

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2023 р.
Зав. кафедри К.Т.Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

тема роботи: **«Підвищення експлуатаційної надійності автотракторних двигунів шляхом застосування модифікованих моторних мастил»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Козір Сергій Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.В. Войтік
“ ____ ” _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

студенту _____ **Козіру Сергію Володимировичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Підвищення експлуатаційної надійності автотракторних двигунів шляхом застосування модифікованих моторних мастил»

керівник роботи _____ д.т.н., професор Дідур В.В. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“14” листопада 2023 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 25.11.2023 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: види і характеристики присадок у систему мащення двигуна; літературні джерела; загальна характеристика ремонтної бази.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

- встановити «критичний» режим, при якому відносний ексцентриситет $\lambda = 1$ призводить до можливого заїдання робочих поверхонь;
- стендовими випробуваннями двигуна встановити залежність при додаванні в моторну оливу присадки РВС механічних втрат та відновлення зношеної частини з'єднання;
- грунтуючись на даних, отриманих у процесі проведення лабораторних експериментів і стендових випробуванні, зробити висновки щодо застосування антифрикційних добавок у оливу автотракторних ДВЗ;
- дослідно встановити вплив присадок на зменшення коефіцієнту тертя і витрат палива.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; загальна характеристика ремонтної бази; види і характеристики присадок у

систему мащення двигуна; показники економічної ефективності.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Дідур В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2023 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2023 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2023 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2023 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2023 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2023 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Козір С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дідур В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Козір С.В. Підвищення експлуатаційної надійності автотракторних двигунів шляхом застосування модифікованих моторних мастил (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 54 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 15 рисунків, 10 таблиць, 20 джерел).

Робота присвячена підвищенню довговічності силових агрегатів транспортних машин, що працюють в жорстких умовах експлуатації, на основі закономірностей зміни показників, властивостей робочих олив та режимів роботи рухомих спряжень деталей при модифікуванні олив композиційними присадками з використанням геомодифікатора КГМТ-1.

Запропоноване удосконалення щодо введення в моторну оливу антифрикційних відновлюючих присадок ХАДО.

Для реалізації поставленої мети в першому розділі проведено дослідження видів і характеристик присадок у систему мащення двигуна.

В другому розділі проведено дослідження впливу присадок у оливу на роботу пар тертя.

В третьому розділі наведена характеристика масел та присадок до них. Розроблена установка для випробувань. Отримані результати досліджень.

Розроблені правила безпеки при мащенні автомобіля на ділянці ТО.

Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ, АВТОТРАКТОРНИЙ ДВИГУН, МОТОРНА ОЛИВА, РУХОМІ СПРЯЖЕННЯ, СИСТЕМА МАЩЕННЯ, ПРИСАДКА, ПАРА ТЕРТЯ, НАДІЙНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 Аналіз методів підвищення якості і ресурсу робочих олив та довговічності силових агрегатів	8
1.1 Загальна характеристика ремонтної бази	8
1.2 Види і характеристики присадок у систему мащення двигуна	10
1.3 Висновки по розділу	14
РОЗДІЛ 2 Розрахунково-теоретичний аналіз ефективності застосування безрозбірного відновлення	15
2.1 Деякі питання теорії тертя	15
2.2 Дослідження впливу присадок у оливу на роботу пар тертя	18
2.3 Висновки до розділу	24
РОЗДІЛ 3 Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати	25
3.1 Характеристика масел та присадок до них	25
3.2 Установка для випробувань	27
3.3 Результати досліджень	31
3.4 Висновки до розділу	35
РОЗДІЛ 4 Охорона праці	36
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів	36
4.2 Заходи по забезпеченню захисту працівників	38
4.3 Правила безпеки при мащенні автомобіля на дільниці ТО	41
4.4 Висновки по розділу	43
РОЗДІЛ 5 Техніко-економічна оцінка роботи	44
Висновки по розділу	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Проблема підвищення довговічності силових агрегатів транспортних машин (ТМ) подовженням ресурсу спряжень деталей та терміном функціонування робочої оливи з часом неухильно зростає. Це пов'язано з експлуатацією ТМ в жорстких нестаціонарних умовах, особливо в режимі "пуск-зупинка", запиленості, при великих навантаженнях і малій швидкості руху по автомобільних дорогах складного профілю. Надважкі нестаціонарні умови і режими експлуатації призводять до інтенсивного спрацювання деталей й зниженню показників якості та погіршенню властивостей моторної та трансмісійної оливи, що обумовлює зменшення терміну їх використання, а отже і збільшення частоти заміни і витрат на їх закупівлю та запасні частини. Реалізація ресурсу, закладеного в силові агрегати ТМ, можлива тільки при використанні якісних мастильних матеріалів, які за експлуатаційними властивостями повністю відповідають їх конструктивним особливостям і умовам експлуатації. Моторні та трансмісійні оливи є одними з основних функціональних елементів силових агрегатів ТМ і багато в чому визначають довговічність та ефективність їх роботи при експлуатації. Якість оливи і конструкції силових агрегатів доповнюють одна одну. Постійне вдосконалення конструкції силових агрегатів ТМ в напрямку поліпшення умов роботи оливи і покращення показників і властивостей забезпечує високий рівень надійності їх та зниження витрат паливо-мастильних матеріалів. Зміна фізико-хімічних показників та експлуатаційних властивостей робочих оливи модифікуванням композиційних присадок на основі геомодифікаторів дозволяє підвищити довговічність силових агрегатів ТМ. Разом з тим не виявлено механізму дії таких присадок, остаточно необґрунтовано характер змін показників і властивостей оливи та режимів функціонування спряжень деталей від компонентів присадки, що є безумовно актуальним для управління ресурсом силових агрегатів та терміном використання моторних і трансмісійних оливи.

Метою роботи є підвищення довговічності силових агрегатів транспортних

машин, що працюють в жорстких умовах експлуатації, на основі закономірностей зміни показників, властивостей робочих олив та режимів роботи рухомих спряжень деталей при модифікуванні олив композиційними присадками з використанням геомодифікатора КГМТ-1.

Об'єкт дослідження – процеси зміни характеристик і властивостей робочих олив композиційною присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1 й підвищення довговічності силових агрегатів ТМ.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників і властивостей модифікованої робочої оливи та ресурсу силового агрегату ТМ під час експлуатації.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ І РЕСУРСУ РОБОЧИХ ОЛИВ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ СИЛОВИХ АГРЕГАТІВ

1.1. Загальна характеристика ремонтної бази

Ремонтна база знаходиться в м. Звенигородка, а в м. Черкаси тільки офіс та склад запасних частин.

Виробничі приміщення, площа яких складає 1350 м², мають всі необхідні комунікації для проведення ремонтно-обслуговуючих робіт з забезпеченням всіх необхідних санітарно-побутових вимог. В них на даний момент

функціонують наступні відділення: ремонту автотракторних двигунів, ремонту коробок передач, зварювальне, механічне та ливарне. Всі відділення відокремлені між собою глухими стінами і мають технологічний зв'язок.

В механічному відділенні знаходиться весь перелік обладнання і інструменту необхідного для проведення таких механічних операцій як: токарні, фрезерні, шліфувальні, свердлильні.

В зварювальному відділенні проводять ручне газове і електродугове зварювання, вібродугове наплавлення під шаром флюсу і електроконтактне приварювання стрічки.

Ливарний цех обладнаний для проведення литва чавуну і алюмінію для виготовлення різноманітних деталей та заготовок.

В відділення з ремонту коробок передач проводять капітальний ремонт коробок передач різних марок тракторів і автомобілів. Відділення оснащене підйомно-транспортним обладнанням, розбирально-складальним обладнанням, мийними ваннами та установкою для обкатки та випробування коробок передач власного виготовлення.

Відділення з ремонту двигунів розмірами 12×18 м займає площу 216 м². У відділенні проводяться капітальні ремонти двигунів, на сьогодні виробнича програма складає 150 двигунів на рік. Відділення оснащене підйомно-

транспортним обладнанням, розбирально-складальними стендами, мийними ваннами, робочими місцями дефектувальника, слюсаря, комплектувальника, та проведення обкаточно-випробувальних робіт.

Крім основного обладнання всі відділення оснащені різноманітними пристроями та пристосуваннями, які виготовлені на підприємстві з метою підвищення продуктивності праці та зниження травмування під час роботи.

Колектив відділення з ремонту двигунів на даний момент складає 8 чоловік – це спеціалісти високої кваліфікації, які самостійно вирішуються складні питання, пов'язані з відновленням роботоздатності техніки.

Аналізуючи перелік обладнання яке використовується на підприємстві, можна зробити висновок, що відділення майстерні не в повній мірі забезпечені необхідним обладнанням, яке в свою чергу в основному було придбано в період з 80-90 роках. Більша частина обладнання вже морально і фізично застаріла, яке необхідно оновлювати.

За останні роки підприємство придбало лише декілька одиниць сучасного розбирально-складального обладнання та деяку оснастку, але цього недостатньо для виконання повного комплексу робіт щодо відновлення двигунів, коробок передач та інших складових частин тракторів та автомобілів.

Аналіз компонування діляниць і планування робочих місць в майстерні показує, що в майстерні не витримані норми проходів, проїздів та відстаней між обладнанням і елементами будівлі, що призводить до порушення техніки безпеки та збільшення трудомісткості проведення технологічних операцій. Не вистачає діляниць які могли б зробити замкнений цикл ремонту агрегатів так на підприємстві є відділення з ремонту двигунів, а діляниці з ремонту турбокомпресорів не має. Точніше ремонт турбокомпресорів виконують на посту у відділенні з ремонту двигунів.

Стосовно філії в м. Черкаси то тут великим попитом користуються продажі ремонтів агрегатів до імпоротної техніки але підприємство виступає в ролі посередника і продажі масел та присадок. Саме продаж присадок сьогодні досить активно розвивається.

1.2 Види й характеристики присадок у систему мащення двигуна

Існуючі на даний момент присадки по своїй структурі й властивостям основних активних елементів, що впливають на двигун, можна підрозділити на наступні групи рис. 1.1. [4, 5]:

- реметалізатори поверхонь тертя;
- полімерні антифрикційні препарати;
- епіламні і металоорганічні антифрикційні сполуки, що відновлюють;
- кондиціонери й рекондиціонери металу;
- ремонтно - відновлюючі препарати на базі мінеральних порошків.
- шаруваті модифікатора тертя.

Зупинимося більш докладно на кожній із зазначених груп.



Рис. 1.1. Класифікація присадок

Реметалізатори поверхонь тертя. Сполуки, у яких у нейтральному носії, повністю розчинному в оливі, утримуються з'єднання або іони м'яких металів. Ці іони, потрапляючи в зону тертя, заповнюють мікронерівності й створюють плакуючий шар, що відновлює поверхню [6]. Його з'єднання з основним металом відбувається на механічному рівні. Поверхнева твердість і зносостійкість шару істотно нижче відповідних параметрів сталі або чавуну, з яких виготовлені

основні деталі двигуна, тому для існування шару необхідна постійна присутність реметалізатора в оливі. Заміна оливи в цьому випадку швидко зводить до нуля ефект від початкової обробки. Більше того, навіть короточасна відсутність препарату в масляній системі приводить до «зістругування» захисного шару з поверхні циліндрів поршневими кільцями, особливо в пускових режимах. Тому нерідко спостерігаються випадки заклинювання двигуна після обробки такими препаратами.

Марки: Lubrifilm Metal, Римет, Римет-Т, Motor Healer, СуперМЕТ, Ресурс, Remetall, Renom, М-Пульс 200.

Полімерні антифрикційні препарати. Полімерні антифрикційні препарати з'явилися раніше інших. Ці препарати створювалися фахівцями оборонної промисловості й споконвічно мали вузьке призначення - забезпечити короточасне збереження рухливості бойової техніки у випадку серйозного ушкодження масляної системи. Довга робота препарату в масляній системі двигуна звичайного автомобіля була досліджена слабо. Видимий ефект від використання полімерних антифрикційних препаратів зводився до росту потужності мотора й зниженню витрати палива. У зношеного двигуна на малих обертах гаснула контрольна лампа тиску оливи, із чого робився висновок про відновну дію препарату. Однак ефект зниження витрати палива швидко пропадав, а причина збільшення тиску оливи з усією очевидністю розкривалася при розбиранні двигуна: прийомний грибок масляного насоса й масляних каналів «заростали» полімером, перерізи каналів зменшувалися, що й призводило до росту тиску. Зменшення витрати оливи, природно, негативно позначалося на роботі підшипників двигуна. Поки діяв полімерний захист поверхонь тертя, це було не дуже помітно, але, як тільки вона пропадала, зношування двигуна й витрата палива різко зростали, а потужність падала.

Досить висока концентрація препарату в оливі, за даними розроблювачів, близько 4 % макс., може також приводити до зміни фізико-хімічних властивостей базового мастила [7, 8].

Марки: Аспект-Модифікатор, PMF-200, Slider-2000, Форум, Універсальний

модифікатор, Супер Форум, Slik-50R.

Епіламні й металоорганічні антифрикційні відновні сполуки. Дія епіламних (епіламноподібні) антифрикційних препаратів побудовано на базі формування т. зв. епіламних шарів на всіх поверхнях тертя двигуна. У зоні тертя під впливом високих контактних тисків і температур реалізується механізм локальних поверхневих реакцій, при якому «з'їдаються» виступи шорсткостей. Продуктами реакції - з'єднаннями металів - заповнюються западини шорсткостей і дефекти поверхні, що утворилися в процесі експлуатації силового агрегату. Випробування показали, що чистота поверхні після формування зміцненого шару на 60 - 80% вище, ніж до обробки, при цьому різко зростають поверхнева твердість і зносостійкість покриття [4, 9].

Кондиціонери й рекондиціонери металів. В окрему групу препаратів варто винести кондиціонери й рекондиціонери металу. Власно, зміст словосполучення «кондиціонер металу» стосовно до автохімії можна інтерпретувати, як речовина й механізм впливу на метал, що дозволяють відновити структуру (сполука) металу, на який він впливає, за допомогою доставки необхідних компонентів (середовища або енергії) від зовнішніх джерел. Механізм дії препаратів даної групи (STP (з XER2), Energy release (США), FENOM (Росія) і ін.) заснований на взаємодії (адсорбції) їхніх поверхнево-активних компонентів, наприклад, з'єднань на основі фторокарбоната (смоли) кварцу, естерів (продукту спеціальної переробки копри кокосового горіха, а також смол ряду хвойних дерев) або інших ПАВ з поверхнями тертя.

Це дозволяє істотно знизити втрати на тертя в рухомих з'єднаннях і інтенсивність їхнього зношування, у тому числі при пуску, розгоні, режимах перевантажень [10, 11].

Марки: Energy release, FENOM, SMT2, STP.

Ремонтно - відновлюючі препарати на базі мінеральних порошків (геомодифікатори тертя - ГТМ). Самий перспективний на даний момент клас присадок у систему мащення автомобіля для підвищення надійності ДВЗ. Дія ремонтно-відбудовчих сполук (РВС), що містять мінеральні присадки, базується

на унікальних властивостях порошку серпантивіту (змійовика), відкритого в СРСР при бурінні надглибоких скважин на Кольському півострові [12].

На сьогоднішній день серпентиніт як ГМТ є найбільш вивченим мінералом, тому впровадження на виробництвах проводиться з його використанням. По хімічному й фазовому складу присадки, розроблені на його основі, являють собою суміш класичного магнезійно - залізного силікату (серпентин $Mg_6\{Si_4O_{10}\}(OH)_8$), що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів), кінцевими фазами якого є форстерит (Mg_2Si_4) і фаяліт (Fe_2Si_4), а також у незначних кількостях кремнезему (SiO_2) і доломіти $CaMg(CO_3)_2$. Найчастіше модифікатори виготовляються із сировини родовищ Кольського півострова, Південного Уралу, Грузії [23].

Геомодифікатори, потрапляючи в зону тертя, вносять структурні зміни в поверхню тертя й здатні модифікувати її в триботехнічно вигідному напрямку. Принципова відмінність ГМТ від інших присадок полягає в тому, що в триботехнічну систему вноситься речовина, що ініціює процеси, що самоорганізуються. Звичайно стаціонарний стан прикордонного шару трибологічного вузла відповідає динамічній рівновазі процесів руйнування й відновлення фізичних зв'язків. Зношена деталь перебуває в циклічному стані процесів розпушення, диспергування й ротаційного руху часток зношування. Додавання тонкодисперсного порошку ГМТ у штатний мастильний матеріал двигуна в кількості 0,01...3 мас % приводить до порушення зазначеної динамічної рівноваги у бік відновлення фізичних зв'язків [13]. Самоорганізація полягає в спадкоємній «пам'яті» матеріалу. Вхідні до складу порошку Al і Fe є каталізаторами утворення піролітичного вуглецю по границях зерен до підповерхневого шару, а основний склад ГМТ модифікує граничний шар з високим ступенем зворотних зв'язків, що приєднують «загублений» матеріал з дисперсного середовища.

Незважаючи на унікальні властивості геомодифікаторів тертя вони не є панацеєю від механічних лих. Є кілька причин, по яких ці препарати не знаходять широкого застосування.

Марки: РВС, Живий метал, Motor Doctor, Forsan, Supro, Хадо, Ceramic Gear

Treatment.

Шаруваті модифікатори тертя. Присадки, віднесені до даної групи, включають елементи з низьким зусиллям зрушення між шарами, наприклад дисульфід молібдену (MoS_2), трисульфід молібдену (MoS_3), диселеніт молібдену (MoSe_2), дисульфід вольфраму (WS_2), тантал (TaS_2), графіт і деякі інші.

У кристалічних решітках графіту (дисульфиду молібдену) атоми вуглецю розташовані в паралельних площинах, що стоять друг від друга не більше ніж на 0,34 нм, а в кожному шарі вони розміщені у вершинах правильних шестикутників з довжиною сторони 0,14 нм. Тому що сила взаємного притягання між атомами тим менше, чим більше відстань між ними, то атомні зв'язки в шарах значно більше, ніж між шарами. Це дозволяє графіту при терті без особливих зусиль зміщатися уздовж шарів, розділяючи тертьові поверхні від безпосереднього контакту.

Препарати даної групи на сьогодні рідко застосовуються як присадки в моторну оливу ДВЗ. Марки: Oil Additiv, Motor Protect, Getriebeoil Additiv.



Рис. 1.2. Асортимент присадок та добавок до масла, що реалізуються підприємством

1.3 Висновки по розділу

Виходячи із представленої інформації, можна зробити висновки, що дослідження процесів впливу антифрикційних препаратів на сполучення «шийка - вкладиш» колінчастого вала вивчено недостатньо.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗРОЗБІРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

2.1. Деякі питання теорії тертя

Проблемі тертя й зношування твердих тіл присвячена численна література. У різні часи цими проблемами займалися: Леонардо да Вінчі і Ломоносов, Амонтон і Кулон, Петров і Ейлер, Менделєєв і Рейнальдс, А. Зоммерфельд, А. Паран, Л. Ейлер, Д. Леслі, Л. Гюмбель, І.Дезагюльє, М. Бріллюен, В.Гарді, Р.Томлінсон, Б.Дерягін. І. В. Крагельский, М. М. Резніковський, М. М. Хрущов та інші вчені [14-18].

Роботи пов'язані з вивченням тертя, умовно можна розділити на п'ять основних теорій тертя: механічна, молекулярна, молекулярно-механічна, гідродинамічна та енергетична.

Так механічна теорія тертя була запропонована Гільйомом Амонтоном в 1699 році і описувала закон тертя при контакті тіл без мащення:

$$F = f \cdot N, \quad (2.1)$$

де F - сила тертя,

f - коефіцієнт тертя,

N - нормальне до площини тертя навантаження.

Амонтон пояснював виникнення тертя між поверхнями, зачепленням нерівностей і підйому по них одного тіла відносно іншого з силою нормальної реакції, що діє на тіло з боку поверхні.

Молекулярна теорія базується на роботі Ш. Кулона (1775 р) який перший пояснив різницю між тертям покою та тертям руху, довівши, що тривалість контакту тіл впливає на силу тертя. Вивівши формулу тертя яка враховувала тангенційний опір, що залежить і не залежить від зовнішнього навантаження врахувавши молекулярні зв'язки між поверхнями.

$$F = A + f \cdot N, \quad (2.2)$$

де A - характеристика молекулярного зчеплення.

Молекулярна теорія розроблена у 18 столітті У.Б. Харді була сформульована і розвинена вченими Г.А. Томлінсоном (1929 р) ці вчені розглядали процес тертя як результат молекулярної взаємодії контактуючих поверхонь. Згідно молекулярної теорії при зближенні мікронерівностей поверхонь тіл тертя виникають міжмолекулярні відштовпуючі сили, а при віддаленні притягуючі, таким чином руйнування цих зав'язків утворює тертя.

$$F = f \cdot P + p \cdot S, \quad (2.3)$$

де p - додатковий тиск викликаний силами іонно-атомного притягіння.

S - площа контакту.

Б.В. Дерягін (1934 р) запропонував свій варіант молекулярної теорії в якій довів вплив молекулярного притягування тіл по площі їх фактичного контакту.

$$f = f_0 \cdot \left(\frac{1 + S_0 \cdot P_0}{N} \right), \quad (2.4)$$

де f - значення коефіцієнта тертя при $P \rightarrow 0$;

S - площа фактичного контакту;

P - питома сила молекулярного притягання.

Молекулярно-механічна теорія була запропонована І.В. Крагельським (1946 р) суть якої полягає в тому, що процес тертя представляється як результат контактуючих мікронерівностей та молекулярної взаємодії матеріалів на пятнах фактичного контакту.

Згідно молекулярно-механічної теорії сила тертя визначається як:

$$F = F_{\text{мех}} \cdot F_{\text{мол}}, \quad (2.5)$$

а коефіцієнт тертя як:

$$f = \frac{F_{\text{мех}} + F_{\text{мол}}}{N} = f_{\text{мех}} + f_{\text{мол}}, \quad (2.6)$$

де $F_{\text{мех}}, F_{\text{мол}}$ - механічна та молекулярна складові сили тертя;

$f_{\text{мех}}, f_{\text{мол}}$ — механічна та молекулярна складові коефіцієнту тертя.

Основоположником гідродинамічної теорії тертя є російський вчений Н.А. Петров який у 1883 році відкрив закон тертя при мащенні і започаткував основи математичної теорії мащення.

Суть теорії полягає в тому, що при мащенні ("рідинному терті") сили тертя насамперед визначаються в'язким опором мастильного шару і у відповідності з законом Ньютона пропорційні першій ступені швидкості.

$$F = \frac{Q \cdot U}{\delta + \frac{\mu}{\lambda_1} + \frac{\mu}{\lambda_2}}, \quad (2.7)$$

де Q – поверхня тертя;

U – відносна швидкість переміщення поверхонь тертя;

μ - абсолютна в'язкість мастильної рідини;

λ - коефіцієнт зовнішнього тертя на межах з шипом і підшипником;

δ - відстань між поверхнями шипа і підшипника.

В подальшому теорія Н.П. Петрова була розвинена Н.Е. Жуковським і С.А. Чаплигінім.

Майже одночасно з Н.П. Петровим над тертям при мащенні займались закордонні вчені такі як: О. Рейнольдс, А. Кінгсбері, Герсі та інші.

Енергетична теорія тертя А.Д. Дубініна (1952 р) стверджує, що робота яка витрачається на пластичне деформування, переходить в енергію пружної деформації в тепло та потенційну енергію наклепаного стану.

$$F \cdot s = W, \quad (2.8)$$

де s - шлях тертя;

W - робота, що витрачається на подолання сил тертя.

Пізніше теорія була розвинена А. Троссом та Г.К. Фляйшером.

Наведені дані показують, що зношування деталей по механічній теорії тертя в значній мірі визначається коефіцієнтом тертя.

2.2 Дослідження впливу присадок у оливу на роботу пар тертя

Основними причинами утворення зносів деталей автотракторних двигунів є тертя й утома металу. Зношування від тертя виникає у процесі експлуатації сполучених поверхонь деталей. Під впливом різних процесів, що виникають у плямах контакту (мікрорізання, пружне й пластичне деформування, схоплювання окисних плівок і чистих металів) відбувається руйнування металу, змінюється форма й розміри деталей. розмірне зношування визначається мікрометражем за допомогою вимірювального інструмента, що забезпечує точність виміру від 0,002 до 0,010 мм. На підставі даних, отриманих при вимірах, розраховуємо фактичні знос, швидкості зношування й терміни служби деталей, а також ресурси машин.

Для прикладу розглянемо процес зношування колінчатого вала двигуна John Deere RE20585.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунків діаметра зношеної шийки колінчатого вала двигуна John Deere RE20585

Марка дизеля	Діаметр шийки, мм	Ресурс до середнього ремонту Т, тис. г.	Напрацювання t, тис. г.
John Deere RE20585	Корінна $d_p = 79.730$	18	20

Радіальне зношування шийки колінчатого вала за час напрацювання t :

$$W = \frac{d_H - d_1}{2}, \text{ мм} \quad (2.9)$$

де d_h – номінальний діаметр шийки колінчатого вала, мм;

d_1 – діаметр шийки після напрацювання t , мм.

При аналізі зносів деталей автотракторних двигунів розрізняють фактичну,

середню й нормативну швидкість зношування, які визначають по наступних формулах [29]:

фактична швидкість зношування:

$$\xi_{\phi} = \frac{W}{t}, \text{ мм / тис.г.} \quad (2.10)$$

середня швидкість зношування:

$$\xi_{CP} = \sum_{i=1}^N \xi_{\phi i} / N, \text{ мм / тис.г.} \quad (2.11)$$

де N – число вимірюваних деталей (шийок).

Розрахунки ведемо за допомогою програми Microsoft Excel, а результати заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунки середньої швидкості зношування

№	d _p , мм	d ₁ , мм	W, мм	ξφ·10 ³ , мм/т. г.	ξ _{CP} , мм/т. г.
1	2	3	4	5	6
1	79,730	79,637	0,0465	2,3	3,36·10 ⁻³
2		,635	0,0475	2,4	
3		,626	0,052	2,6	
4		,625	0,0525	2,6	
5		,614	0,058	2,9	
6		,617	0,0565	2,8	
7		616	0,057	2,85	
8		,615	0,0575	2,88	
9		,615	0,0575	2,88	
10		,607	0,0615	3,07	
11		,603	0,0635	3,18	
12		,605	0,0625	3,13	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
13		,604	0,0630	3,15	
14		,606	0,0620	3,10	
15		,604	0,0630	3,15	
16		,606	0,0620	3,10	
17		,60	0,0650	3,25	
18		,605	0,0625	3,13	
19		,594	0,0680	3,40	
20		,594	0,0680	3,40	
21		,597	0,0665	3,33	
22		,597	0,0665	3,33	
23		,596	0,0670	3,35	
24		,596	0,0670	3,35	
25		,596	0,0670	3,35	
26		,595	0,0675	3,38	
27		,595	0,0675	3,38	
28		,595	0,0675	3,38	
29		,586	0,0720	3,75	
30		,587	0,0715	3,58	
31		,585	0,0725	3,63	
32		,584	0,0730	3,65	
33		,584	0,0730	3,65	
34		,587	0,0715	3,58	
35		,586	0,0720	3,60	
36		,585	0,0725	3,63	
37		,585	0,0725	3,63	
38		,573	0,0785	3,93	
39		,574	0,0780	3,90	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
40		,577	0,0765	3,83	
41		,576	0,0770	3,85	
42		,575	0,0775	3,88	
43		,564	0,083	4,15	
44		,565	0,0825	4,13	
45		79,555	0,0875	4,3	

Таблиця 2.3 - Результати статичної обробки швидкостей зношування шийок колінчатого вала двигуна John Deere RE20585

№ інтервалу	$\xi_{nmin}=2,3 \cdot 10^{-3}$ мм/т.г. $\xi_{nmax}=4,3 \cdot 10^{-3}$ мм/т.г. $\Delta \xi_{10}=0,2 \cdot 10^{-3}$ мм/т.г.				
	Швидкість зношування, мм/тис. г.			Кількість значень швидкостей зношування $n_{\xi i}$	Імовірність появи значень швидкостей зношування в кожному інтервалі p_i
	Найменша $\xi_{imin} \cdot 10^{-3}$	Найбільша $\xi_{imax} \cdot 10^{-3}$	Середня $\xi_{icp} \cdot 10^{-3}$		
1	2,3	2,5	2,4	2	0,044
2	2,51	2,71	2,61	2	0,044
3	2,72	2,92	2,82	5	0,111
4	2,93	3,13	3,03	5	0,111
5	3,14	3,34	3,24	6	0,133
6	3,35	3,55	3,45	8	0,177
7	3,56	3,76	3,66	9	0,200
8	3,77	3,97	3,87	5	0,111
9	3,98	4,18	4,08	2	0,044
10	4,19	4,39	4,29	1	0,022

Для визначення середнього квадратичного відхилення зробимо (табл. 2.3.)

статистичну обробку швидкостей зношування N деталей у наступному порядку:

- по масиву отриманих розрахунками швидкостей зношування вибираємо найменше $\xi_{\min}$ і найбільше $\xi_{\max}$ їх значення;
- визначаємо полігон розсіювання значень швидкостей зношування;

$$R = \xi_{\max}^N - \xi_{\min}^N = 2,3 \cdot 10^{-3} - 4,3 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ мм / тис.г}; \quad (2.12)$$

- розбиваємо полігон розсіювання швидкостей зношування на десять рівних інтервалів $\Delta \xi_{10}$;
- обчислюємо середні значення швидкостей зношування в кожному інтервалі $\xi_{\text{срі}}$ і кількість значень швидкостей $n_{\xi i}$, що попадають у кожний інтервал;
- для кожного інтервалу швидкостей зношування розраховуємо ймовірність p_i появи значень швидкостей зношування даного інтервалу в загальній сукупності N по формулі:

$$p_i = \frac{n_{\xi i}}{N}, \quad (2.13)$$

Розрахунки основних параметрів розподілу робимо по наступних формулах:

Математичне очікування:

$$M_{\xi} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \xi_{\text{срі}}^i \cdot n_{\xi i}}{N}, \quad (2.14)$$

середнє квадратичне відхилення:

$$M_{\xi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [\xi_{\text{срі}}^i - M_{\xi}]^2 \cdot n_{\xi i}}{N - 1}}, \quad (2.15)$$

Усі обчислення зручно робити в табличній формі (табл. 2.4.) за допомогою Microsoft Excel.

$$M_{\xi} = \frac{4,6 + 5,2 + 13,6 + 14,65 + 18,84 + 28,4 + 32,04 + 18,85 + 7,96 + 4,19 \cdot 10^{-3}}{45} = 3,2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.16)$$

$$\sigma_{\xi} = \sqrt{\frac{1,62 + 0,952 + 1,152 + 0,365 + 0,021 + 0,18 + 1,166 + 1,624 + 1,216 + 0,98 \cdot 10^{-6}}{10}} = 0,459 \cdot 10^{-3} \quad (2.17)$$

Параметр розподілу швидкостей зношування обчислюється по формулі:

$$m = \left(\frac{\xi_{CP} - \xi_{\min}}{\sigma_{\xi}} \right) + 0,5 = \left(\frac{3,36 \cdot 10^{-3} - 2,3 \cdot 10^{-3}}{0,495 \cdot 10^{-3}} \right) + 0,5 = 5,8 \quad (2.18)$$

приймаємо $m=6$.

Таблиця 2.4 - Розрахунки математичного очікування й середнього квадратичного відхилення

№ інтегралу	$\xi_{icp} \cdot 10^3$	$n_{\xi i}$	$\xi_{icp} \cdot n_{\xi i}$	$\xi_{icp} - m(\xi)$	$[\xi_{icp} - m(\xi)]^2$	$[\xi_{icp} - m(\xi)]^2 \cdot n_{\xi i}$
1	2,3	2	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$-0,9 \cdot 10^{-3}$	$0,81 \cdot 10^{-6}$	$1,620 \cdot 10^{-6}$
2	2,51	2	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$-0,69 \cdot 10^{-3}$	$0,476 \cdot 10^{-6}$	$0,952 \cdot 10^{-6}$
3	2,72	5	$13,6 \cdot 10^{-3}$	$-0,48 \cdot 10^{-3}$	$0,230 \cdot 10^{-6}$	$1,150 \cdot 10^{-6}$
4	2,93	5	$14,65 \cdot 10^{-3}$	$-0,27 \cdot 10^{-3}$	$0,073 \cdot 10^{-6}$	$0,365 \cdot 10^{-6}$
5	3,14	6	$18,84 \cdot 10^{-3}$	$-0,06 \cdot 10^{-3}$	$0,003 \cdot 10^{-6}$	$0,018 \cdot 10^{-6}$
6	3,35	8	$28,4 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$	$0,022 \cdot 10^{-6}$	$0,176 \cdot 10^{-6}$
7	3,56	9	$32,04 \cdot 10^{-3}$	$0,36 \cdot 10^{-3}$	$0,130 \cdot 10^{-6}$	$1,170 \cdot 10^{-6}$
8	3,77	5	$18,85 \cdot 10^{-3}$	$0,57 \cdot 10^{-3}$	$0,325 \cdot 10^{-6}$	$1,625 \cdot 10^{-6}$
9	3,98	2	$7,96 \cdot 10^{-3}$	$0,78 \cdot 10^{-3}$	$0,608 \cdot 10^{-6}$	$1,216 \cdot 10^{-6}$
10	4,19	1	$4,19 \cdot 10^{-3}$	$0,99 \cdot 10^{-3}$	$0,980 \cdot 10^{-6}$	$0,980 \cdot 10^{-6}$

Нормативна (гранична) швидкість зношування:

$$\xi_H = \frac{\xi_{CP} - \xi_{\min} \cdot k_{80} + 2 \cdot m \cdot \xi_{\min}}{2 \cdot m}, \quad (2.19)$$

де $\xi_{\min}$ – мінімальна швидкість зношування в партії контрольованих деталей, мм/тис. г.;

k_{80} – коефіцієнт функції розподілу швидкостей зношування, ухвалюємо залежно від m з [29] $k_{80} = 15,8$.

$$\xi_H = \frac{3,36 \cdot 10^{-3} - 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 15,8 + 2 \cdot 6 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 6} = 3,69 \cdot 10^{-3} \text{ мм / тис.г.} \quad (2.20)$$

Діаметр шийки колінчатого вала, що підлягає відновленню до номінального розміру:

$$d_{розр} = d_p - 2 \cdot \xi_H \cdot t = 79,730 - 2 \cdot 3,36 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 79,596 \text{ мм.} \quad (2.21)$$

Моделюючи процес зношування з використання присадки в масло швидкість зношування складає 2,85 10 мм/т. г. тоді діаметр шийки колінчатого вала, що підлягає відновленню до номінального розміру складе:

$$d_{розр}^{npuc} = d_p - 2 \cdot \xi_{Hnpuc} \cdot t = 79,730 - 2 \cdot 2,85 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 79,616 \text{ мм.}$$

Визначимо запас ресурсу:

$$T_{рес} = d_{розр}^{npuc} - d_{розр} = 79,616 - 79,596 = 0,02 \text{ мм.}$$

Таким чином видно, що використання присадок дає можливість заощадити 0,02 мм ресурсу колінчатого валу, що у відсотках становить 15 %.

2.3 Висновки до розділу

Результати розрахунків показують, що застосування антифрикційних присадок у оливу дозволяє знизити інтенсивність зношування шийок колінчастого вала на 15-20%, вкладишів - на 61%, тобто без розбирання вузла ми подовжуємо термін роботи вузла.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Характеристика масел та присадок до них

В роботі проведено дослідження присадки ХАДО яка додавалась в масло Castrol MAGNATEC 10W-40 A3/B4.

Посилена високотехнологічна присадка Xado (Хадо) Revitalizant EX120 + 12% (рис. 3.1) розроблена для ефективного відновного ремонту та надійного протизношувального захисту деталей бензинових двигунів і LPG моторів, що працюють на зрідженому природному газі.

Ревіталізатор рекомендується використовувати для всіх газових і бензинових двигунів, включаючи форсовані мотори і двигуни з турбонаддувом. Дієвість присадки полягає в формуванні спеціального металокерамічного покриття на поверхнях робочих механізмів двигуна. Дане покриття дозволяє відновити і захистити від зносу деталі циліндропоршневої групи, газорозподільного і кривошипно-шатунного механізмів [30].

Застосування продукту.

Етап 1. Прогріти мотор до робочої температури. Потім ввести вміст присадки в маслозаливний отвір, дотримуючись зазначеного дозування. Забезпечити роботу двигуна на холостому ході (приблизно 5-10 хвилин). Після обробки експлуатувати машину в штатному режимі;

Етап 2. Провести аналогічну обробку через 100-250 км пробігу;

Етап 3. Провести аналогічну обробку через 100-250 км пробігу.

Рекомендоване дозування наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1-Дозування присадки ХАДО

Об'єм масло системи двигуна, л	3-10	11-20	21-30
Кількість ревіталізанта (9 мл), шт	3	6	9
Схема поетапної обробки	1+1+1	2+2+2	3+3+3
Кількість ревіталізанта для нових двигунів, шт	2	4	6

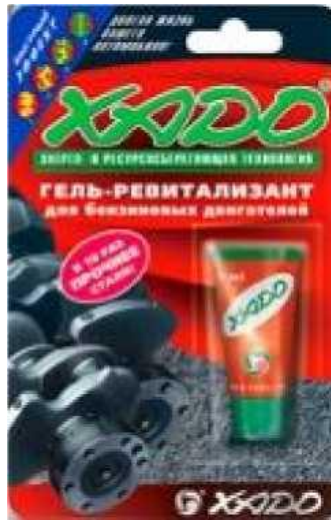


Рис. 3.1. Присадка Хадо

Масло Castrol MAGNATEC 10W-40 A3/B4 рис. 3.2.

Опис продукту. Castrol Magnatec 10W40 A3 B4 є напівсинтетичним засобом, виготовлене із сировини високої якості. В процесі експлуатації молекули масла покривають металеві поверхні захисним шаром, який з'єднується на тривалий час. При зупинці двигуна плівка не стікає надійно зберігає деталі від корозії [30].



Рис. 3.2. Масло Castrol MAGNATEC 10W-40 A3/B4

Скорочує знос в моменти запуску техніки, тим самим продовжуючи термін служби. Запобігає утворенню нагару і сажі в основній своїй масі. Зберігає свої властивості при низьких і критично високих температурах, а також підвищених навантаженнях.

Галузь застосування. Castrol Magnatec 10W40 A3 B4 призначене для

використання в автомобільній техніці, що працює в особливих умовах. Запобігає несправності в результаті застосування неякісного палива, а також може забезпечувати запуск в зимовий період. Застосовують в двигунах авто в режимі «старт-стоп», при частих зупинках і запусках в пробках мегаполісів.

Підходить для двигунів внутрішнього згорання, що працюють на основі бензинового і дизельного палива. Однак споживачам необхідно враховувати, що забороняється використовувати засіб в агрегатах мають додаткову систему очищення вихлопних газів. Схвалено виробниками європейської автомобільної техніки, основні показники наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2-Показники масла Castrol MAGNATEC 10W-40 A3/B4

Показник	Метод перевірки	Значення
Щільність при 15°C	ASTM D4052	0,869 г/мл
Кінематична в'язкість при 100°C	ASTM D445	14,2 мм ² /с
Кінематична в'язкість при 40°C	ASTM D445	96,2 мм ² /с
Індекс в'язкості	ASTM D2270	151
Динамічна в'язкість, CCS при -25°C	ASTM D5293	6000 мПа*с (сП)
Температура застигання	ASTM D97	-42°C
Температура спалаху (PMCC)	ASTM D93	205°C
Сульфатна зольність	ASTM D874	1,2 % масс.

3.2. Установка для випробувань

Випробування проводились на лабораторних установках: машині тертя МТ-4, та модернізованій машині тертя Тимкена та на автомобілі ВАЗ 21099.

Трибометр МТ-4 призначений для випробування фрикційних, антифрикційних і мастильних матеріалів на тертя і знос в широкому діапазоні режимів. Великий набір змінних пристосувань дозволяє виконувати різні схеми випробувань, які моделюють роботу трибоспряжень в вузлах тертя.

Установка може імітувати кочення, ковзання і кочення і ковзання

комбіновані руху під певним тиском контакту для завершення точки, лінії і площини моделювання випробувань. Вона може бути використана для оцінки тертя та знос ефективність мастила, металу, пластмаси, покриття, гуми, кераміки і т. д. Може застосовуватися з урахуванням потреб традиційних нафтохімічної промисловості і також для досліджень, розробки і перевірки стійкості до тертя з гідравлічним маслом, моторним маслом, трансмісійним маслом, при горінні моторного масла і трансмісійного масла. Також пара тертя може проходити випробування у сухому стані без антифрикційних добавок. Все це дозволяє повністю задовольнити потреби моделювання та оцінки при розробці нових матеріалів і проведенні нових технологічних досліджень. Технічна характеристика установки наведена в таблиці 3.3.

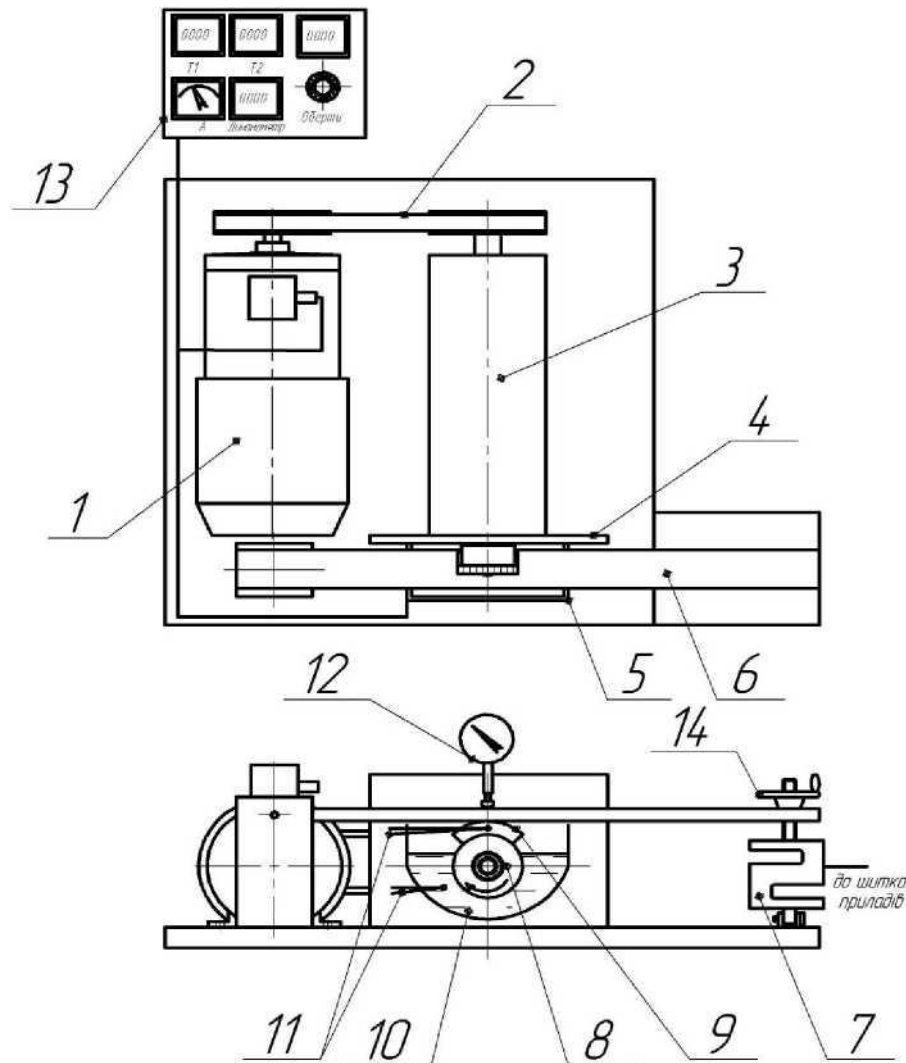
Таблиця 3.3- Технічна характеристика машини тертя МІ-4

Діапазон навантаження	10 ~ 1000Н (безступінчате)
Відносна похибка навантаження	$\pm 1\%$
Момент тертя	2,5 Н*м
Похибка моменту тертя	$\pm 2\%$
Швидкість обертання шпинделя	1 ~ 2000об/хв,
Випробувальне середовище	масло, вода, суспензії, абразивні рідини і т. д.
Діапазон регулювання температури	до 200 ° С
Максимальна відстань між шпинделем верстату і нижньої платформи фрикційної муфти	> 75 мм
Час випробування	10сек ~ 9999хв

Машина тертя Тимкена складеться з електродвигуна, ролика та навантажувального механізму (рис. 3.3). Модифікація машини Тимкена полягала в заміні сталевго блоку квадратного перетину на сталевий циліндр довжиною 24 мм і діаметром 8 мм.

Таким чином, відбувається тертя сталевго кільця по сталевому роликові.

Заміна блоку квадратного перетину на циліндричний дозволяє, за рахунок зменшення розмірів (площі) плями контакту, добитися більшого значення тиску в зоні тертя.



1 – електродвигун, 2 – пасова передача, 3 – підшипниковий блок, 4 – плита, 5 – чаша, 6 – навантажувальний важіль, 7 – динамометр, 8 – дисковий контр зразок, 9 – зразок, 10 – рідина, 11 – датчики температури, 12 – індикатор годинникового типу, 13 – вимірювальний блок, 14 – маховик.

Рис. 3.3. Установа для випробування присадок

Пристрій працює наступним чином. Попередньо підготовлений зразок 9 встановлюється у тримач навантажувального важеля 6 і опирається на дисковий контр зразок 8 який встановлений на вал підшипникового блоку 3, до зразка 9 і у

чашу 5 встановлено датчики температури 11, за необхідності чаша 5 заповнюється рідиною 10 потім вмикається електродвигун 1 і обертає вал підшипникового блоку 3 за допомогою пасової передачі.

Далі зразок 9 притискається до дискового контр зразка 8, зусилля притискання регулюється обертанням маховика 14, а контролюється динамометром 7, далі знімаються показники експерименту за допомогою вимірювального блоку 13. Вимірювальний блок 13 містить табло контролю температури, регулятор обертів електродвигуна 1, а також табло яке показує прикладене навантаження. Контроль лінійного зносу відбувається за допомогою індикатора годинникового типу 12.

На установці можливе випробування зразків як на суху так і з зануренням у рідину.

Машина тертя вдало пройшла випробування на кафедрі "Надійності і ремонту машин" Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Також на машину тертя отримано патент № 144310.



Рис. 3.4. Машина тертя

До машини тертя також додані системи реєстрації даних температури й виміру електричної потужності, що споживається електродвигуном машини тертя. Значення температури в зоні тертя й електричної потужності, прямо пропорційної витраті потужності на подолання роботи сил тертя, є важливими додатковими параметрами. Така конструкція є більш вдалою установкою, і результати випробувань несуть найбільш інформативний характер.

3.3. Результати досліджень

На чотири кульковій машині тертя МТ-4 досліджувалась зміна моменту тертя у з'єднанні рис.3.5.



Рис. 3.5. Залежність моменту тертя від часу роботи з'єднання

Також було проведено дослідження інтенсивності зношування деталей пари тертя. Дослідження проводились ваговим методом, шляхом зважування зразків до і після проведення випробувань (рис. 3.6, 3.7).

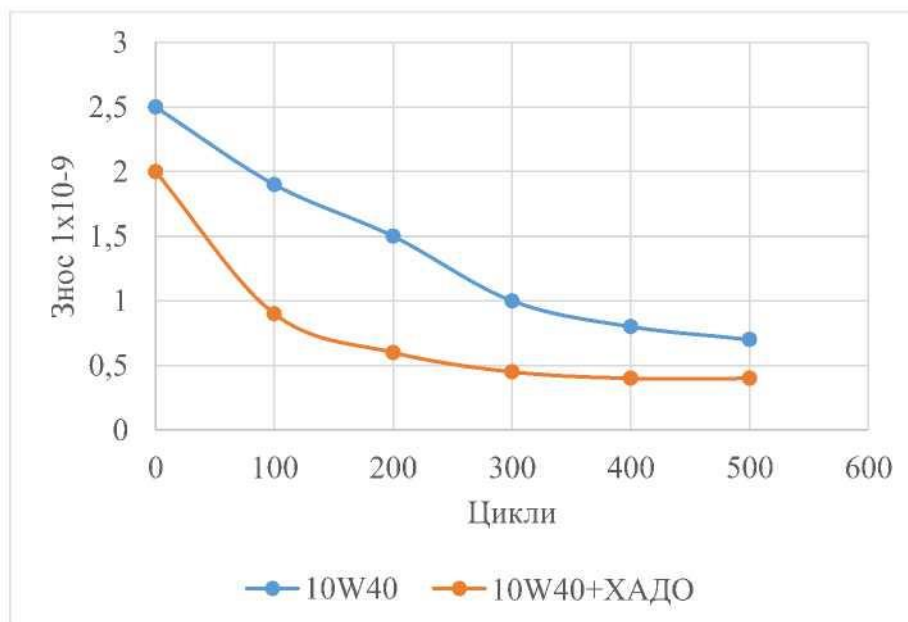


Рис. 3.6. Інтенсивність зношування зразків з чавуну СЧ

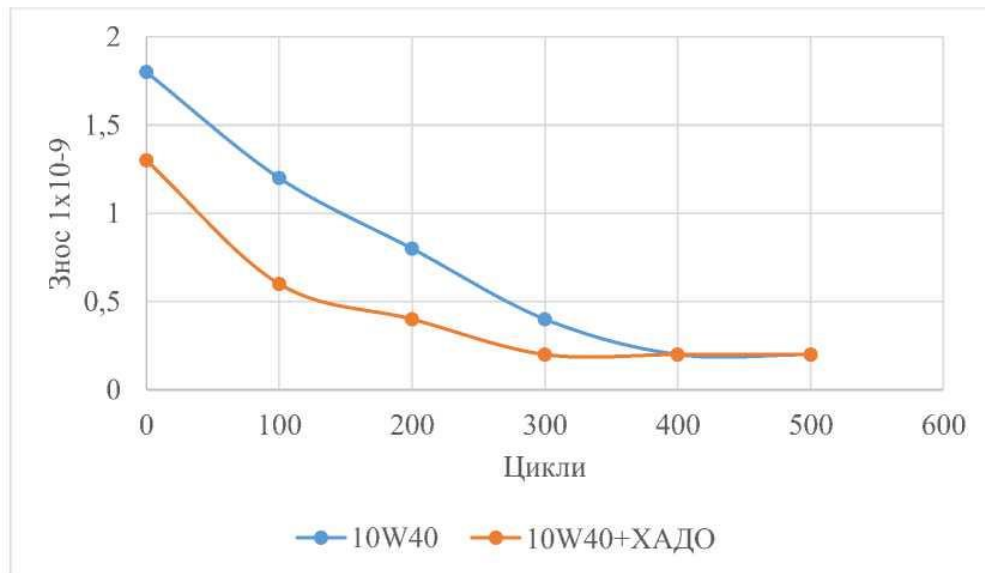


Рис. 3.7. Інтенсивність зношування зразків зі сталі 45

На машині тертя було досліджено зміну коефіцієнта тертя у парі тертя. Випробування проводились на чистому маслі і на маслі з додаванням присадки ХАДО.

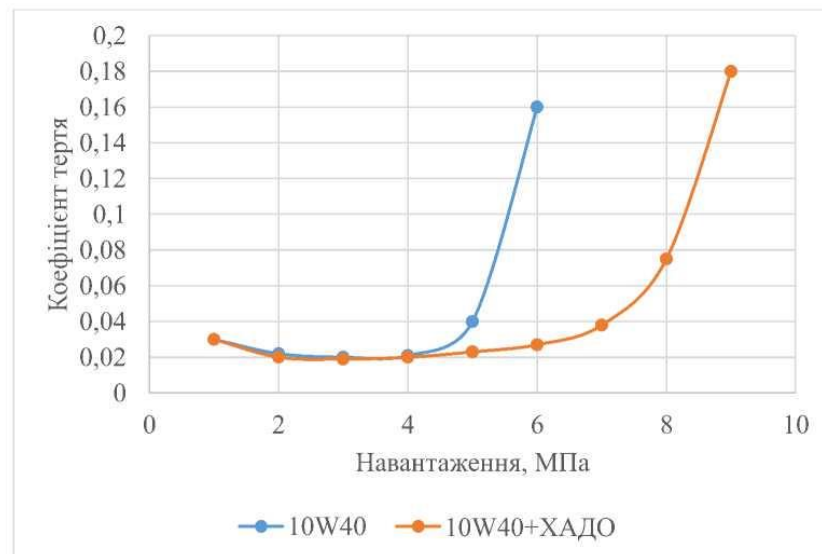
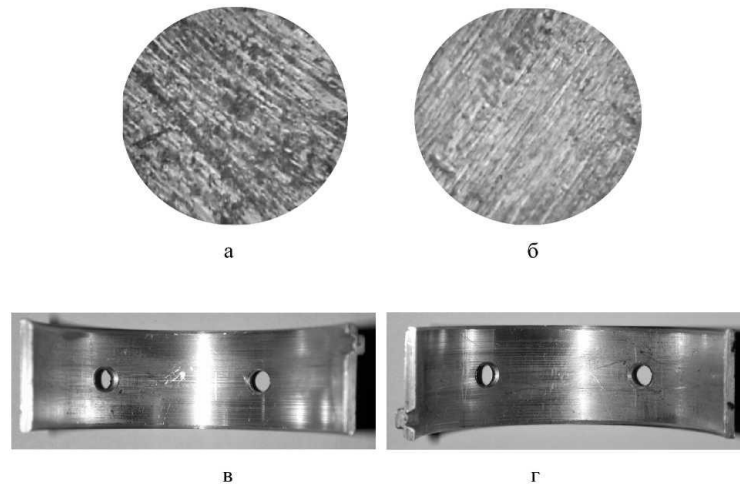


Рис. 3.8. Зміна коефіцієнта тертя в залежності від використання присадки ХАДО

За результатами досліджень було встановлено зниження коефіцієнту тертя з 0,08 на чистому маслі до 0,06 на маслі з додаванням присадки. Також спостерігалось зниження інтенсивності зносу зразків з використанням присадки в 1,38-1,45 рази. Проведена оцінка концентрації продуктів зносу в маслі, за методикою

[31], вказала на зниження вмісту продуктів зносу в маслі на 12-15% .

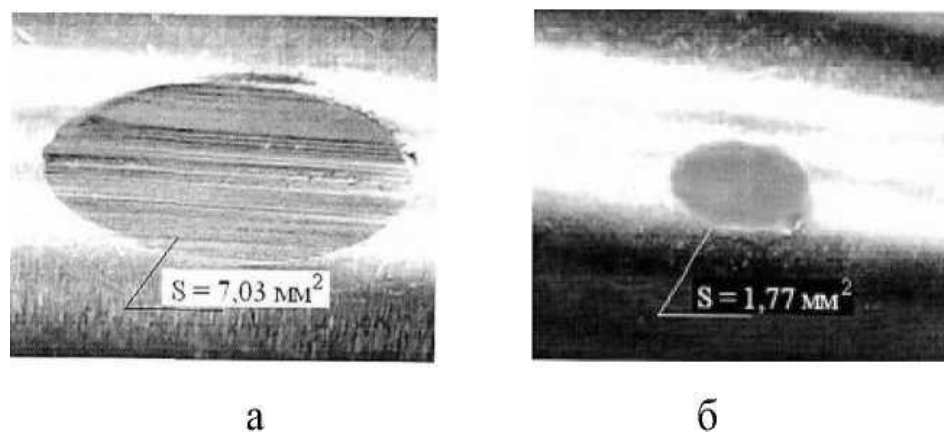
Про позитивний вплив присадки на мастильні властивості масла свідчать і збільшені фото поверхонь тертя (рис.3.9), а також фото відбитків зносу на роliках(3.10).



а-масло без присадки, б-масло+присадка (збільшення x50); в-масло без присадки,
г-масло+присадка

Рис. 3.9. Сліди зносу поверхонь тертя

Як видно з фотографій, подряпин на деталях які працювали на маслі з присадкою значно менше, вони дрібні і не глибокі, це свідчить про поліпшення мастильних властивостей масла і вказує на доцільність використання присадок до масла.



а – знос зразка на базовому маслі, б – знос зразка базове масло + присадка

Рис. 3.10. Відбитки на роliках машини тертя



а



б



в

а – без добавки РВП, б – початок нанесення РВП, в – зароблювання тріщин РВП.

Рис. 3.11. Сліди зносу зразка

Також присадка дала суттєве вирівнювання компресії в циліндрах двигуна автомобіля ВАЗ 21099 об'ємом 1500 см³. Обробка проводилась по схемі 1+1+1 тобто 3 обробки згідно рекомендацій виробника. Ефект вирівнювання почав спостерігатись при пробігу 520 км, на рис. 3.11 та 3.12 наведено замір компресії та компресію в циліндрах при пробігу 1800 км.



Рис. 3.12. Забір компресії компреси метром

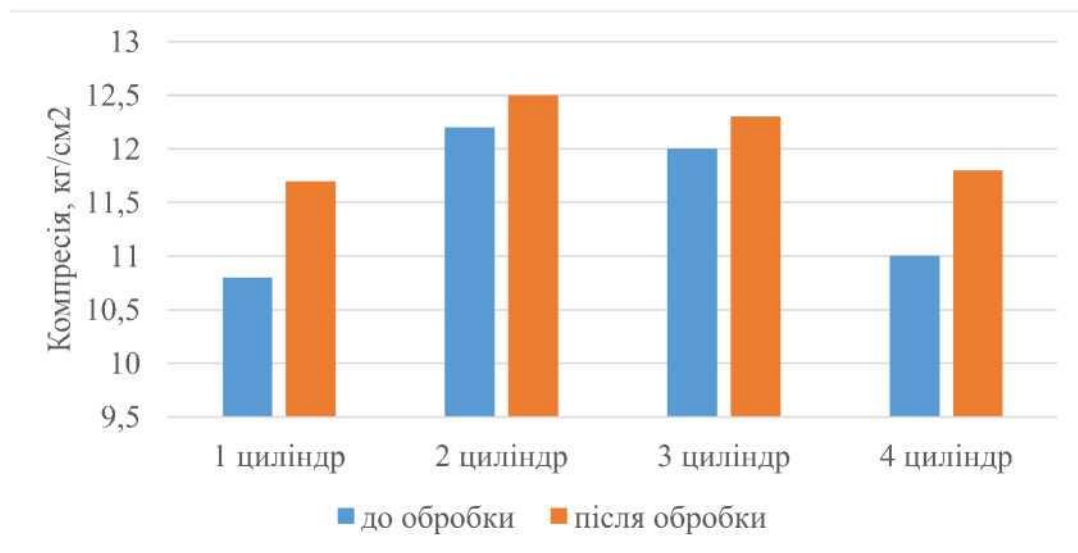


Рис. 3.13 Діаграма компресії в циліндрах двигуна автомобіля ВАЗ 21099 до присадкою та після

Аналізуючи діаграму можна сказати, що присадка дещо підвищила компресію в циліндрах двигуна, а головне вирівняла її.

3.4 Висновки до розділу

Виходячи із представленої інформації, можна зробити наступні висновки:

- проблема підвищення зносної довговічності робочих поверхонь тертя автотракторних двигунів є актуальною;
- дослідження процесів впливу антифрикційних препаратів на вузли тертя двигунів вивчено недостатньо;
- дослідженнями встановлено, що при використанні присадок знижується коефіцієнт тертя на 4...12%, відбувається ефект відновлення, знижується витрата палива на 7...11%.

При використанні присадок збільшується несуча здатність підшипників колінчастого валу в 1,3 – 1,4 рази.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці ТО та діагностування машин і агрегатів

Приватне підприємство має декілька напрямків роботи і один із них це сервісне обслуговування машин. Тому розглянемо роботу дільниці ТО та діагностування на якій проводяться роботи пов'язані з моєю магістерською роботою, а саме обробка агрегатів і механізмів присадками та добавками до масел з метою подовження терміну їх роботи.

Основні шкідливі та небезпечні фактори на дільниці це:

- нафтопродукти,
- вихлопні гази,
- пожежонебезпека.

Нафтопродукти. Токсичність нафтопродуктів і газів, що виділяються з них, визначається, головним чином, сполученням вуглеводнів, що входять у їхній склад. Особливості впливу пару нафтопродуктів пов'язані з їхнім складом. Найбільш шкідливої для організму людини є комбінація вуглеводню й сірководню. У цьому випадку токсичність проявляється швидше, ніж при їхній ізольованій дії.

Шкідливий вплив рідкі нафтопродукти роблять на шкіру. При систематичному контакті шкіри з мастилами та присадками вони викликають некроз тканин, можливі фолікулярні ураження («масляні» або «гасові» вугри), гнійничкові захворювання шкіри й підшкірної клітковини, а також екземи й пігментних дерматитів, при влучанні в очі - помутніння роговиці, при потраплянні в око пиловидних присадок (їх більшість) можливе механічно - хімічне пошкодження роговиці ока.

Вплив нафтопродуктів на органи дихання. Масла як з присадками так і без них у звичайних умовах практично не випаровуються, тому їхня шкідлива дія на

організм людини проявляється при влучанні на відкриті ділянки тіла або при роботі в одязі, просоченому ними, а також при вдиханні масляного туману або їх парів. Інгаляційні отруєння мастилами рідкі, однак небезпека збільшується, якщо в складі масел багато легких вуглеводнів або при утворенні масляного туману. Пари ароматичних вуглеводнів у високих концентраціях мають наркотичну дію. Ситуації, які сприяють інгаляційному влучанню отрут в організм, утворюються, наприклад, при чищенні ємностей з-під нафтових масел або при знаходженні в закритих приміщеннях з високою температурою при наявності в повітрі масляного туману.

Пари нафтопродуктів в великих концентраціях можуть викликати параліч дихальних центрів центральної нервової системи й практично миттєву смерть, у менших концентраціях вони роблять виражену наркотичну дію. Симптоми отруєння неспецифічні: загальна слабкість, сильні головні болі, запаморочення, трахеобронхит. Описано блискавичні форми отруєння з летальним результатом. У цих випадках вага отруєння пов'язана з дією сірководню, що утвориться при наявності в оливах сірчистих з'єднань. Дані про онкологічну захворюваність, зв'язаної безпосередньо із впливом нафтопродуктів, досить суперечливі. Доведено, що при впливі на організм нафти й нафтопродуктів чоловіка належать до групи ризику захворювань раком легень, гортані, губи, а жінки - раком легень, товстої кишки, молочної залози й полових органів.

Вплив вихлопних газів на організм людини. Вихлопні гази автомобіля чи трактора можуть завдати шкоди здоров'ю, і досить серйозної. Насамперед, оксид вуглецю або чадний газ, не має смаку й запаху, але при високій концентрації викликає запаморочення, головний біль, нудоту, може приводити до непритомностей. Сірчастий бензин і створюваний їм оксид сірки – одна із причин сильного запаху вихлопних газів. Справа в тому, що молекули диоксида сірки дуже відчутно впливають на нюхові рецептори, тому цей запах відчувається навіть при невисокій концентрації.

Шкоду від вихлопних газів трактора, автомобіля багато в чому пояснюють канцерогени – сажа й бензопирен, які сприяють розвитку пухлин, особливо -

злоякісних.

Вплив вихлопних газів при тривалому контакті приводить до смерті, зокрема — від отруєння конкретно чадним газом. Найбільша небезпека цих викидів полягає в їхній кількості, поширеності й дрібному розмірі часток, що дозволяє вихлопам проходити через природні бар'єри організму й попадати в легені. При постійному впливі вихлопних газів на організм може розвиватись імунodefіцит, бронхіти, страждають судини головного мозку, нервова система й інші органи. Крім того, більша частина токсичних речовин, що входять до складу вихлопних газів, може взаємодіяти один з одним і з іншими компонентами атмосфери, що сприяє утворенню смогу.

Пожежна небезпека виникає в разі розливу нафтопродуктів та їх нагріванні (наприклад потрапляння нафтопродуктів на випускний колектор двигуна під час його роботи).

4.2. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Захист від дії нафтопродуктів слюсарів-діагностів та мастильників які працюють на дільниці відбувається наступним чином: по-перше дільниця повинна бути оснащена вентиляцією, як загальнообмінною так місцевою, щоб видаляти випарування нафтопродуктів. Заправка агрегатів маслом і злив масла повинні відбуватись за допомогою спеціальних пристроїв, що оснащені лійками-забірниками та ємностями. Працювати необхідно в гумових рукавицях згідно ДСТУ EN 420:2017.

На робочих м'ясцях не допускається зберігання забрудненої ветоші, та відкритих ємностей з маслом та мастилами.

На дільниці ТО та діагностування під час проведення обробки агрегатів присадками приходить ся запускати двигун і чекати щоб він певний час пропрацював, як наслідок викиди вихлопних газів в приміщення дільниці. Для уникнення загазованості дільниці необхідно її оснастити спеціальними гоф-

рованими шлангами які одягаються на вихлопну трубу і виводять гази за межі дільниці. Якщо повного видалення газів уникнути не вдається треба увімкнути вентиляцію на дільниці та періодично провітрювати її. Забороняється при обробці двигуна присадками знаходитись у оглядовій канаві бо чадний газ важкий і він осідає на підлогу. Співробітникам дільниці підвернені постійному впливі вихлопів варто різноманітнити своє меню антиоксидантами, які втримуються в ягодах, фруктах, зелених овочах і зеленому чаї, а також у насінні і пити більше води, тому що вона сприяє детоксикації.

Про дію присадок до олив майже нічого не відомо, тому в багатьох спеціалізованих технічних журналах рекомендують не нехтувати мірами безпеки при роботі з присадками.

При виробництві, експлуатації та утилізації присадок на людину та навколишнє середовище діють шкідливі та небезпечні фактори, які наведені в організаційній карті по безпечній роботі з присадками таблиця 4.1.

Таблиця 4.1. Організаційна карта безпечної роботи з присадками

Час дії	Шкідливий, небезпечний фактор	Засоби захисту
1	2	3
Виробництво	Ураження дихальних шляхів складовими присадки. Хімічні опіки як шкіри так і дихальних шляхів. Потрапляння пилу в організм та очі, шкідливе потрапляння.	1. При подрібненні компонентів обов'язково користуватись засобами захисту дихальних шляхів респіраторами – Р-2 «Пелюсток» згідно [36, 37]. 2. Приміщенні повинно бути обладнане загальнообмінною та місцевою вентиляцією. 3. Змішування компонентів присадки проводити в спеціальній машині ІКА DBI серія 2000. 4. При потраплянні на шкіру швидко промити протоковою водою та спеціальним розчином Liqui Moly CeraTec.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
		5. При потраплянні в очі промити водою і звернутись до лікаря (офтальмолога
Експлуатація	При частій дії на шкіру можливий розвиток екземи. Подразнення шкіри та викликання алергічної реакції. Потрапляння в дихальні шляхи (з парами оливи) і як наслідок отруєння. потрапляння в очі – механічне пошкодження роговиці та опіки.	1. При доливанні присадки в оливу користуватись технічними гумовими рукавицями тип 2 ДСТУ EN 420:2017 [38]. 2. При підігріві присадки робоче місце повинно бути обладнане місцевим відсосом (котушкою SERF-150-7.5/SP). 3. Категорично забороняється підігрівати флакони з присадкою на нагрівальних приладах. 4. Використані флакони і пакети з під присадок зберігати в спеціально відведеному місці та утилізувати згідно рекомендацій виробника.
Утилізація	Потрапляння на шкіру з використаних флаконів, та упаковок. Дія на шкіру, дихальні шляхи та очі разом з оливою.	1. Категорично забороняється зпалювати коробки та флакони з під присадки. 2. Утилізацію проводити з суворим дотриманням правил та рекомендацій виробника. 3. При зборі та утилізації упаковок працювати в технічних гумових рукавицях тип 2 ДСТУ EN 420:2017 [38].

Для забезпечення безпечної роботи пропонується дотримуватись правил роботи з присадками згідно заходів розроблених у пункті 4.3.

4.3. Правила безпечного виконання робіт при мащенні автомобіля на дільниці ТО та діагностування

Мастильник автомобіля (далі мастильник) інструктується перед початком роботи (первинний інструктаж), а потім через кожні 3 місяці (повторний інструктаж).

До виконання обов'язків мастильника допускаються особи не молодше 18 років, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж з пожежної безпеки та інструктаж на робочому місці.

Мастильник повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт та по якій він проінструктований;
- не допускати на робоче місце сторонніх осіб;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці і відповідальність за товаришів по роботі;
- вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;
- вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим.
- не захаращувати робоче місце, проходи, підходи та інше.

Забороняється користуватися інструментом, обладнанням та устаткуванням, поведженню з якими мастильник не навчений та не проінструктований.

Мастильник повинен працювати в спеціальному одязі, а у разі потреби використовувати інші засоби індивідуального захисту.

Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях.

Мастильник під час роботи повинен бути уважним, не відволікатися на сторонні справи і розмови. Мастильник повинен дотримуватися правил особистої гігієни. По закінченні роботи, перед прийомом їжі або палінням необхідно мити руки з милом.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи мастильник повинен:

- Підготувати та надягти необхідні для роботи засоби індивідуального захисту. Застібнути манжети рукавів спеціального одягу.
- Оглянути та підготувати робоче місце, забрати всі зайві предмети, не захааращуючи при цьому проходи.
- Перевірити стан підлоги на робочому місці. Якщо підлога слизька або волога, вимагати, щоб її витерли або посипали тирсою, або зробити це самому.
- Перевірити наявність та справність інструмента, пристосувань та обладнання, а також засобів пожежогасіння.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

Під час роботи мастильник повинен:

Виконувати мастильно-заправні роботи тільки на спеціальних місцях, призначених для цієї мети.

Під час зняття та установки деталей системи змащення правильно накладати ключ на гайку, не підтягувати гайку ривком.

У разі роботи під піднятим кузовом самоскида попередньо установити під нього додаткове інвентарне пристосування (упор, штангу, фіксатор).

Під час перевірки рівня мастила або рідини в агрегатах користуватися тільки переносним світильником напругою не вище 42 В, обладнаним захисною сіткою. Користуватися для цієї мети відкритим вогнем забороняється.

При зміні або долівці мастила або рідини в агрегати зливальні та заливні пробки відвертати тільки призначеними для цього ключами.

Відпрацьовані мастило, рідину зливати в спеціальну тару.

Несправні прес-масельнички замінити новими, але тієї ж конфігурації.

Важкодоступні місця автомобіля змащувати за допомогою наконечників із гнучкими шлангами або наконечників із шарнірами.

Для роботи попереду та позаду автомобіля і для переходу через оглядову канаву користуватися перехідними містками, а для спуска в оглядову канаву та

підйому з неї - спеціально встановленими там сходами.

Всі агрегати з електроприводом, що застосовуються при змащуванні, підключати до мережі за допомогою вилки, що має подовжений заземлюючий контакт.

Використаний обтиральний матеріал забирати в спеціально встановлені для цієї мети металеві шухляди з кришками. Пролиті на підлогу мастило або бензин негайно видаляти за допомогою тирси, тощо. Стежити за тим, щоб шланги мастильно-заправного устаткування не перепліталися і не заважали ходити.

Забороняється:

- працювати без фіксуючих інвентарних пристосувань під піднятим кузовом самоскида;
- застосовувати прес-масельнички несправні або іншої конфігурації;
- провертати карданний вал за допомогою лому або монтажною лопатки;
- здійснювати пуск двигуна самому, якщо на це немає письмового дозволу.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

По закінченні роботи мастильник зобов'язаний:

Відключити електрообладнання.

- Упорядкувати робоче місце. Інструмент, пристосування та устаткування очистити від змащення та бруду і скласти у відведене для них місце.
- Зняти засоби індивідуального захисту і скласти їх у призначене для них місце. Вчасно здавати спеціальний одяг та інші засоби індивідуального захисту в хімчистку (прання) і ремонт.

4.4. Висновки до розділу

Було встановлено структуру служби охорони праці підприємства та досліджено її стан, який знаходиться на задовільному рівні.

Досліджено та виявлено можливі шкідливі та небезпечні фактори на ділянці при обробці машин, агрегатів присадками. Досліджено вплив різних чинників на людину та навколишнє середовище. Розроблено заходи з запобігання дії шкідливих та небезпечних факторів.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

Проведено техніко-економічний розрахунок показників роботи майстерні після реконструкції (організація технології відновлення агрегатів присадками) підприємства організованої на площі 512 м², за рахунок добудови частини майстерні. Трудомісткість проведення робіт у відділенні складає 12873 люд.-год., що відповідає 43 умовним ремонтам.

Для реконструкції майстерні підприємства необхідне сучасне ремонтно - технологічне обладнання, а також планується розширення номенклатури виконуваних робіт на, що необхідні додаткові площі. Додаткові площі отримуємо за рахунок використання складу запасних частин та проведення його реконструкції. Вартість всіх цих заходів становить 273100,00 грн.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 5.1.

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники [39]:

– Вартість проведених ремонтів становить:

$$B_{np} = Q \cdot C_{1ум.рем.}, \quad (5.1)$$

$$B_{np}^{\delta} = 39 \cdot 14360,00 = 560040,00 \text{ грн.}$$

$$B_{np}^{np} = 42,9 \cdot 16400,00 = 703560,00 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 – Вихідні данні для розрахунку техніко-економічних показників проекту

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий	Проектний
1	2	3	4
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	39	42,9
Вартість 1 ум. рем, грн.	C _{1ум рем}	14360,00	16400,00

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
Кількість основних робітників, осіб	$K_{пр}$	5	6
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	$ЗП_{ср}$	3520,00	4800,00
Вартість діючого обладнання (балансова), грн.	$Б_d$	123000,00	
Вартість придбаного обладнання, грн.	$Б_{пр}$	—	167500,00
Вартість будівлі за балансом, грн.	$Б_{буд}$	58750,00	—
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію ділянки, грн.	$Б_{рек}$	—	105600,00
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	$Q_{ел}$	28650	36200
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	$Ц_{ел}$	1,99	1,99

– Експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB = ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

де $ЗП$ – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ел}$ – вартість електроенергії, грн.;

$B_{рем}$ – витрати на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО), грн.

Заробітна плата з нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{ср} \cdot K_{пр} \cdot 12, \quad (5.3)$$

де 1,22 – коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну платню;

$ЗП$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

K – кількість основних робітників, осіб;

12 – кількість місяців.

$$ЗП^6 = 1,22 \cdot 3520,00 \cdot 5 \cdot 12 = 257664,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 4800,00 \cdot 6 \cdot 12 = 395280,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання визначаються:

$$A = A_{обл} + A_{б}, \quad (5.4)$$

де $A_{обл}$ – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

$A_{б}$ – витрати на амортизацію будівлі, грн.

Витрати на амортизацію обладнання визначаються:

$$A_{обл}^б = \frac{B_{обл} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{123000,00 \cdot 21,93}{100} = 26973,90 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$A_{обл}^{np} = \frac{B_{обл} + B_{np} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{(123000,00 + 167500,00) \cdot 21,93}{100} = 63706,65 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де $B_{обл}$ – балансова вартість обладнання, грн.

B_{np} – вартість придбаного обладнання, грн.

$\lambda_{обл}$ – норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл} = 21,93\%$.

Витрати на амортизацію будівлі визначаються:

$$A_{б}^б = \frac{B_{б} \cdot \lambda_{б}}{100} = \frac{58750,00 \cdot 7,76}{100} = 4559,00 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$A_{б}^{np} = \frac{B_{б} + B_{орг} \cdot \lambda_{б}}{100} = \frac{(58750,00 + 105600,00) \cdot 7,76}{100} = 12753,56 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де B – балансова вартість будівлі, грн.;

B – витрати на реконструкцію майстерні та організацію ділянки, грн.

$\lambda_{б}$ – норма амортизації будівель, $\lambda = 7,76\%$.

Тоді загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A_{б} = 26973,90 + 4559,00 = 31532,90 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = 63706,65 + 12753,56 = 76460,21 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot \Pi_{ел}, \quad (5.9)$$

$$B_{ел}^{\delta} = 28650 \cdot 1,98 = 56727,00 \text{ грн.}$$

$$B_{ел}^{np} = 36200 \cdot 1,98 = 71676,00 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування визначаються:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.10)$$

$$B_{рем}^{\delta} = \frac{31532 \cdot 30}{100} = 9459,87 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{76460,21 \cdot 30}{100} = 22938,06 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{3\Pi + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100}, \quad (5.11)$$

$$IB^{\delta} = \frac{257664,00 + 31532,90 + 56727,00 + 9459,87 \cdot 3}{100} = 10661,51 \text{ грн.}$$

$$IB^{np} = \frac{395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 \cdot 3}{100} = 16990,63 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB^{np} = 395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 + 16990,63 = 583344,90 \text{ грн.}$$

$$EB^{\delta} = 257664,00 + 31532,90 + 48132,00 + 9459,87 + 10661,51 = 366045,28 \text{ грн.}$$

– Повна собівартість проведених ремонтів становить:

$$ПС^{\delta} = (EB + B_K) \cdot 1,02, \quad (5.12)$$

$$ПС^n = EB \cdot 1,02, \quad (5.13)$$

де B – витрати на роботи виконані за кооперацією, за даними господарства, грн.

$$ПC^{\sigma} = EB + B_K \cdot 1,02 = 366045,28 + 160200,00 \cdot 1,02 = 536770,18 \text{ грн.}$$

$$ПC^{np} = EB^{np} \cdot 1,02 = 583344,90 \cdot 1,02 = 595011,80 \text{ грн.}$$

– Загальний прибуток становить:

$$П = B_{np} - ПC, \quad (5.14)$$

$$П^{\sigma} = 560040,00 - 536770,18 = 23269,82 \text{ грн.}$$

$$П^{np} = 703560,00 - 595011,80 = 108548,20 \text{ грн.}$$

– Приріст прибутку становить:

$$П = П^{np} - П^{\sigma} = 108548,20 - 23269,82 = 85278,38 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

– Рівень рентабельності становить:

$$P = \frac{П \cdot 100}{ПC}, \quad (5.16)$$

$$P^{\sigma} = \frac{23269,82 \cdot 100}{536770,18} = 4,3\%$$

$$P^{np} = \frac{108548,20 \cdot 100}{595011,80} = 18,2\%$$

– Обсяг додаткових капітальних вкладення становить:

$$B = B_{np} + B_{орг} + 167500,00 + 105600,00 = 273100,00 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

– Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить:

$$T_o = \frac{B}{П} = \frac{273100,00}{85278,38} = 3,2 \text{ років} \quad (5.18)$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проекту

Показники	Базовий	Проектний
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	—	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	56727,00	71676,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн..	10661,51	16990,63
Повна собівартість продукції, грн	536770,18	595011,80
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20
Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	—	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, років	—	3,2

Висновки по розділу

Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вивчення літературних даних показало, що підвищити працездатність робочих поверхонь сполучення „вкладиш — шийка колінчастого вала” можна шляхом застосування антифрикційних присадок у моторну оливу.

2. Розрахунково-аналітичним аналізом встановлено, що при певному сполученні навантаження й частоти обертання колінчастого вала у підшипниках ковзання шатуна виникає «критичний» режим, при якому відносний ексцентриситет $\lambda = 1$ і можливе заїдання робочих поверхонь. Ймовірність «критичного» режиму становить 4 - 6% від наробітку двигуна.

3. Введення в моторну оливу антифрикційних-відновлюючих присадок ХАДО збільшують несучу здатність підшипників колінчастого вала в 1,3 — 1,4 рази, що істотно зменшує зношування вала й вкладиша в періоди торкання робочих поверхонь.

4. Лабораторні дослідження пари третя «вал - сплав АСМ» показали, що при додаванні в оливу антифрикційних добавок навантаження схоплювання поверхонь збільшується для: РВС - на 42%, ХАДО – на 71%, Феном- 64, %.

5. Стендовими випробуваннями двигуна встановлено, що при додаванні в моторну оливу присадки РВС зменшуються механічні втрати в 1,4 рази і відбувається часткове відновлення зношеної частини з'єднання.

Грунтуючись на даних, отриманих у процесі проведення лабораторних експериментів і стендових випробуванні, можна зробити висновки, що застосування антифрикційних добавок у оливу автотракторних ДВЗ є діючим методом безрозбврного підвищення довговічності пар третя ДВЗ.

6. Дослідженнями встановлено, що при використанні присадак знижується коефіцієнт третя на 4...12%, відбувається ефект відновлення, знижується витрата палива на 7...11%.

При використанні присадок збільшується несуча здатність підшипників колінчастого валу в 1,3 – 1,4 рази.

7. Впровадження заходів з охорони праці дозволять уникнути травмувань

робітників. Створення гідного мікроклімату в приміщенні майстерні підвищить продуктивність працівників та якість ремонту.

8. Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток підприємства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк В.Д. Технічний сервіс – як засіб розв’язання проблем надійності сільськогосподарської техніки / Войтюк В.Д., Демко, А.А., Демко, О.А. // Техніка АПК. № 6 -7. 2004.- С.37-38.
2. Проблема зберігання сільськогосподарської техніки [Електронний ресурс] / Я.Михайлович, О. Романюк, А. Рубець, А. Засунько // Пропозиція – Режим доступу до ресурсу: <http://propozitsiya.com/ua/problema-zberigannya-silskogospodarskoyi-tehniki>.
3. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
4. Дорошенко О. В. Обґрунтування методів та параметрів діагностування паливних систем мобільних сільськогосподарських машин / О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Nowy sposób rozwoju Inżynieria i Technologia" Sp. z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. – 2017. – С. 44–50.
5. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки / Козаченко О.В. - Харків. :Торнадо,2000.-192с.
6. Войтюк В.Д., Демко А.А., Надточій О.В. та ін. Структура і загальні положення концепції технічного сервісу енергонасиченої с.-г. техніки. Вісник. Харків ДТУСГ. Підвищення надійності відновлених деталей машин - Вип. 15 Харків, 2009. -214-222.
7. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (Частина І)/ Войтюк, Д.Г., Надточій, О.В. , Войтюк, В.Д., Демко, А.А., Демко, О.А. // Науковий вісник НУБіП України, 144 (4).
8. Системно-спрямований підхід до розробки технологій безрозбірного відновлення спряжень деталей / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, В. В. Гриньків [та ін.] // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання", 21-22 лют. 2019 р., м. Київ, Україна / М-во освіти і

науки України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - К. : НУБіП, 2019. - С. 94-96.

9. Вплив фулерено-вмісних олив на фізико-механічні властивості поверхні тертя спряжень деталей / В. В. Аулін, О. Д. Деркач, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків // Проблеми трибології. - Хмельницький : ХНУ, 2018. - № 4. - С. 6064.

10. Статистичний бюлетень: наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2019 р. / відп. за вип. О.М. Прокопенко. –К. : Держкомстат України, 2019. –190 с.

11. Погорілий В. Стан технічного забезпечення аграрного сектора України та основні напрями технічної політики на сучасному етапі / Погорілий В., Грицишин М., Гринько П. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. праць. Випуск 8 (22), кн.1. – Дослідницьке: УкрНДПБТ, 2005. – С. 22-28.

12. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки / Козаченко О.В. - Харків. :Торнадо,2000.-192с.

13. Терехов В. Ю. Визначення технічного стану моторного масла та його вплив на трибоспрямлення двигуна / В. Ю. Терехов, Є. В. Калганков, В. І. Дирда. // Zbiór raportów naukowych. „ Inżynieria i technologia. 2014. osiągnięć, projekty hipotezę. „ Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour». – 2014. – С. 102–105.

14. Шимчук С.П. Метод дослідження протизносних властивостей мастильних матеріалів при радіальних коливаннях валу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / С.П. Шимчук .Київ – 2008 16 с.

15. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах [Навчальний посібник] / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.

16. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.

17. Castrol Magnatec [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.castrol.com/ru_ua/ukraine/products/cars/engine-oils/castrol-magnatec-](https://www.castrol.com/ru_ua/ukraine/products/cars/engine-oils/castrol-magnatec)

brand.html.

18. Мельянцов П.Т. Оцінка технічного стану робочої рідини агрегатів гідроприводу трансмісії кормо та зернозбиральних комбайнів умовах експлуатації / П.Т. Мельянцов, Є.В. Калганков, О.І. Кириленко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. – № 2. – С. 86 - 90.

19. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

20. НПА ОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".