Музильов, Д. О., Карнаух, М. В. Оцінка надійності паливної системи дизельного двигуна на різних сумішевих складах біодизельного палива. *Автомобільний транспорт та інфраструктура: збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції 23-25 квітня 2020 р.* С. 109-111.

42. Спосіб визначення моменту тертя трибоспряджень на машині тертя: пат. 98562 Україна: МПК (2015.01) G01N 19/00 U. №u201413617; заявл. 18.12.2014; публ. 27.04.2015, Бюл. № 8.

43. Припрацювальна мастильна композиція: пат. 81598 Україна: МПК (2013) C10M 125/04. №u201213907; заявл. 06.12.2012 ; опубл. 10.07.13, Бюл. № 13.

44. Аулин, В.В., Замота, Т.Н., Лысенко, С.В., Гринькив, А.В., Чернай А.Е. Трибологические переходы при приработке поверхностей трения сопряжений деталей. *Проблеми трибології*. 2017. Вип. 4. С. 87-96

45. ДСТУ ГОСТ 25371:2006. Нафтопродукти. Розрахунок індексу в'язкості за кінематичною в'язкістю. (ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81), IDT).

46. ДСТУ 3868-99. Паливо дизельне. Технічні умови [Текст]. Топливо дизельное. Технические условия: стандарт. Офіц. вид. Введ. с 1999-09-01. К.: Держстандарт України, 1999. - III, 12 с.

47. Fernández-Silva S.D., García-Morales M., Ruffel C., Delgado M.A. Influence of the nanoclay concentration and oil viscosity on the rheological and tribological properties of nanoclay-based ecolubricants. *Lubricants*, 2021. 9 (1), art. no. 8, pp. 1-15.

48. Chen H., Xu C., Xiao G., Chen Z., Yi M. Ultralow friction between steel surfaces achieved by lubricating with liquid crystal after a running-in process with acetylacetone. *Tribology Letters*. 2018. Vol. 66(2). P. 1-12.

49. Білик А. П. Відновлення поверхонь тертя за допомогою триботехнічних регенеруючих сумішей: дис....канд. техн. наук: 05.02.04. Хмельницький, 2009. 125 с.

50. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. - 51 с.