



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»



МАГІСТЕРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення методу експрес-діагностування технічного стану
дизелів с.-г. машин у СФГ «ЛИЧУК» с. Нова Павлівка,
Кропивницький район, Кіровоградська область»

Виконав:

магістрант групи

(шифр групи)

_____ Ігор ІГНАТОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник:

к.т.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Станіслав КАТЕРИНИЧ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»
Освітньо-професійна програма: «Технічний сервіс сільськогосподарської техніки»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Ігнатову Ігорю Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення методу експрес-діагностування технічного стану дизелів с.-г. машин у СФГ «ЛИЧУК» с. Нова Павлівка, Кропивницький район, Кіровоградська область»

керівник роботи Катеринич Станіслав Євгенійович, К.Т.Н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові) (науковий ступінь) (учасна посада)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» _____ 2024 року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи «__» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали дослідницької практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Розділ 1. Характеристика виробничої діяльності СФГ «Личук». Роль і місце діагностування машин під час їх технічного обслуговування. Види діагностування і параметри технічного стану сільськогосподарських машин. Актуальність теми магістерської дипломної роботи. Висновки по розділу 1.

4.2 Розділ 2. Роль змащувальних матеріалів у забезпеченні надійності сільськогосподарських машин. Відомі методи аналізу моторного мастила автотракторних двигунів в процесі їх експлуатації. Аналіз міні-лабораторій, засобів і тест-наборів для здійснення експрес-діагностування показників якості моторного мастила. Метод діагностування агрегатів машин за параметрами працюючих мастил. Сучасні вимоги до засобів експрес-аналізу властивостей

мастил. Обґрунтування необхідності вдосконалення відомих методів експрес-діагностування. Висновки по розділу 2.

4.3 Розділ 3. Показники якості моторних мастил. Удосконалення експрес-методів визначення вмісту палива в моторному мастилі. Висновки по розділу 3.

4.4 Розділ 4. Техніко-економічна ефективність моніторингу стану мастила використанням методу експрес-діагностування. Висновки по розділу 4.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: Схема ролі діагностування машин в сільському господарстві. Методи підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей, вузлів тертя агрегатів машин. Огляд засобів для здійснення експрес-діагностування показників якості моторного мастила. Схема розробки нових методів аналізу якості мастил. Класифікація показників якості моторного мастила. Результати досліджень удосконаленого експрес-методу визначення вмісту палива в моторному мастилі.

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Характеристика виробничої діяльності СФГ «Литух» та обґрунтування теми магістерської дипломної роботи	04.11.2024	
2	Розділ 2. Аналіз літературних джерел за темою досліджень	11.11.2024	
3	Розділ 3. Результати наукових досліджень	28.11.2024	
4	Розділ 4. Обґрунтування технічної та економічної ефективності виконаних досліджень	02.12.2024	
5	Оформлення ілюстративного матеріалу	12.12.2024	

Магістрант _____
(підпис)

Ігнатов І.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Станіслав КАТЕРИНІЧ
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота присвячена удосконаленню методу експрес-діагностування технічного стану дизелів сільськогосподарських машин.

Метою представленої роботи є забезпечення необхідного рівня надійності дизелів сільськогосподарських машин у процесі їх експлуатації застосуванням методів експрес-діагностування.

Об'єкт дослідження – діагностування вмісту палива в моторному мастилі.

Предметом дослідження є методи експрес-діагностування вмісту палива в моторному мастилі.

Визначена роль і місце сучасного діагностування сільськогосподарських машин у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур. Встановлено, що в сучасних умовах експлуатації застарілого машино-тракторного парку особливу увагу мають заходів щодо запобігання підвищеного зношування машин, контролю їх за показниками, в тому числі за параметрами моторних мастил з використанням експрес-методів.

Аналіз існуючих методів експрес-діагностування моторного мастила в процесі експлуатації автотракторних двигунів показав, що вони здебільшого спрямовані на визначення технічного стану мастила, на зміну її фізико-хімічних властивостей, вміст продуктів спрацьовування деталей двигуна і продуктів старіння самої мастила. Розгляд існуючих конструкцій засобів для контролю властивостей мастил засвідчив, що на сьогодні існує достатньо широкий вибір приладів та уст устаткувань для проведення експрес-діагностування моторних мастил сільськогосподарських машин.

Удосконалено метод оцінки працездатності моторного мастила, який базується на визначенні температури спалаху в закритому тиглі. Для контролю наявності та кількості палива в моторному мастилі за температурою спалаху необхідні: закритий електротигель малого розміру, мірна ложка і діагностична крива залежності кількості палива в мастилі від температури спалаху.

Проведенні дослідження засвідчили, використання методів експрес-діагностування сільськогосподарських машин дає змогу за мінімальних трудових і матеріальних витрат забезпечити однозначне розпізнавання стану мастил і агрегатів машин та підвищити експлуатаційними методами надійність і екологічність машин, а також одержати економічний та технічний ефект

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків; містить 74 сторінки тексту, 29 рисунки, 2 таблиці.

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СФГ «ЛИЧУК» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	
1.1. Характеристика виробничої діяльності СФГ «Личук» (с. Нова Павлівка, Кропивницький район, Кіровоградська область).....	
1.2. Роль і місце діагностування машин під час їх технічного обслуговування	
1.3. Види діагностування і параметри технічного стану сільськогосподарських машин.....	
1.4. Актуальність теми магістерської дипломної роботи.....	
1.5. Висновки по розділу 1.....	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Роль змащувальних матеріалів у забезпеченні надійності сільськогосподарських машин	
2.2. Відомі методи аналізу моторного мастила автотракторних двигунів в процесі їх експлуатації	
2.3. Аналіз міні-лабораторій, засобів і тест-наборів для здійснення експрес-діагностування показників якості моторного мастила	
2.4. Метод діагностування агрегатів машин за параметрами працюючих мастил	
2.5. Сучасні вимоги до засобів експрес-аналізу властивостей мастил	
2.6. Обґрунтування необхідності вдосконалення відомих методів експрес-діагностування	

2.7.	Висновки	по	розділу
2.....			

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1.	Показники	якості	моторних	мастил
.....				
3.2.	Удосконалення експрес-методів визначення вмісту палива в			
	моторному мастилi			
3.2.1	Існуючі методи експрес-діагностування вмісту палива в			
	моторному мастилi.....			
3.2.2	Методика експрес-діагностування вмісту палива в моторному			
	мастилi.....			
3.2.3	Дослідження використання методу експрес-діагностування			
	вмісту палива в моторному мастилi.....			
3.3.	Висновки по розділу 3			

РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1.	Техніко-економічна ефективність моніторингу стану мастила			
	використанням	методу	експрес-діагностування	
.....				
4.2.	Висновки по розділу 4.....			

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

Вступ

Відомо [1], що частка трудомісткості робіт з оцінки якості мастила стандартними методами в умовах підприємства становить від загальної трудомісткості ТО для тракторів 27 %-40 %, для автомобілів - 36 %-47 %, для комбайнів - 81 %-109 %.

У середньому для загальногосподарських машин ця частка становить 39 %-53 %. Якщо аналіз мастил здійснюється в спеціалізованих лабораторіях, то частка становить для тракторів 80 %, для автомобілів - 94 %, для комбайнів - 218 %. Ці дані дають змогу стверджувати, що трудомісткість моніторингу якості мастил із застосуванням стандартних методів становить від загальної трудомісткості ТО 50-100 %, що знижує показники ефективності використання сільськогосподарської техніки.

Тому нині широкого застосування набули експрес-методи аналізу, які дають змогу: по-перше, відмовитися від трудомістких аналітичних методів контролю та значних матеріальних витрат на їхнє проведення; по-друге, здійснювати своєчасну заміну моторного мастила з урахуванням умов експлуатації незалежно від напруження двигуна; по-третє, прогнозувати технічний стан двигуна та здійснювати його своєчасне технічне обслуговування й ремонт, що, зрештою, скорочує кількість відмов сільськогосподарської техніки завдяки своєчасній експлуатації та ефективній експлуатації; по-третє, прогнозувати технічний стан двигуна і здійснювати його своєчасне технічне обслуговування і ремонт, що зрештою скорочує число відмов сільськогосподарської техніки.

Експрес-методи і відповідні їм засоби доступні не тільки кожній сільськогосподарській організації, а й приватним власникам

сільськогосподарської техніки. Їх застосування дає змогу значно знизити трудомісткість оцінювання якості свіжих, працюючих і відпрацьованих олив, проводити аналіз за короткий проміжок часу і, головне, своєчасно виявляти неполадки в роботі ДВЗ на ранній стадії.

Таким чином, напрям робіт з розробки та удосконалення експрес-методів оцінки властивостей моторного мастила для забезпечення експлуатаційної надійності двигунів внутрішнього згорання сільськогосподарських машин є своєчасним та актуальним.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СФГ «ЛИЧУК» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1. Характеристика виробничої діяльності СФГ «Личук» (с. Нова Павлівка, Кропивницький район, Кіровоградська область)

17 лютого 2001 року родиною Личук було організовано селянське фермерське господарство «Личук». Підприємство зареєстровано за наступною юридичною адресою: Україна, Кіровоградська область, Кропивницький р-н, с. Нова Павлівка [2].

Керівником новоствореної організації одноголосно був обраний Михайло Васильович Личук, який на тої час працював доцентом кафедри вищої математики Кіровоградського державного технічного університету (зараз ЦНТУ).

До основних видів діяльності підприємства відноситься вирощування зернових та бобових культур, насіння олійних культур тощо. Крім цього, агропідприємство займається допоміжною діяльністю у рослинництві, виробництвом олії та тваринних жирів й виробляє борошно та крупи. Станом на 1.01.2023 р. активи підприємства становлять 11 млн. 619 тис. 500 грн., а фінансові зобов'язання – 999 тис. 900 грн.

СФГ «Личук» має земельний фонд загальною площею понад 850 га (таблиця 1.1) розташований навколо с. Нова Павлівка та центральну садибу у цьому ж населеному пункті.

Таблиця 1.1 – Земельний фонд та посівні площі СФГ «Личук» (с. Нова Павлівка)

Сільськогосподарська культура	Площа під культуру, га	Питома вага культури, %
<i>Зернові</i>		
Озима пшениця	250,0	28,8
Ячмінь	110,0	12,6
Бобові	80,0	9,2
Кукурудза (на зерно)	190,0	21,8
<i>Технічні культури</i>		
Соняшник	180,0	20,7
Пара	60,0	6,9
Разом	870,0	100,0

Незначне віддалення від обласного центру (м. Кропивницький), яке складає лише 12 км (рис. 1.1), наявність поруч розгалуженої мережі автодоріг регіонального та всеукраїнського рівня, дозволяють господарству дуже швидко та із мінімальними витратами здійснювати перевезення вирощеної сільськогосподарської продукції на місця її зберігання та/або відвантаження покупцям (споживачам).

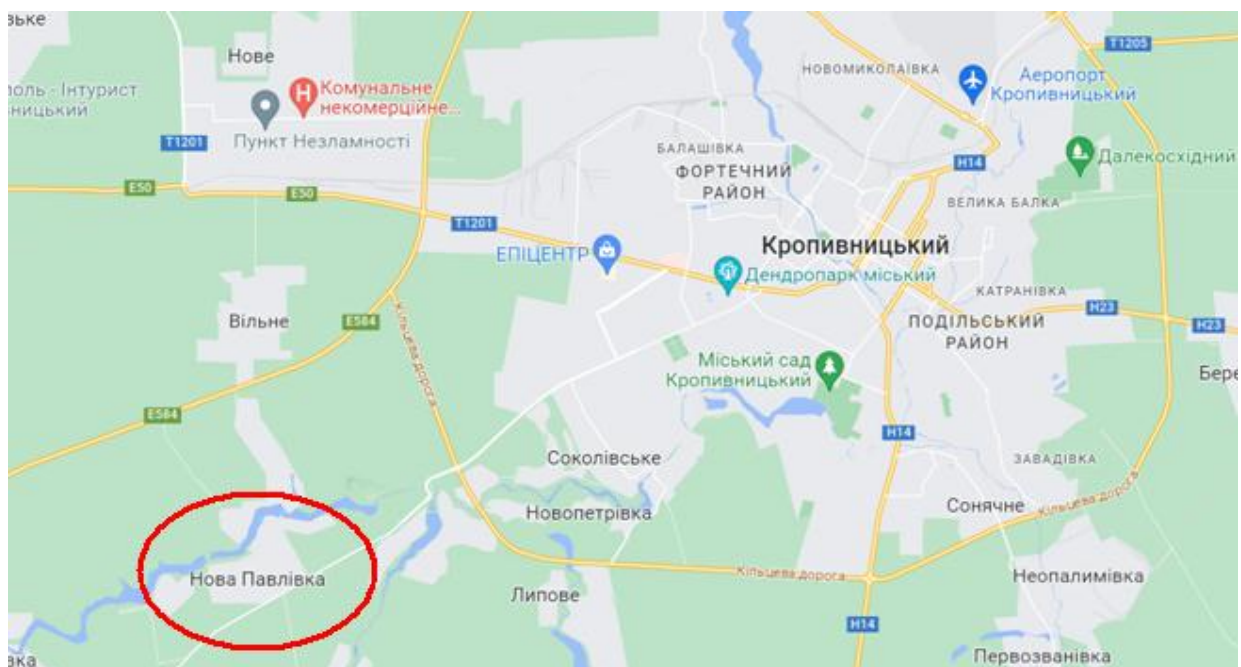


Рис. 1.1 Географічне розташування СФГ «Личук» с. Нова Павлівка [3]

Для забезпечення ефективної діяльності агрогосподарство має власний машинно-тракторний парк (МТП), зону зберігання техніки та ремонтну майстерню.

Зазначимо, що підприємство СФГ «Личук» маючи власну сільськогосподарську техніку, вкрай зацікавлено у своєчасному її обслуговуванні, діагностуванні та ремонті.

1.2. Роль і місце діагностування машин під час їх технічного обслуговування

Сільськогосподарські підприємства нині отримують нову або відремонтовану техніку, яка може перебувати в різному технічному стані. Стан нової техніки залежить від якості виготовлення, складання, припрацювання, умов зберігання і транспортування. Останні чотири фактори сприяють збільшенню початкових відмінностей у формально однакових машин, що зійшли з одного конвеєра. Під час експлуатації відмінності, властиві кожному екземпляру, посилюються.

Основними причинами зміни технічного стану елементів є: конструктивні; технологічні; експлуатаційні. Початкова нерівномірність робочих процесів, зумовлена конструктивними і технологічними факторами, посилюється експлуатаційними факторами.

Низька температура пуску, низька якість пального та мастила, низька очистка повітря, низька якість регулювальних операцій - усі ці чинники мають місце в експлуатації та поглиблюють процес порушення технічного стану ДВЗ.

Стан відремонтованої техніки характеризується цими ж факторами. Однак вони проявляються більшою мірою, що визначається використанням у процесі ремонту деталей з уже накопиченими відмінностями.

На думку низки дослідників [4] найбільш раціональним є обслуговування машини за такою схемою: визначення потреби в технічному втручанні –

проведення необхідних робіт – контроль якості проведених робіт – виправлення виявлених відхилень – випробування машини. Однак обслуговування машини за такою раціональною схемою потребує розв'язання низки організаційно-технічних завдань, а саме: визначення часу, місця та обсягу робіт із виявлення потреби в технічному втручанні та проведення його.

У зв'язку з ускладненням багатьох технічних систем і необхідністю забезпечення їхньої надійної роботи виникла спеціальна галузь знань – технічне діагностування. У межах цієї науки вивчають показники (ознаки) несправностей машин та їхніх частин, розробляють методи і засоби, що дають змогу визначити технічний стан машини.

Показники, що характеризують працездатність або справність машини, називаються параметрами стану. Параметри поділяються на структурні, що показують безпосередні значення величин, і діагностичні. Діагностичні параметри, як правило, характеризують структурні за встановленими між ними залежностями, що дає змогу визначати останні без розбирання машини.

«Діагностування машин, що проводиться з використанням зовнішніх і вбудованих засобів контролю, дає змогу визначати технічний стан агрегатів, механізмів і систем машини без їхнього розбирання, прогнозувати строки служби вузлів, фактично керувати їхнім технічним станом, призначаючи відповідні попереджувальні роботи та виконуючи їх у процесі технічного обслуговування і ремонту. Це знижує час простою машини, забезпечує значну економію коштів на її обслуговування і ремонт» [5].

«Технічне діагностування має великий вплив на інтенсивність використання техніки через її коефіцієнт готовності» [5].

«Попередження відмов, оперативне їх усунення різко знижує простої машин з технічних причин, збільшує їхню продуктивність і якість виконання сільськогосподарських операцій, що позитивно позначається на термінах виконання робіт, сприяє отриманню додаткового прибутку сільгоспвиробниками» [6]

Роль сучасного діагностування машин в сільському господарстві наведена на рис. 1.2.

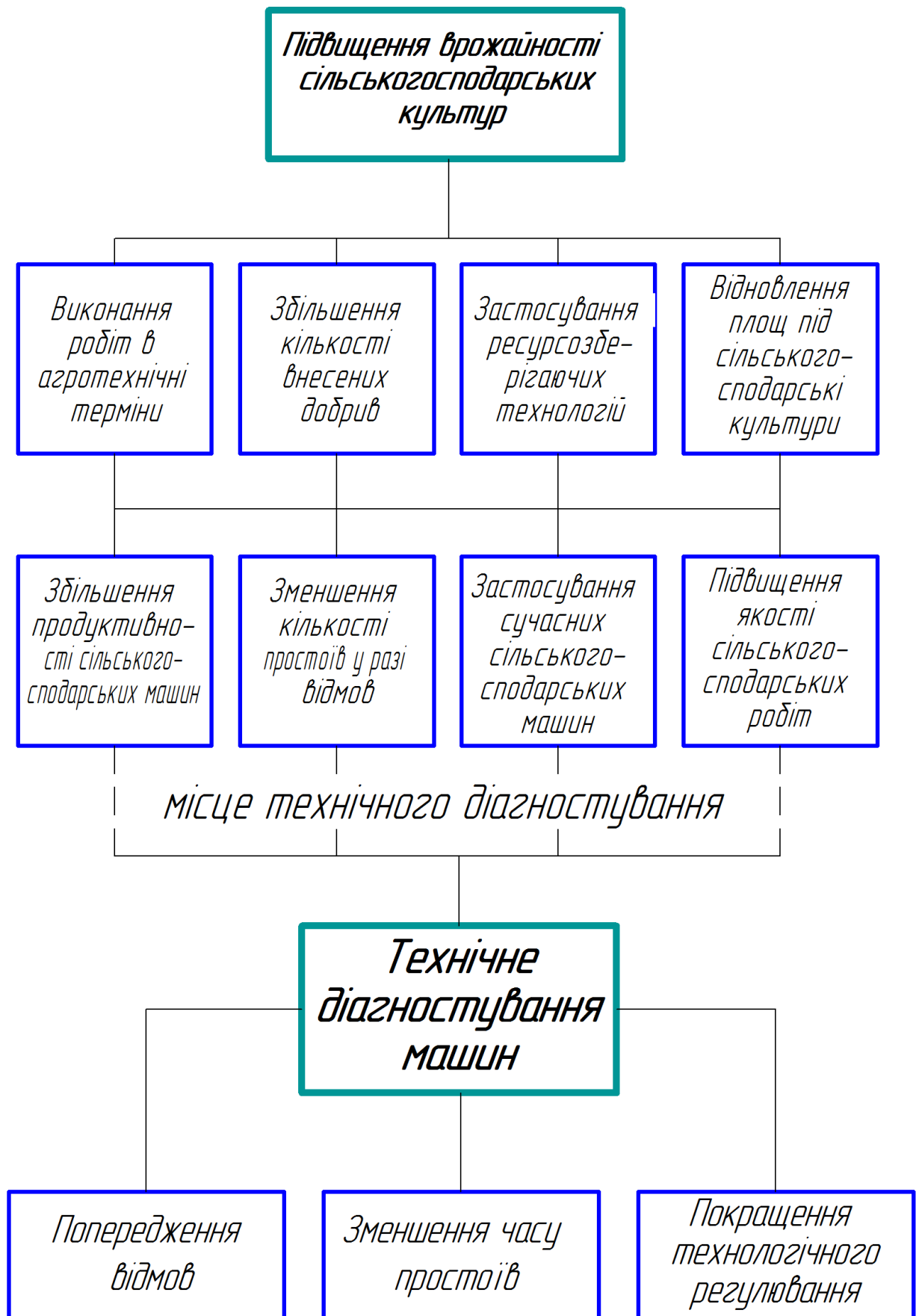


Рис. 1.2. Роль діагностування машин в сільському господарстві

«Діагностування машин і устаткування застосовується практично під час усіх видів ТО і ремонту техніки» [7].

Основними завданнями технічного діагностування є:

- встановлення виду та обсягу робіт з ТО машини після виконання нею певного наробітку;
- визначення залишкового ресурсу машини і ступеня готовності їх до виконання механізованих робіт;
- здійснення контролю якості профілактичних операцій під час проведення ТО;

- виявлення причин і характеру несправностей у процесі їх використання;

Впровадження технічного діагностування дає змогу:

- зберегти оптимальні робочі характеристики протягом усього терміну служби машини;
- у 2...2,5 рази знизити простої тракторів, комбайнів, автомобілів та ін. машин через технічні несправності, завдяки запобіганню відмовам; у 1,3...1,5 рази збільшити міжремонтне напрацювання складальних одиниць і агрегатів машин;
- ліквідувати передчасні розбирання агрегатів і вузлів, що зменшує інтенсивність зношування деталей, сполучень;
- повністю використовувати міжремонтний ресурс машин, їхніх вузлів і агрегатів, що забезпечує різке скорочення витрат запасних частин;
- визначити без розбирання якість ТО і ремонту машин;
- зменшити витрату палива і коштів на утримання техніки.

Потреба в методах і засобах технічного діагностування постійно зростає і є результатом сучасного способу досягнення якості машин і реалізації їхнього потенціалу в умовах експлуатації.

Значним імпульсом для зростання потреб у методах і засобах технічного діагностування стали вимоги з боку якості, логістики та маркетингу, що

радикально змінили критерії ефективності використання автотракторної техніки.

Зростаюча потреба у діагностуванні збігається також із появою нових досягнень у мікроелектроніці, комп'ютерній техніці, нейронних мереж і штучного інтелекту, що ефективно полегшують можливості технічного діагностування.

1.3. Види діагностування і параметри технічного стану сільськогосподарських машин

Технічне діагностування використовує методи і засоби, що сприймають діагностичні сигнали, випромінювані механізмами, недоступні для сприйняття безпосередньо органами чуття людини і тим самим дають змогу об'єктивно визначати стан машин.

Для розроблення цих методів і засобів насамперед слід виявити, які параметри характеризують роботу машини, що перевіряється, та обумовлюють її надійність, а потім встановити критерії кількісної величини параметрів.

«Технічне діагностування класифікується залежно від умов його проведення» [6]:

- «на працюючому об'єкті: за параметрами робочих процесів (потужність, витрата палива, продуктивність, тиск тощо); за діагностичними параметрами, які побічно характеризують технічний стан (температура, шум, вібрації тощо)» [6];

- «на непрацюючому об'єкті: за структурними параметрами (знос деталей, зазор у сполученнях тощо)» [6].

За обсягом, методами і глибиною операцій воно може бути комплексним (загальним) і поелементним.

Комплексне діагностування виявляє нормальне функціонування, ефективність, працездатність машини (агрегату) в цілому. Мета його -

визначити відповідність нормам вихідних експлуатаційних показників агрегатів, що перевіряються, за їхніми основними функціями.

Поелементне діагностування визначає причину порушення роботи агрегатів (механізмів) зазвичай за супутніми непрямими ознаками.

Діагностування, як правило, проводять на кількох рівнях: на рівні машини загалом; її агрегатів; систем, механізмів і деталей тощо. На кожному з перерахованих рівнів визначають технічний стан, головним чином двовимірно.

«Це означає, що діагностування повинне дати однозначну відповідь: потребує чи не потребує нині об'єкт, що перевіряється, ремонту або ТО з урахуванням забезпечення безвідмовної роботи до чергового планового технічного впливу» [6].

«Якщо технічний стан об'єкта, що перевіряється, не відповідає нормам і він складається з декількох самостійних механізмів, то необхідне поелементне діагностування кожної зі складових частин об'єкта» [6].

Під час поелементного діагностування насамперед перевіряють механічний стан так званих критичних деталей, тобто деталей, які насамперед визначають працездатність об'єкта.

Глибина діагностування об'єктів обмежується отриманням відповіді на запитання, чи необхідне їхнє розбирання. Якщо необхідне, то подальше діагностування, більш детальне, не має практичного сенсу, оскільки дефекти можна виявити більш просто і точно після розбирання об'єктів.

Вимірювані параметри технічного стану агрегатів МТП і автомобілів поділяються на структурні та діагностичні [7].

Структурні параметри безпосередньо зумовлюють технічний стан, надійність, працездатність і ресурс складових частин (деталей, складальних одиниць, вузлів, агрегатів) машин і устаткування (розміри, зношування і показники геометрії деталей, їх взаємного розташування у вузлах (зазори, натягнення), фізико-механічні властивості поверхонь і деталей, а також вихідні функціональні характеристики агрегатів і машини в цілому).

Структурні параметри ділять на ресурсні, динаміка в експлуатації яких обумовлює надійність, працездатність, економічність, екологічність та експлуатаційний ресурс агрегатів і машин загалом, а також на функціональні, зокрема вихідні.

Якщо структурний (ресурсний, функціональний) параметр у процесі діагностування визначається безпосередньо, то одночасно є і діагностичним.

Для достовірного визначення технічного стану агрегатів машин, оцінювання вихідних (інтегральних), функціональних і ресурсних (диференціальних) параметрів механічних вузлів, гідравлічних та електричних вузлів використовується здебільшого система діагностичних параметрів, які опосередковано характеризують структурні:

- механічні (сила, крутний момент, тиск);
- кінематичні (швидкість, частота обертання, частота повторення явищ, їхня амплітуда, моменти часу або фази процесів, часова або фазова тривалість процесів);
- термодинамічні (температура, її динаміка та диференціація по поверхні деталей);
- гідродинамічні (витрата, кількість, гідравлічний опір і перепад тиску);
- фізико-хімічні (показники вмісту хімічних речовин у ВГ, хімічних елементів у мастильних матеріалах і паливах, структурні та функціональні показники паливо-мастильних матеріалів);
- триботехнічні (момент механічних втрат та інші показники інтенсивності тертя, швидкості та інтенсивності зношування).

Найпоширенішими діагностичними параметрами тракторів та агрегатів є тиск рідин, ступінь герметичності агрегатів, витрата газів, палива та мастила, частота обертання, показники віброударних процесів, лінійні та кутові зміщення, температура, а також потужність або кутове прискорення колінчастого вала, напруга на приладах електрообладнання та ін.

Іноді використовують і такі непрямі діагностичні параметри, які обчислюють за статистичними даними експлуатації машин: відносна витрата

палива на одиницю виконаної роботи, відносна витрата мастил, годинна/змінна продуктивність, напрацювання на відмову складових частин агрегатів, трудомісткість усунення несправностей і розрегулювань, сумарні витрати на ТО тощо.

Діагностування сільськогосподарських машин оперує тільки параметрами, що поступово змінюються (витрата картерних газів, компресія, вакуумні показники ЦПГ, тиск у головній масляній магістралі, тиск інших мастил і палив, зазори в ГРМ та агрегатах силової передачі, подачі насосів, ефективна потужність та витрата палива тощо), лише частково враховуючи якісні ознаки технічного стану. У разі раптових відмов виявляють їхнє місце (заклинювання в ДВЗ, відмови систем подачі пального, змащення та гідравліки, прориви прокладок, відмови механічних передач, рульового управління та гальм тощо), а також причину, методи усунення та попередження

1.4. Актуальність теми магістерської дипломної роботи

Проблема забезпечення надійності та довговічності є однією з основних у процесі експлуатації сільськогосподарської техніки, найважливішим агрегатом якої є ДВЗ. Основним засобом підтримання необхідного рівня надійності та довговічності ДВЗ є правильна організація процесу його експлуатації. У ній особлива роль належить своєчасному діагностуванню, за результатами якого визначається дійсний технічний стан ДВЗ у процесі його експлуатації.

У технічному сервісі сільськогосподарських машин потрібні найефективніші методи, засоби випробувань, контролю та управління технічним станом самохідних машин для рослинництва і тваринництва.

Ці методи і засоби використовує планово-попереджувальна система технічного обслуговування (ТО) і ремонту шляхом діагностування та управління технічним станом машин. Відповідно до планово-попереджувальної системи регламентний і заявочний контроль визначає зміст робіт ТО і ремонту за фактичним станом машин, що й оптимізує управління їхнім технічним

станом. Але це управління потребує системи діагностування, за якою, контролюючи машини, розробляють рекомендації з управління їхнім технічним станом для ефективної, безпечної та економічної роботи до повного використання ресурсу самохідних машин.

Обслуговування і ремонт сільськогосподарських машин за результатами діагностування дає змогу підвищити їхню безвідмовність на 25-40 %, економічність на 10-15 %, міжремонтний ресурс до 2-х разів, у 1,3-1,5 рази знизити витрати на усунення несправностей, підвищити продуктивність і безпеку руху, знизити втрати врожаю.

Сучасні умови значно зношеного машинно-тракторного парку АПК потребують особливих заходів для запобігання підвищеному зношуванню та аваріям машин, контролю за показниками мастил, застосування експрес-методів у підвищенні надійності та ефективності роботи машин.

Під час використання низки діагностичного обладнання, зокрема діагностичних комплексів і вимірювальних систем, користувач стикається з аналізом значної кількості параметрів, що призводить до вагомого зниження оперативності прийняття рішень про стан контрольованого об'єкта. Тому при створенні подібних систем актуальним стає завдання обмеження контрольованих параметрів за рахунок визначення найбільш вагомих, які згодом піддаються аналізу. У цьому випадку особливої актуальності набувають використання різних експрес-методів діагностування машин за різними показниками.

Таким чином, тема магістерської роботи, спрямована на вдосконалення та використання експрес-діагностування сільськогосподарських машин є безумовно важливою та актуальною.

1.5. Висновки по розділу 1

За результатами виконання розділу 1 магістерської роботи зроблені наступні висновки:

1. Підприємство СФГ «Личук» вкрай зацікавлено у своєчасному її обслуговуванні, діагностуванні та ремонті власної сільськогосподарської техніки.

2. Визначена роль сучасного діагностування сільськогосподарських машин у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур.

3. Встановлено, що в сучасних умовах експлуатації застарілого машино-тракторного парку особливу увагу мають заходів щодо запобігання підвищеного зношування машин, контролю їх за показниками, в тому числі за параметрами моторних мастил з використанням експрес-методів.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Роль змащувальних матеріалів у забезпеченні надійності сільськогосподарських машин

Функціонування будь-яких механізмів, що працюють з мастилом або без нього, неминуче супроводжується тертям і зносом. Від зносостійкості робочих поверхонь деталей, вузлів тертя безпосередньо залежать показники довговічності – середній технічний ресурс і безвідмовності – середнього напрацювання на відмову, що характеризують надійність механізму.

Розвиток техніки супроводжується безперервним посиленням умов роботи рухомих з'єднань деталей. Механізми зазвичай досягають граничного стану не внаслідок втрати деталями жорсткості або міцності, а головним чином через зношування їхніх робочих поверхонь [8].

Значні втрати від тертя і зносу зумовлюють і пояснюють стрімкий розвиток у промислово розвинених країнах трибології, триботехніки, хімотології та інших наук, досягненнями яких забезпечується безперервне підвищення зносостійкості вузлів тертя механізмів.

Аналіз відомої літератури [8-11] дав змогу виокремити основні методи підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей, вузлів тертя, агрегатів і механізмів в цілому (рис. 2.1).

Слід зазначити, що зносостійкість не є постійною властивістю матеріалів. Вона проявляється в конкретних умовах і на певних режимах роботи вузла тертя, розрізняючись як за характером, так і за інтенсивністю процесу зношування.

На думку ряду дослідників [9-11] для забезпечення зносостійкості машин в умовах експлуатації необхідно передбачати:

- контроль на відповідність технічним умовам свіжих мастильних матеріалів, використання матеріалів відповідних марок і своєчасну їх заміну в разі втрати працездатності;
- дотримання правил технічного обслуговування і здійснення періодичної технічного діагностування для контролю зносу вузлів тертя;
- обкатування нових механізмів при введенні в експлуатацію для забезпечення зниження швидкості зношування деталей і тертя поверхонь без схоплювання.

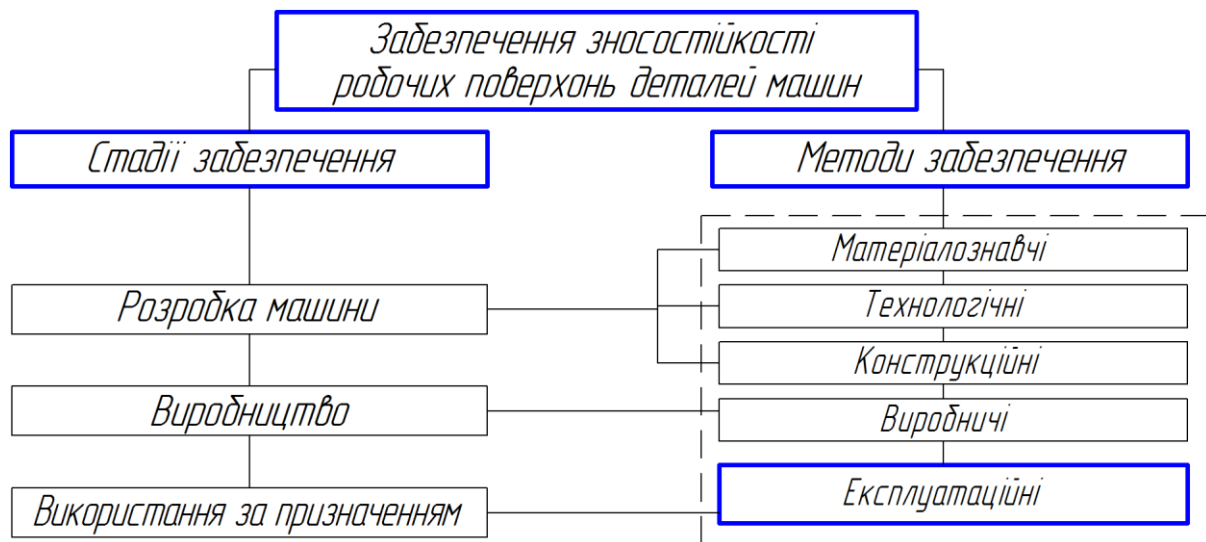


Рис.2.1. Методи підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей, вузлів тертя агрегатів машин

Таким чином, можна стверджувати, що зносостійкість механізмів закладається під час проектування із застосуванням трьох методів – матеріалознавчих, технологічних і конструкційних, потенційно забезпечується виробничими методами під час виготовлення машин і фактично реалізується із застосуванням експлуатаційних методів у період використання механізмів за призначенням.

Аналіз методів забезпечення зносостійкості дає змогу сформулювати три умови для реалізації високої надійності механізмів під час експлуатації:

- зносостійкість окремого вузла тертя або механізму загалом забезпечується збалансованою і нерозривною єдністю індивідуально специфічних властивостей усіх його елементів. Мастильні матеріали є одним із найважливіших, повноправних і невід'ємних елементів, якість яких принципово визначає зносостійкість будь-якого сучасного механізму;

- мастильний матеріал, як і будь-який інший елемент механізму, має відповідати всім параметрам, які передбачені розробниками в технічних умовах. Будь-які відхилення в типі, марці або якості мастильного матеріалу неминуче призводять до зниження зносостійкості і, як наслідок, до зниження надійності механізму в цілому;

- зносостійкість механізму закладається під час проектування і його виготовлення для конкретних і чітко обумовлених у технічних вимогах режимів і умов використання механізму. Їх недотримання неминуче веде до втрати штатної зносостійкості вузлів тертя і зниження надійності машин.

Використання механізмів за призначенням в умовах рядової експлуатації супроводжується порушеннями працездатності – відмовами. За даними дослідників [8-11] 80...90% відмов і передчасних зносів вузлів тертя пов'язано з неправильним призначенням і використанням мастильних матеріалів. Настільки всебічний вплив мастильного матеріалу на надійність механізму пояснюється тим, що він, на відміну від інших конструкційних елементів, контактує не з однією або двома суміжними робочими поверхнями, а з усіма поверхнями тертя механізму одночасно. Тому використання мастильного матеріалу невідповідного типу, марки або якості неминуче призводить до посилення умов тертя і підвищення інтенсивності зношування одночасно у всіх високонавантажених рухомих з'єднаннях деталей механізму.

Головною причиною зародження таких відмов є зниження якості працюючої мастила, що змінює штатний перебіг процесів, які мають місце в зоні контакту поверхонь, що труться [12].

Працездатність моторної мастила зазвичай оцінюють за граничними значеннями групи одиничних показників її якості: в'язкості, диспергують-но-

стабілізаційної здатності (ДСЗ), загальної забрудненості нерозчинними продуктами, водневого показника тощо [12, 13].

Якість мастила від самого початку, тобто до моменту її використання за призначенням, безпосередньо залежить від її марки (рівня службових властивостей) і дотримання правил її зберігання на підприємстві.

Аналіз процедури придбання свіжих мастил дає змогу стверджувати, що без вхідного контролю якості мастила, яку купують, неможливо гарантувати її працездатність, а отже, і високу зносостійкість уловів тертя та надійність машин.

В умовах підприємства основним завданням є збереження якості мастил, тобто унеможливлення випадків їхнього забруднення водою, паливом, абразивними частинками, а також змішування з іншими типами мастил.

У період експлуатації для забезпечення працездатності моторних мастил необхідно унеможливити перегрівання мастила та порушення режимів експлуатації двигуна, змішування мастила, яка працює, з мастилами іншої в'язкості та службових властивостей. Однак основна увага має бути спрямована на забезпечення справності систем охолодження, паливоподачі та очищення повітря ДВЗ, тому що за їхньої появи мастила може втратити працездатність протягом дуже короткого проміжку часу і стати причиною як підвищеного зносу вузлів тертя, так і аварійної ситуації.

Аналіз літературних джерел [12, 13] дають змогу зробити висновок про те, що заміна мастил здійснюється за напрацюванням (пробігом), а не за фактичним їхнім станом. На це вказує висока придатність мастил за ДСС і загальною забрудненістю та надзвичайно низька – за рештою параметрів, окрім концентрації абразивних частинок. Втрата працездатності мастил у переважній більшості випадків зумовлена наявністю в них пального та охолоджувальної рідини, більших за допустимі значення, що вказує на відсутність контролю справності систем охолодження та подачі пального до ДВЗ. Граничні значення концентрацій охолоджувальної рідини і палива в мастилах, що працюють,

незначні і візуально не виявляються. Їх наявність розпізнають засобами інструментального діагностування.

Досвід передових зарубіжних країн свідчить [14, 15] про те, що обслуговування техніки за її фактичним станом із застосуванням діагностування машин за параметрами працюючої мастила створює умови для забезпечення сучасної зносостійкості вузлів тертя і надійності машин. У результаті унеможлиблюється робота механізму, з одного боку, на непрацездатному мастилі в тих випадках, коли інтенсивність старіння мастила висока або в разі раптової появи несправності в його системах; з іншого боку, унеможлиблюється передчасна заміна ще працездатного мастила. Такий підхід забезпечує високу зносостійкість рухомих з'єднань деталей, отже, створює умови для раціонального використання технічного ресурсу механізму та мастила.

Таким чином, можна стверджувати наступне:

- на даному етапі розвитку машинобудування реалізувати високу зносостійкість і надійність вузлів тертя, що відповідає сучасному рівню, неможливо без застосування експлуатаційних методів, зокрема без систематичного контролю якості свіжих мастил та мастил, що працюють;

- наразі експлуатаційні методи забезпечення зносостійкості вузлів тертя, а отже, і надійності машин використовуються не повною мірою, що відображається в широкому застосуванні планово-попереджувальної системи ТО машин, за якої неприпустимий стан спостерігається в 34, припустимий – у 32, задовільний – у 21 та добрий – тільки в 13 % машин;

- моніторинг стану мастил і агрегатів машин дасть змогу раціонально використовувати ресурс машин і мастил.

2.2. Відомі методи аналізу моторного мастила автотракторних двигунів в процесі їх експлуатації

Серед усіх напрямів технічної діагностування, метод визначення технічного стану пар тертя за аналізом працюючого мастила вважається досить ефективним, оскільки, згідно з наявними даними, ті чи інші дефекти динамічного устаткування, що виявляються під час аналізу мастила, підтверджуються в 95 % випадків під час розбору агрегату. Таким чином, аналіз мастила дає змогу отримати достовірну інформацію щодо технічного стану вузлів тертя, підшипників, ущільнень, стану змащування, ефективності роботи присадок, наявності феромагнітних (металевих) і неферомагнітних включень, обводнення, параметрів в'язкості та якості змащення. Питанням визначення показників граничного стану моторного мастила займалися багато вчених.

Більшість дослідників для діагностування технічного стану моторного мастила використовують такі показники:

- диспергувально-стабілізуючу здатність;
- в'язкість;
- лужне число;
- оптичну щільність;
- забрудненість мастила, зокрема охолоджувальною рідиною і паливом.

Рідше як показники технічного стану використовуються коксованість, зольність сульфатна та інші.

На інтенсивність зносу основних деталей двигуна й утворення лаку та відкладень у ньому найбільше впливають: концентрація нерозчинних домішок, спрацьовуваність мийно-диспергувальної присадки, накопичення продуктів окислення. Вирішальний вплив на довговічність підшипників колінчастого вала чинять в'язкісно-температурні властивості, а також помітний вплив має змащувальна здатність моторного мастила.

Аналізуючи поточний стан, динаміку зміни складу та експлуатаційних властивостей мастила, можна отримати дані про технічний стан моторної мастила в певний момент часу.

Під час аналізу було встановлено, що на сучасному етапі існує безліч технологій експрес-аналізу мастила та діагностування технічного стану мастила, а також методів і принципів вимірювання основних показників якості мастил, портативних комплектів для проведення експрес-аналізу мастила.

Найпоширенішим і найзручнішим в експлуатації машин методом контролю диспергувально-стабілізаційних властивостей мастила є метод «крапельної проби», тобто розрахунок величини характерних зон крапельної проби за допомогою мастильної плями. Є різні його варіанти, що відрізняються окремими деталями виконання і методами кількісної оцінки.

Найбільш широко відомий метод вимірювання на паперовому фільтрі (рис. 2.2) діаметра трьох зон масляної плями, визначення їхнього кольору та малюнка, рівномірність розтікання мастила.

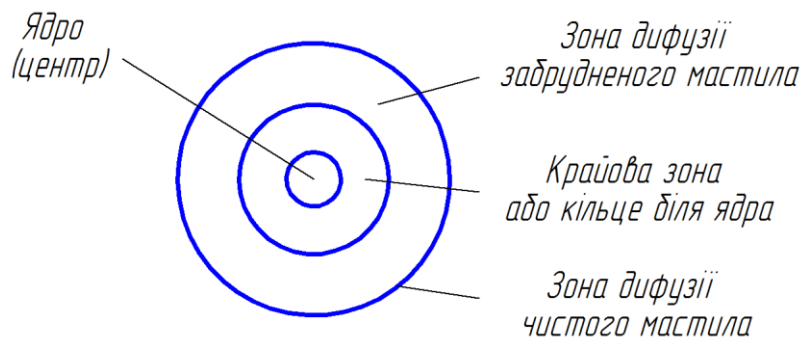


Рис.2.2. Зони масляної плями, що визначаються

Для цього уважно вивчають такі чотири складові частини масляної плями: 1 – ядро або центр краплі, що відповідає первинній зоні краплі до її розтікання папером, де осідають усі важкі нерозчинні механічні домішки; 2 – крайова зона (темне/чорне кільце), що облямовує ядро малорозчинними в мастила органічними домішками; кільце відсутнє як за чистої мастила, так і за дуже забрудненої мастила, ядро має рівний колір; 3 – зона дифузії - широке сіре кільце за ядром – через крайову зону мастила з легкими розчиненими органічними домішками; 4 – кільце чистої мастила – зовнішнє найсвітліше кільце, якщо в ньому починає проявлятися втрата присадок, які мийно-диспергують.

Наявність механічних домішок у моторних мастилах можна визначити шляхом нанесення за допомогою піпетки трьох окремих крапель на фільтрувальний папір і оцінки отриманих масляних плям через 2-4 години. Кожна з крапель утворює масляну пляму (зі світлим кільцем по периметру), яку порівнюють з еталонним фотознімком, визначаючи таким чином наявність механічних домішок. Що менша наявність механічних домішок, то світліша центральна зона плями.

Існує експрес-метод більш точного фотометричного контролю забрудненості мастила за крапельною пробою. Метод полягає в нанесенні краплі мастила на фільтрувальний папір, висушуванні краплинної проби та вимірах діаметрів і оптичної щільності зони дифузії та ядра. Для заміру оптичної густини може бути використаний будь-який фотометр, призначений для вимірювання яскравості та коефіцієнтів відбиття. Розрахунок забрудненості проводиться з урахуванням площ і фотометричних характеристик зон забруднення крапельної проби.

Для експрес-оцінки механічних домішок можна використовувати метод стирання на склі. Беруть два чисті предметні скельця, накладають одне на одне і перевіряють плавність їхнього взаємного ковзання, тобто відсутність скрипу і заїдань. Потім на одне зі стекол наносять 1-2 краплі випробуваної мастила. Якщо присутня плавність взаємного переміщення стекол, масло вважається придатним до подальшої експлуатації.

Наявність механічних домішок у моторному мастилі визначають і методом відстою, наприклад, у відстійнику, що входить до комплекту ручних лабораторій.

Існує метод оцінки в'язкості, розроблений американською фірмою «Mobil». Його суть: як еталонне використовується свіже масло тієї самої групи в'язкості, що й випробуване. Контроль здійснюється віскозиметром, за допомогою якого дають оцінку в'язкості випробуваного масла. Для наближеної оцінки в'язкості мастил в умовах експлуатації використовують польовий віскозиметр (рис. 2.3).

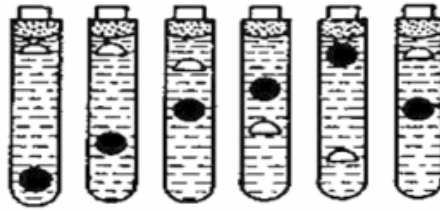


Рис.2.3. Польовий віскозиметр

Визначення кінематичної в'язкості ґрунтується на порівнянні швидкостей падіння сталевих кульок у досліджуваній мастилі та в еталонних мастилах.

Точніше оцінюють в'язкість мастил віскозиметрами ВПЖ, ВПЖ-1, ВПЖ-2 (рис. 2.4). Принцип дії віскозиметра ґрунтується на визначенні часу закінчення встановленого об'єму мастила через капіляр певного діаметра від позначки M_1 до M_2 .

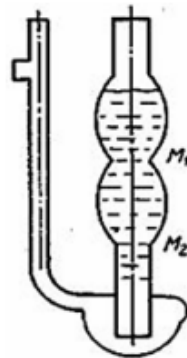


Рис.2.4. Схема віскозиметру ВПЖ-2

Існують комплекти для комплексної експрес-діагностування технічного стану мастила. Наприклад, масло-тестер для діагностування ДВЗ, редукторів та інших механізмів за аналізом працюючого мастила, він також призначений для моніторингу поточного стану мастильного матеріалу.

Визначаються експрес-показники технічного стану мастила: в'язкість, щільність, наявність частинок зносу, корозійна активність, в'язкісно-температурний показник (індекс в'язкості), крапельна проба, низькотемпературна в'язкість.

Щодо використовуваних методик можна сказати, що описані методи не дають змоги об'єктивно виміряти фактичний стан мастила з погляду

працездатності та необхідних якостей, а також не дають змоги давати точні прогнози щодо заміни мастила.

При цьому зміна показників технічного стану моторної мастила залежить від безлічі чинників, але одним з основних є суб'єктивний. У процесі діагностування технічного стану багатьма методами вирішальною є саме суб'єктивна оцінка отриманих результатів, тому необхідним є розробка методики прогнозування технічного стану двигунів за аналізом моторної мастила в процесі експлуатації, яка б максимально виключала цей фактор.

Аналіз наявних експрес-методів моторного мастила в процесі експлуатації автотракторних двигунів показав, що вони здебільшого спрямовані на визначення технічного стану мастила, на зміну її фізико-хімічних властивостей, вміст продуктів спрацювання деталей двигуна і продуктів старіння самої мастила. Однак взаємозв'язку технічного стану конкретних вузлів і деталей двигуна не проглядається. Тому необхідно розробити методику, що дає змогу встановлювати залежність технічного стану вузлів і деталей двигуна та характеристикою масляної плями на фільтрувальному папері. Залежність параметрів і форми відбитка проби моторного мастила на фільтрувальному папері (КП-краплинна проба) і технічним станом механізмів і систем ДВЗ (ЦПГ, ГРМ, КШМ і СО) можна представити в такому вигляді:

$$КП = f(D, t, n),$$

де D – значення діагностичного параметра механізму двигуна;

t – напрацювання двигуна до взяття проби мастила;

n – кількість проб мастила.

Використання цієї методики дасть змогу з найменшими витратами діагностувати механізми і системи автотракторних двигунів.

2.3. Аналіз міні-лабораторій, засобів і тест-наборів для здійснення експрес-діагностування показників якості моторного мастила

Для здійснення експрес-методів знаходять широке застосування міні-лабораторії, портативні засоби та тест-набори, які застосовують насамперед у морській, аерокосмічній, гірничодобувній техніці та дилерських центрах провідних підприємств-виробників техніки.

Портативна лабораторія аналізу мастил і палив (рис. 2.5) призначена для експрес-аналізу моторних, турбінних і гідравлічних мастил у суднових і виробничих умовах.



Рис.2.5. Портативна лабораторія аналізу мастил і палив ПЛАМ

До комплекту входять реагенти для визначення кількості води у мастилі, лужного і кислотного чисел, віскозиметр, фільтрувальний папір для методу «крапельної проби» («червона стрічка»), ареометри, набори лабораторного посуду і пристосувань.

Лабораторія дає змогу визначати вміст води в мастилі в діапазоні 0 %-3 %, загальне лужне число в діапазоні 0,7-70,0 мг КОН/г, кислотне число в діапазоні 0,04-2,00 мг КОН/г, відносну в'язкість мастила (у відсотках від в'язкості свіжої), забрудненість, диспергуючу здатність, густину в діапазоні 750-990 кг/м³.

У лабораторії не передбачено визначення температури спалаху мастил, зміна якої свідчить про наявність палива в мастилі.

Судова експрес-лабораторія палива та мастила (рис. 2.6) призначено для контролю фізико-хімічних показників палива та мастила на морських і річкових суднах.



Рис. 2.6. Загальний вигляд судової експрес-лабораторії палива і масла

До комплекту експрес-лабораторії входять: фільтрувальний папір для методу «краплинної проби», компаратор в'язкості, реагенти для визначення кількості води, лужного і кислотного чисел оливи, ареометр (зокрема для визначення вмісту механічних домішок за різницею густини свіжої оливи та оливи, яка працює) та набір лабораторного посуду і пристосувань.

Експрес-лабораторія дає змогу визначати такі показники: диспергуючу здатність мастила в діапазоні 0,3-1,0 ум. од.; вміст води в мастилі в діапазоні 0,5-2,0%; лужне число в діапазоні 0,3-30,0 мг КОН/г мастила; кислотне число в діапазоні 0,1-2,5 мг КОН/г оливи; кінематичну в'язкість мастила в діапазоні 10%-40% від в'язкості свіжого мастила; щільність у діапазоні 700-1000 кг/м³; вміст механічних домішок в діапазоні 1 %-5%.

Переносну лабораторію (рис. 2.7) призначено для контролю основних показників якості мастил і можна застосовувати для контролю якості свіжих моторних олив, що працюють, і моторних мастил, що працюють, під час експлуатації тракторів, комбайнів, автомобілів та іншої техніки.



Рис. 2.7. Загальний вигляд переносної лабораторії

До комплекту переносної лабораторії входять: компаратор в'язкості, комплект засобів і пристосувань для оцінювання забрудненості оливи та її МДС методом «крапельної проби».

Контрольовані показники якості мастил: кінематична в'язкість у діапазоні 5-16 мм²/с (сСт), вміст механічних домішок у діапазоні 0 % - 0,8 % і більше, мийно-диспергувальні властивості в діапазоні 1-9 балів, лужне число в діапазоні 1,5-6,0 мг КОН/г оливи, вміст води в діапазоні 0 % - 0,25 % і вище.

Портативна лабораторія компанії Kittiwake (Великобританія) дає змогу оперативно вимірювати найбільш значущі характеристики всіх типів мастильних матеріалів: наявність води, лужне число, механічні домішки, в'язкість, кислотне число. Лабораторія електронного тестування Kittiwake, акредитована НАТО, призначена для особливо важливих військових об'єктів і поставляється в переносному металевому футлярі військового призначення. Лабораторія забезпечує отримання результатів випробування близькими за точністю до випробувань у лабораторних умовах. Загальний вигляд портативної лабораторії Kittiwake наведено на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Портативна лабораторія Kittiwake для аналізу якості мастильних матеріалів і палив

У комплект портативної лабораторії входять віскозиметр з підігрівом, приставка для визначення води, кислотного і лужного чисел і вмісту нерозчинних механічних домішок, набори пристосувань і реактивів.

Контрольовані показники якості оливи: кінематична в'язкість у діапазоні 0-500 сСт випробовуваної оливи за 40 °С, 50 °С або 100 °С; вміст води в діапазоні 0 % - 2,5 %; лужне число в діапазоні 0-90 мг КОН/г оливи; кислотне число в діапазоні 0-6 мг КОН/г мастила; вміст нерозчинних механічних домішок у діапазоні 0 % - 2,5 %.

Комплект для тестування Mobil Serv Field Analysis (США) (рис. 2.9) призначено для простого і швидкого тестування всіх типів мінеральних і синтетичних мастил у польових умовах.



Рис. 2.9. Комплект для тестування мастил Mobil Serv Field Analysis Mobil Serv Field Analysis

Комплект дає змогу визначати зміну в'язкості, наявність і кількість води, наявність нерозчинних в мастилі механічних домішок (якісна оцінка), кислотне і лужне числа.

У комплект для тестування Mobil Serv Field Analysis входять компаратор в'язкості Mobil ServSM Flostick, осередок Mobil ServSM DIGI для визначення води в оливі та лужного числа, повні комплекти для тестування кислотного числа Mobil Serv TAN і нерозчинних механічних домішок Mobil Serv Insolubles.

Контрольовані показники якості мастила: зміна в'язкості порівняно зі свіжим мастилом; діапазон вмісту води становить 200-10 000 ppm (0,02% - 1,00%), лужне число –0-100 мг КОН/г оливи, кислотне число –0-6 мг КОН/г мастила, оцінка нерозчинних у мастилі механічних домішок – якісна.

Комплект для аналізу промислових мастил Mobil Serv Field (США) (рис. 2.10) призначений для простого і швидкого тестування стану мінеральних і синтетичних мастил у польових умовах.



Рис. 2.10. Комплект для аналізу промислових мастил Mobil Serv Field

Комплект дає змогу визначати в'язкість мастила, наявність і кількість води, наявність нерозчинних механічних домішок і температуру оливи та деталей двигуна.

У комплект для аналізу промислових мастил Mobil Serv Field входять компаратор в'язкості Visgage©, осередок Mobil ServSM DIGI для визначення води в мастилі, патч-комплект Mobil Serv DS-K3 для тестування нерозчинних механічних домішок, прилад Tempilstik і кишеньковий термометр для визначення температури.

Контрольовані показники якості мастил: зміна в'язкості порівняно зі свіжою з отриманням абсолютних значень у сСт, вміст води в діапазоні 200-10 000 ppm (0,02% - 1,00%), оцінка нерозчинних в оливі механічних домішок – якісна, діапазон вимірюваних температур – від -10 °С до 110 °С.

Крім розглянутих експрес-лабораторій, зібраних з окремих приладів, пристосувань і витратних матеріалів у кейсах, наразі розроблено пристрої, що дають змогу визначати один або кілька показників якості олії

«Універсальний аналізатор якості нафтопродуктів (рис. 2.11) виготовлено на базі сучасного високоточного мікропроцесора. Прилад може використовуватися спільно з персональним комп'ютером або ноутбуком за допомогою USB-інтерфейсу» [16].



Рис. 2.11. Загальний вигляд аналізатора якості нафтопродуктів

До комплекту постачання аналізатора якості нафтопродуктів входять: електронний обчислювальний блок; датчик № 1 для визначення показників якості свіжого мастила; датчик № 2 для визначення показників якості мастила, що працює; імітатор проби; програмне забезпечення для персонального комп'ютера.

Дія приладу заснована на визначенні діелектричної проникності мастила. Прилад дає змогу визначати: ступінь чистоти мастила в діапазоні 95 %-100 %; фірму-виробника (марка); лужне число в діапазоні 0-24 мг КОН/г мастила; вміст механічних домішок у діапазоні 0 %-3 %.

Система контролю зносу (див. рис. 2.12) – прилад для динамічного контролю стану вузлів тертя, призначений для спостереження за температурою і вмістом часток зносу в мастилонаповнених агрегатах (коробка передач, картер двигуна, редуктори, компресори, верстати тощо).



Рис. 2.12. Система контролю зносу агрегату

Показання приладу бездротовим зв'язком BlueTooth передаються на телефон або планшет: поточний стан вузлів тертя; графіки залежності концентрації частинок зносу від часу; прогноз і рекомендації щодо термінів заміни оливи та проведення відповідних ремонтних робіт.

Універсальний індикатор (рис. 2.13) призначений для експрес-аналізу наявності присадок у моторних мастилах і технічних рідинах. У центр індикатора наноситься крапля, і за зміною її кольору протягом 5-15 хв робиться висновок про наявність присадок.



Рис. 2.13. Універсальний індикатор

Віскозиметр В-200М (рис. 2.14) дає змогу вимірювати густину, динамічну та кінематичну в'язкість моторного мастила за температур до 100 °С без використання додаткового обладнання (термостата, водяної бані).



Рис. 2.14. Віскозиметр В-200М

Прилад дає змогу визначати значення густини мастила до 1000 кг/м^3 , діапазон значень динамічної в'язкості становить $0,005\text{-}0,200 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (сП), кінематичної в'язкості - $5\text{-}150 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт). Значення вимірюваних показників відображаються на дисплеї приладу.

Аналізатор нафтопродуктів А-100 (рис. 2.15) дає змогу визначати наявність і кількість води та охолоджувальної рідини у мастилі. Діапазон вимірювання вмісту води становить $0\text{-}3 \%$, охолоджувальної рідини – $0\text{-}6 \%$.



Рис. 2.15. Аналізатор нафтопродуктів А-100

Аналіз проведених методів і засобів контролю властивостей мастил засвідчив, що на сьогодні існує достатньо широкий вибір для проведення експрес-діагностування моторних мастил сільськогосподарських машин.

2.4. Метод діагностування агрегатів машин за параметрами працюючих мастил

Мастило, як і інші мастильні матеріали, є повноправним конструкційним компонентом вузлів тертя, будучи при цьому носієм інформації про свій стан, стан систем агрегатів і механізмів машин.

Мастило можна вважати унікальним елементом будь-якого агрегату, що працює в системі рідкого змащення, бо воно одночасно контактує не тільки з усіма поверхнями тертя, а й з іншими поверхнями, які, з'єднуючись між собою через ущільнення, утворюють герметичний об'єм системи змащення механізму. Тому будь-які витoki, втрата герметичності або несправності таких систем

механізмів, як системи охолодження, подачі пального, очищення повітря, а також ущільнювальних пристроїв рухомих з'єднань, що виконують функцію захисту від абразивних та інших забруднень, відображаються на стані мастила. Кожна несправність залишає свій індивідуальний «відбиток» на властивостях мастила, що працює.

Крім того, під час змащування мастило омиває всі елементи механізму, і водночас не тільки створює умови для оптимального функціонування пар тертя, а й забирає з їхніх зазорів частинки зносу, акумулює і потенційно зберігає їх у собі. Розмір, концентрація і морфологія частинки зносу безпосередньо відображають процеси, які мають місце в зоні фактичного контакту поверхонь, що труться. Не існує інших методів, порівнянних за цінністю одержуваної діагностичної інформації, які б могли надати настільки адекватні та різнопланові показники, здатні всебічно характеризувати процеси тертя і зношування робочих поверхонь деталей механізмів.

Проба працюючого мастила, правильно взята з картера механізму, здатна дати уявлення про стан об'єкта загалом: про справність його окремих систем, про штатне або підвищене зношування поверхонь тертя, стан присадок тощо. Це можливо тому, що мастило є не тільки чутливим і ємним приймачем інформації, що надходить від багатьох процесів, які відбуваються в агрегатах машин, а й багатофункціональним носієм діагностичної інформації, здатним безперервно підтримувати повну її відповідність фактичному стану механізму.

Ретроспективний аналіз властивостей мастила, що працює, дає змогу отримати інформацію, яка необхідна для прогнозування технічного стану механізму та мастила.

Діагностика механізмів за параметрами мастила, що працює, порівняно з іншими видами діагностики, дає найкращі результати як за достовірністю, так і за спектром одночасно контрольованих показників, що мають різну фізичну та хімічну природу явищ, та одержуваним ефектом у частині підвищення надійності об'єктів, що діагностуються. Це пояснюється тим, що у 80...90 % випадків низька надійність вузлів тертя в умовах експлуатації зумовлена

неправильним призначенням і використанням мастильних матеріалів [17], і цей метод дає змогу безпосередньо виявляти причини відмов і підвищеного зносу. Інші методи технічної діагностики спрямовані на контроль зазорів, витоків газів і рідин, вібрацій, прискорень, що можуть відображати фрикційні процеси, що відбуваються в зоні безпосереднього тертя і зношування робочих поверхонь деталей, лише побічно, отже, і менш адекватно. Тому моніторинг стану мастил і агрегатів доцільно використовувати як початковий, тобто перший із впроваджуваних на підприємстві методів у системі ТО мобільних машин, що дає змогу істотно знизити витрати на їх підтримання в працездатному стані, зокрема завдяки зниженню потреби в запасних частинах у 1,5...2,0 рази та мастил у 2...3 рази [18].

Однак вважати настільки цінною діагностичну інформацію можна тільки в тому випадку, якщо існує достатній і необхідний комплекс методів, що забезпечують, із застосуванням відповідних показників якості, достовірне розпізнавання стану базових властивостей мастил, які визначають її працездатність, і справність основних систем агрегатів машин.

Розроблення нових методів аналізу властивостей досліджуваного об'єкта завжди пов'язане з вибором структурних і діагностичних параметрів, яких, наприклад, у мастилі, що працює, безліч. Для розпізнавання стану конкретної властивості оливи необхідно виділити із загальної кількості інформації тільки ту, яка необхідна і достатня для здійснення цієї процедури. За системного підходу до обґрунтування методів необхідно виявити всі значущі чинники і таким чином врахувати дію зовнішнього середовища. Далі можна обґрунтувати структурні та діагностичні параметри і серед них вибрати ті, взаємозв'язки яких будуть близькі до функціональних, що забезпечить кращі умови для розпізнавання стану об'єктів.

Розпізнавання станів мастил і агрегатів машин практично завжди здійснюється в тестовому режимі. Отже, необхідно обґрунтувати вид тестових впливів для кожного з розроблюваних методів. З викладеного випливає, що

процес розроблення нових методів складний і неоднозначний, тому необхідний науковий підхід до їх обґрунтування (рис. 2.16).

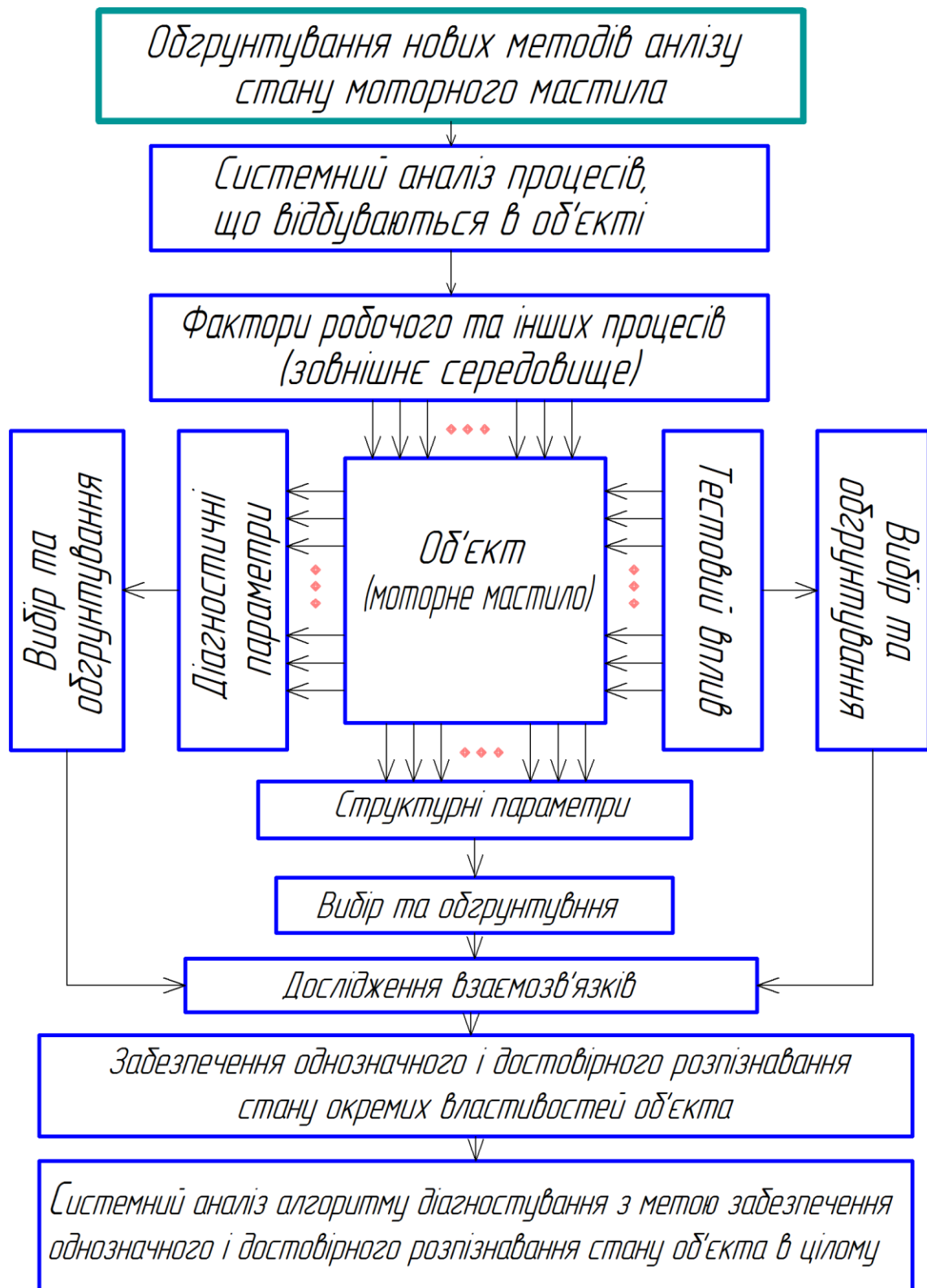


Рис. 2.16. Схема розробки нових методів аналізу якості мастил

Після цього можна здійснити етап синтезу отриманого знання, тобто системно проаналізувати і прописати взаємозв'язки структурних і діагностичних параметрів, шляхи забезпечення однозначного та достовірного розпізнавання кожної з аналізованих властивостей і стану об'єкта загалом.

Таким чином, показники якості мастил, структурні та діагностичні параметри і види тестових впливів, методи, обґрунтовані для однозначного і достовірного розпізнавання фактичного стану властивостей мастил і агрегатів машин, формують основу, тобто базовий принцип методу діагностування машин за параметрами працюючого мастила.

Метод діагностування механізмів за параметрами мастила, що працює, передбачає такі основні етапи: відбір представницької проби мастила з картера агрегату; зчитування необхідної інформації з проби мастила з використанням відповідних методів і засобів аналізу; розпізнавання фактичного стану механізму й агрегатів машин, зокрема й мастила; вироблення оперативних заходів з керування технічним станом об'єктів; прогноз щодо їхнього технічного стану на майбутній період.

Проба працюючого мастила, взята з картера агрегату, вважається представницькою в тому разі, коли її властивості не відрізняються від властивостей оливи, що знаходиться в картері агрегату. Для виконання цієї умови пробу відбирають протягом 1...2 хвилин після зупинки машини, яка до цього виконувала характерну для неї роботу. Проба відбирається з глибини 4...7 см відносно дзеркала мастила в картері. Проба не буде представницькою, якщо ДВЗ прогрітий функціонуванням на холостому ході. Тому вимога забезпечення показності проби мастила є основоположною.

Для зчитування необхідної діагностичної інформації з проби мастила застосовують два методи (рис. 2.17):

- діагностування за фізико-хімічними показниками якості мастила;
- діагностування за параметрами частинок зносу в мастилі.

Кожен із них характеризується специфічними способами контролю, переліком структурних і діагностичних параметрів і відповідними засобами.

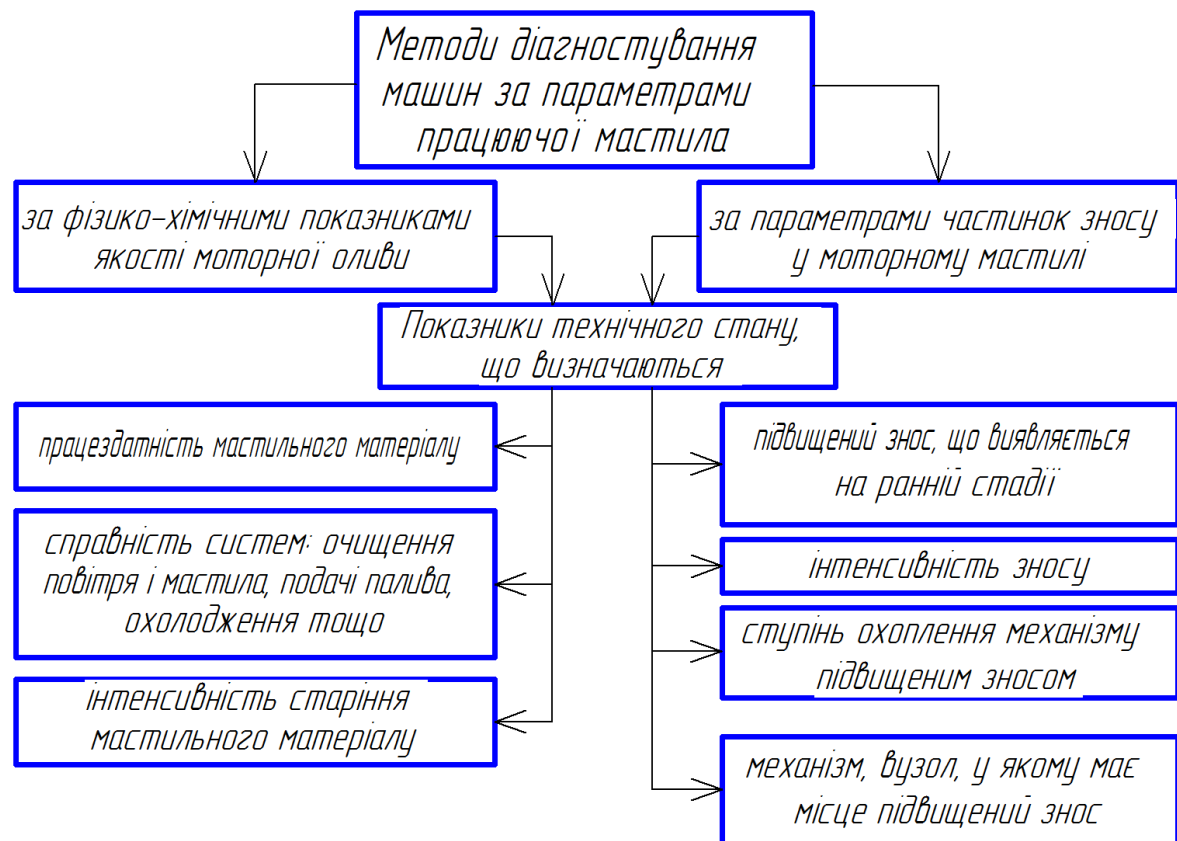


Рис. 2.17. Діагностування машин за параметрами працюючого мастила визначаються показники технічного стану машин

Найширшого поширення набули методи першого типу. Методи діагностування механізмів за параметрами частинок зносу використовують переважно на авіаційному та залізничному транспорті, а також у дослідницьких цілях.

Методи не дублюють, а взаємно доповнюють один одного, принципово підвищуючи достовірність результатів діагностування і розпізнавальні їхні можливості.

Моніторинг стану мастил і агрегатів машин реалізують методами двох типів: експрес і лабораторними.

Лабораторні методи і засоби є основою системи оцінювання властивостей мастильних матеріалів під час їх розроблення, випробування, вироблення, реалізації та використання за призначенням.

Реалізація цих методів передбачає високу кваліфікацію персоналу, наявність дорогого обладнання, значні капітальні вкладення на створення

лабораторії, істотні витрати на витратні матеріали. Основний їхній недолік полягає в надзвичайно високих трудових і часових витратах на аналітичні роботи з контролю якості оливо. Перевагою такої лабораторії є широкі можливості за спектром контрольованих показників якості мастильних матеріалів, але тільки за наявності відповідного обладнання, і висока достовірність. Знизити витрати праці та часу на аналізи в цьому разі не є можливим, оскільки методики визначені наперед, а пропускну спроможність такої лабораторії може бути збільшено тільки збільшенням кількості обладнання та виконавців робіт.

Слід зазначити, що експрес-методи не можуть повністю замінити лабораторні методи, але на їхній основі доцільно забезпечувати контроль або моніторинг стану оливо і агрегатів в умовах реальної експлуатації машин. Вони скорочують у десятки разів трудомісткість і час на отримання оцінки якості оливи в тих випадках, коли не потрібен лабораторний аналіз.

2.5. Сучасні вимоги до засобів експрес-аналізу властивостей мастил

Розглянемо критерії, на основі яких можна здійснити об'єктивну оцінку основних характеристик відомих вітчизняних і зарубіжних засобів експрес-оцінки стану оливо і агрегатів машин.

Аналіз відомої літератури [16-21] дозволив виробити основні вимоги до службових властивостей, до яких слід віднести:

- простота і низька трудомісткість оцінки кожної властивості мастила;
- можливість виконання експрес-аналізу оливо у польових і стаціонарних умовах;
- відсутність потреби у фірмових витратних матеріалах і мінімальна потреба в загальнодоступних витратних матеріалах;
- можливість якісної та кількісної оцінки показників для скорочення часу аналізу окремих властивостей;

- застосування універсальних методів і засобів, що дають змогу оцінювати кілька, зокрема й одночасно, властивостей оливи з метою забезпечення компактності засобів і зниження трудомісткості аналізу мастила загалом;

- відсутність потреби в лабораторному скляному посуді та приладах;

- можливість дублювання за необхідності різними методами оцінки окремих властивостей якості мастил для забезпечення однозначного розпізнавання стану аналізованої властивості;

- можливість ухвалення достовірного рішення про стан мастила та агрегатів машин на основі сформованого комплексу показників;

- наявність у комплекті портативних засобів пробовідбірника для взяття проб гарячого мастила з картерів агрегатів машин через отвір оливомірної лінійки.

Комплекс показників якості моторних мастил:

група показників для працюючого мастила:

- показники, що характеризують справність систем ДВЗ: наявність і концентрація охолоджувальної рідини; наявність і концентрація пального та наявність абразивних частинок;

- фізико-хімічні властивості працюючого мастила: фактична в'язкість мастила, фактичний рівень диспергувально-стабілізаційних властивостей, рН (для оцінки протизадирних, протизносних, нейтралізаційних властивостей і виявлення сильних кислот і лугів), загальна забрудненість мастила механічними домішками, зокрема абразивними частками та продуктами зносу металевих деталей - частинок зносу;

група показників для свіжих мастил:

- показники, що характеризують можливе їхнє забруднення: наявність і концентрація води, наявність і концентрація палива, а також наявність абразивних часток та інших механічних домішок;

- показники, що характеризують зміну експлуатаційних властивостей мастил під впливом цих забруднювачів: фактична в'язкість мастила, фактичний

рівень активності диспергувально-стабілізаційної присадки, рН (для оцінки нейтралізуючих, протизношувальних і протизадирних властивостей).

Експрес-методи оцінки показників якості моторного мастила повинні задовольняти таким вимогам:

- простота і низька вартість пристроїв і пристосувань, низька трудомісткість оцінки кожної властивості мастила;
- портативність, мала вага, невеликі розміри та ергономічність пристроїв і пристосувань, малий об'єм проби моторного мастила, що витягується з ДВЗ;
- можливість виконання експрес-аналізу мастил в безпосередньо в організаціях АПК, а також у польових умовах без залучення вузьких фахівців;
- відсутність потреби у фірмових витратних матеріалах, склад яких є ноу-хау фірм-виробників;
- можливість якісної та кількісної оцінки показників за короткий проміжок часу;
- застосування універсальних методів і засобів, що дають змогу оцінювати кілька показників якості мастил, у т. ч. одночасно;
- можливість дублювання за необхідності різними методами оцінки окремих показників якості оливи для забезпечення однозначного розпізнавання стану аналізованого показника;
- можливість ухвалення достовірного рішення про стан оливи і технічний стан ДВЗ на основі сформованого комплексу показників.

Аналіз подібної інформації дає змогу зробити такі висновки:

- на ринку відсутні портативні засоби, які забезпечують однозначне і достовірне розпізнавання стану свіжих мастил і агрегатів машин, що працюють, у стаціонарних і польових умовах;
- значна частина комплексів експрес-методів, які використовуються в портативних засобах, добирається за принципом «перевіряю те, що можу», а не тому, що необхідно для адекватного оцінювання справності систем ДВЗ, працездатності свіжих мастил та мастил, що працюють.

2.6. Обґрунтування необхідності вдосконалення відомих методів експрес-діагностування

За повний цикл експлуатації машин експлуатаційні витрати, витрати на ремонт і запасні частини в кілька разів перевищують витрати на виготовлення нової техніки [11]. Це призводить до неефективного використання як матеріальних, так і людських ресурсів. Тому нині дедалі більшою мірою реалізується тенденція розроблення зносостійких вузлів машин, які за умови використання експлуатаційних методів забезпечення зносостійкості, зберігають працездатність аж до морального старіння.

Прагнення до підвищення надійності та екологічності мобільних машин вимагає підвищення зносостійкості їхніх вузлів тертя, що визначається і станом мастил; у випадках втрати мастилом працездатності знижується зносостійкість вузлів тертя агрегатів машин на 2...3 порядки, що попередити не видається можливим через відсутність необхідних експрес-методів і портативних засобів.

За дослідженнями [10, 11], забруднення мастил охолоджувальною рідиною або паливом має місце у 50...90 % машин залежно від пори року. Це призводить до реалізації технічного ресурсу, наприклад ДВЗ автомобілів, зазвичай на рівні не більше 100 тис. км.

Таким чином, дуже важлива наукова та господарська проблема, яка пов'язана з ефективним використанням мобільних сільськогосподарських машин, є важливою та потребує вирішення.

Загальна трудомісткість моніторингу стану мастил визначається головним чином двома факторами: періодичністю відбору проб працюючих мастил; типом методів контролю стану мастил.

Періодичність оцінки стану мастил безпосередньо і прямо пропорційно впливає на загальну трудомісткість моніторингу якості оливи незалежно від типу застосовуваних методів. З технічних позицій періодичність відбору проб мастил залежить від таких факторів [13]: типу діагностичної машини; умов, у яких вона використовується; експлуатаційного навантаження; робочого циклу.

Ці чотири чинники є тільки орієнтирами для визначення періодичності оцінки стану мастил, оскільки періодичність багато в чому залежить від результатів аналізу мастила та умов і режимів експлуатації машини.

Для середніх умов використання машин загальногосподарського призначення зазвичай проби мастил відбирають не рідше ніж через 60 (100) мото-годин (1500 км пробігу), тобто під час кожного ТО. Це зумовлено тим, що проміжок часу між зародженням підвищеного зносу і його розвитком до моменту настання аварійної ситуації становить зазвичай 100... 150 мото-год, максимум - 200 мото-год [13]. Якщо відбір проб здійснюється рідше, тобто через більший інтервал часу, ніж ТО-1, то оперативне управління технічним станом машин і запобігання розвитку підвищеного зносу вузлів тертя на ранній стадії стає недоступним, а зберігається лише можливість точкової оцінки якості працюючої оливи.

За жорсткіших умов експлуатації машин, зокрема за умови прискорених стендових випробувань, період часу розвитку підвищеного зносу до стадії аварійного становить 40...50 мото-годин [13].

Отже, частка трудомісткості робіт з оцінки якості мастил аналітичними методами в умовах підприємства становить від загальної трудомісткості ТО для тракторів 27...40 %, для автомобілів – 36...47 %, для комбайнів – 81...109 %.

У середньому для загальногосподарських мастил ця частка становить 39...53 %. Якщо аналіз мастил здійснюється на стороні, ця частка становить для тракторів 80 %, для автомобілів – 94 %, для комбайнів – 218 %. У середньому для загальногосподарських машин ця частка становить 106 %.

Ці дані дають змогу стверджувати, що трудомісткість моніторингу якості мастил із застосуванням аналітичних методів становить від загальної трудомісткості ТО 50... 100 %, що знижує показники ефективності використання машин.

Водночас в умовах підприємств моніторинг свіжих мастил, що працюють, не потребує настільки глобальних можливостей аналітичних лабораторій.

Тому головний напрямок розв'язання протиріччя має бути пов'язаний з розробкою нових, удосконаленням існуючих та широким використанням експрес-методів і відповідних їм портативних засобів.

2.7. Висновки по розділу 2

За результатами огляду літературних джерел встановлено:

1. На даному етапі розвитку машинобудування реалізувати високу зносостійкість і надійність вузлів тертя, що відповідає сучасному рівню, неможливо без застосування експлуатаційних методів, зокрема без систематичного контролю якості свіжих мастил. Моніторинг стану мастил і агрегатів машин дасть змогу раціонально використовувати ресурс машин і мастил

2. Аналіз існуючих методів експрес-діагностування моторного мастила в процесі експлуатації автотракторних двигунів показав, що вони здебільшого спрямовані на визначення технічного стану мастила, на зміну її фізико-хімічних властивостей, вміст продуктів спрацьовування деталей двигуна і продуктів старіння самої мастила.

3. Аналіз засобів контролю властивостей мастил засвідчив, що на сьогодні існує достатньо широкий вибір приладів та уст устаткувань для проведення експрес-діагностування моторних мастил сільськогосподарських машин.

4. Для розпізнавання фактичного стану властивостей мастил агрегатів машин обґрунтовані показники якості мастила, які формують основу базового методу діагностування машин за параметрами працюючого мастила.

5. Сформульовані вимоги до експрес-методів оцінки показників якості моторного мастила.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Показники якості моторних мастил

Якість свіжих, працюючих і відпрацьованих мастил зазвичай оцінюють за допомогою специфічних груп одиничних показників [17].

Для свіжих мастил перелік визначається типом мастила: як правило, він не перевищує десяти показників. Однак під час купівлі мастила контролюють тільки ті показники якості, які внаслідок порушення правил транспортування та зберігання мастил можуть змінитися. Насамперед це стосується забруднення мастила водою і паливом, а також зниження рівня диспергувально-стабілізаційних, протизносних і протизадирних властивостей, невідповідності групи в'язкості та марки мастила. Додатково можна перевірити мастило на наявність абразивних частинок. Аналіз цих показників забезпечить придбання на нафтобазі якісного мастила з необхідними експлуатаційними властивостями.

Мастило, що працює, аналізують з метою оцінки його фактичного стану та діагностики змащувального механізму, що дає змогу оперативно керувати технічним станом транспортного засобу та забезпечувати заміну мастил за їхнім фактичним станом. Перелік показників, що всебічно характеризують зміну окремих базових службових властивостей мастил, яка працює, залежить від кліматичних умов, у яких експлуатується мастило, особливостей її конструкції, умов і режимів використання, технічного стану та інших чинників.

У відпрацьованих мастил аналізують властивості з метою визначення можливості його використання як сировини для вироблення на спеціалізованих підприємствах регенерованих і свіжих товарних мастил.

Розглянуті показники систематизовано та наведено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Показники якості моторного масла

Розглянемо показники якості працюючих моторних мастил. Усі показники можна умовно поділити на дві групи, що характеризують:

- технічний стан систем ДВЗ;
- фізико-хімічні властивості мастила.

Аналіз мастил зазвичай починають із показників першої групи, оскільки під час виникнення несправності, наприклад у системі охолодження, подачі пального, очищення мастила або повітря, до мастила потрапляють охолоджувальна рідина, пальне, абразивні та інші нерозчинні в мастилі частки, що зумовлює втрату нею працездатності впродовж дуже короткого проміжку часу. Визначення цих показників дає змогу запобігати підвищеному зносу вузлів тертя на ранній стадії його розвитку та аварійним відмовам.

Якщо ДВЗ справний, то в процесі експлуатації мастила старіє поступово, і її працездатність оцінюють за показниками другої групи із застосуванням їхніх граничних значень.

Аналіз відомих груп одиничних показників якості мастила [12] свідчить про те, що практично всі з них передбачають оцінку її в'язкості. Це пояснюється тим, що в'язкість є базовою характеристикою мастила.

За умови штатного функціонування ДВЗ у міру збільшення напруження мастила в'язкість зростає. Водночас, з позицій аналізу зміни якості мастила, вона є узагальнювальним показником. Зміна в'язкості мастила головним чином залежить від ступеня її забруднення паливом і нерозчинними в мастилі продуктами, а також від її диспергувально-стабілізувальних властивостей.

Паливо діє на масло, безпосередньо розріджуючи його. Нерозчинні в мастилі продукти чинять на його загущувальну дію. Дисперсанти опосередковано сприяють зменшенню зростання в'язкості мастила завдяки зниженню інтенсивності, по-перше, накопичення нерозчинних в мастилі забруднень і, по-друге, утворення низькотемпературного шламу. Тому для адекватної оцінки зміни в'язкості мастила необхідно контролювати не тільки

в'язкість, а й концентрацію пального в мастилі, ступінь забруднення нерозчинними продуктами та диспергувально-стабілізаційні властивості.

Найважливішою складовою сучасних мастил є присадки диспергувально-стабілізуючі, протизносні, протизадирні та нейтралізуючі, активність яких визначає працездатність мастила в цілому.

Під час функціонування мастила в ДВЗ під впливом факторів робочого процесу в ньому можуть утворюватися сильні кислоти і луги, які сприяють інтенсифікації корозійного зносу деталей. Тому їх наявність у працюючому мастилі не допускається.

Нерозчинні продукти як характеристика забрудненості мастила механічними домішками є комплексним показником, бо до складу нерозчинних продуктів входять не тільки продукти неповного згоряння палива, окислення базової мастила та присадок, а й абразивні частки, металеві частинки зносу робочих поверхонь вузлів тертя тощо.

Несправності системи очищення повітря або пошкодження ущільнювальних пристроїв масляного картера ДВЗ створюють умови для проникнення в мастило абразивних частинок, що призводить до різкої інтенсифікації зношування всіх поверхонь тертя, які змащуються мастилом. Тому їх наявність у працюючому мастилі також не допускається.

Присутність у мастилі, що працює, середніх і великих металевих частинок, які, як відомо, можуть утворюватися тільки в разі підвищеного й аварійного зношування робочих поверхонь вузлів тертя відповідно, свідчить про порушення штатного режиму функціонування одного або декількох сполучень механізму. У таких випадках експлуатацію машини слід негайно припинити для попередження аварійної ситуації та з'ясування причин підвищеного зношування.

Представлений аналіз показників якості моторного мастила свідчить про те, що про її стан можна судити за низкою показників. Однак, як впливає з рис. 3.1, поставивши собі за мету дослідження, можна визначити необхідні показники моторної мастила для контролю.

Нами пропонується зупинитися на параметрах, що характеризують технічний стан двигуна. Одним із яких є наявність палива в моторному маслі.

Дизельне паливо може потрапляти в моторне мастило різними способами: по-перше, під час прориву газів із камери згоряння через зношення поршневих кілець або порушення сполучень циліндро-поршневої групи; по-друге, внаслідок несправності паливних форсунок; по-третє, внаслідок виходу з ладу паливного насоса через зношення плунжерних пар або порушення його ущільнень [12].

Попадання палива в моторне мастило призводить до зниження в'язкості та, відповідно, змазувальної здатності, що призводить до порушення цілісності мастилної плівки між парами, які труться, а також до руйнування та втрати функціональної здатності присадок (детергентів і диспергаторів), які сприяють збільшенню швидкості окиснення мастила.

Наведені вище фактори свідчать про необхідність проведення регулярного контролю за наявністю палива в моторному мастилі безпосередньо в процесі роботи ДВЗ.

3.2 Удосконалення експрес-методів визначення вмісту палива в моторному мастилі

3.2.1 Існуючі методи експрес-діагностування вмісту палива в моторному мастилі

Нині для визначення наявності палива в моторній мастилі використовується кілька методів.

У стандартах ASTM [14] для визначення наявності та вмісту палива в моторній мастилі використовуються методи інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є і газової хроматографії. Такі методи засновані на використанні дорогого вузькоспеціалізованого обладнання, потребують для роботи на ньому висококваліфікованих фахівців і не можуть бути використані в умовах АПК.

Відомий також експрес-тест оцінки вмісту пального в моторній мастилі резонансним методом кмастилального контуру. Для моторних мастил, розбавлених дизельним паливом, цей метод дає похибку між теоретичними розрахунками та експериментальними дослідженнями, що дорівнює 16,57 %, на відміну від мастил, розбавлених бензином, для яких ця похибка становить 2,37 %.

Також запропоновано судити про наявність палива за зміною в'язкості моторного мастила, що працює, порівняно зі свіжим. Під час потрапляння пального в мастило його в'язкість знижується і підвищується через забруднення механічними домішками, додавання мастила більшої в'язкості, потрапляння води та охолоджувальної рідини, а також внаслідок температурної деструкції мастила під час її перегріву. У зв'язку з цим оцінка наявності пального в моторній мастилі за зміною в'язкості не є однозначною і потребує додаткового експрес-тестування іншими методами.

Присутність палива в моторній мастилі можна також визначати методом «краплинної проби» [10], за наявністю світлого ореолу на кордоні масляної плями, який добре помітний при перегляді хроматограми «на просвіт». Збільшення ширини ореолу свідчить про збільшення вмісту палива в моторному маслі. Однак цей метод не дає змоги кількісно оцінити вміст пального в моторній мастилі, а тому потребує додаткового експрес-тестування іншими методами.

Для оцінки працездатності моторного мастила за вмістом у ній палива [12] можливе використання методу, що базується на визначенні температури спалаху в закритому тиглі (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Загальний вигляд електротигля з набором пристосувань

Такий пристрій (див. рис. 3.2) завдяки додатковому внесенню спеціальних пристосувань дає змогу послідовно визначати наявність палива.

За температури спалаху масла, що дорівнює $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, його стан «придатний», за $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ - «допустимий», за $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ - «граничний» і за $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ - «аварійний», а вміст палива за таких температур становить, відповідно, 0 %, не більше 3 %, не більше 7 % і більше 7 %. Цей метод дає змогу оцінити працездатність моторного мастила, але простежити кількісну зміну вмісту в ній палива безпосередньо в процесі експлуатації ДВЗ не є можливим.

3.2.2 Методика експрес-діагностування вмісту палива в моторному мастилi

Для контролю наявності та кількості палива в моторному мастилi за температурою спалаху використовували закритий електротигель малого розміру (рис. 3.3), мірну ложку (5 см^3) і діагностичну криву (рис. 3.4) залежності кількості палива в мастилi від температури спалаху.



Рис. 3.3. Електротигель для реалізації експрес-тесту визначення наявності та кількості пального в моторному мастилі

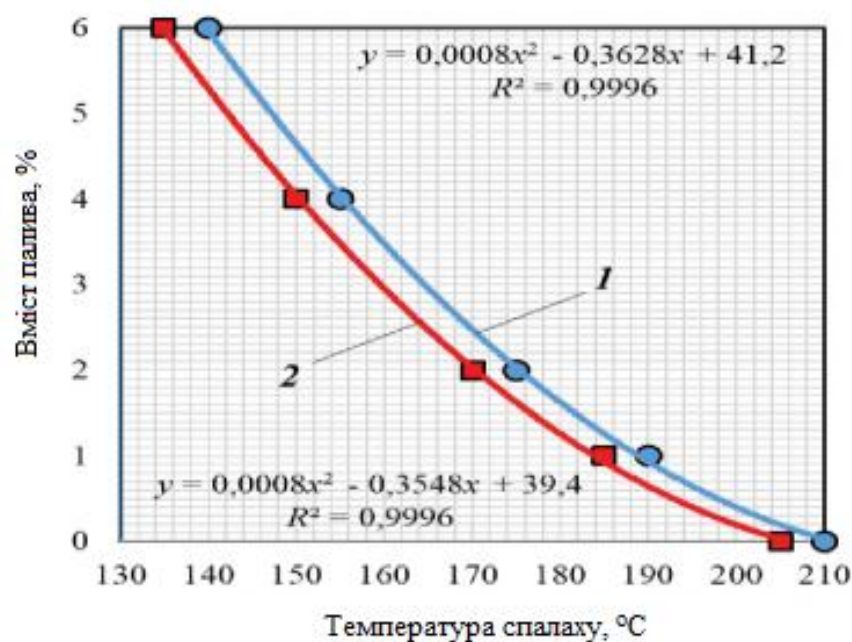


Рис. 3.4. Графік залежності вмісту палива від температури спалаху моторної мастила: 1 – присутність спалаху; 2 – відсутність спалаху

Загальну схему пристрою для реалізації експрес-методу визначення наявності та кількості пального в моторному маслі показано на рис. 3.5.

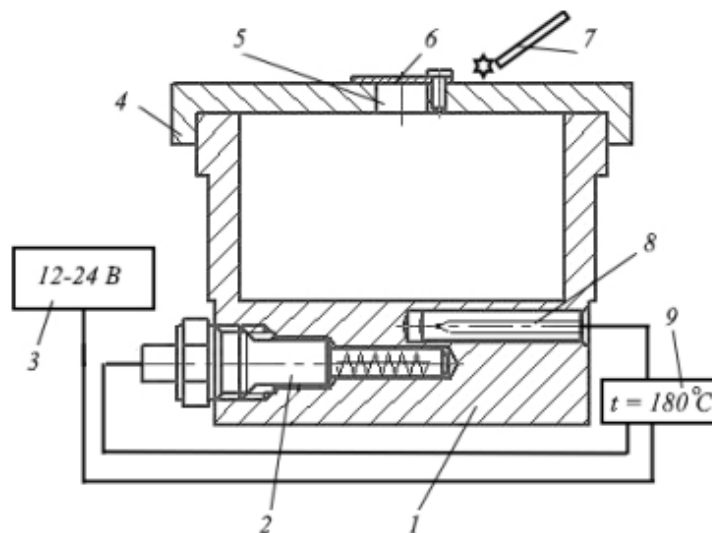


Рис. 3.5. Схема електротигля для реалізації експрес-методу визначення наявності палива в моторному мастилі: 1 – корпус; 2 – електронагрівач (свічки розжарювання); 3 – акумулятор; 4 – кришка; 5 – центральний отвір; 6 – заглушка; 7 – запальник; 8 – термопара; 9 – система контролю та регулювання температури

Для якісного контролю наявності палива в моторному мастилі електротигель із закритою кришкою нагрівають до температури $(180 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Кришку електротигля відкривають, заливають у нього мірною ложкою 5 cm^3 моторного мастила, закривають кришку. Витримують на 1 хв. для прогрівання мастила до температури електротигля.

Відкривають кришку, підносять полум'я запальника і фіксують присутність/відсутність спалаху. Відсутність спалаху за такої температури свідчить про працездатність мастила, оскільки вміст палива в ньому не перевищує 1,5 %.

Після проведення випробувань проводять очищення робочої поверхні пристрою.

Кількісну оцінку вмісту палива проводять аналогічно якісній оцінці, при цьому початкову температуру нагріву обирають такою, що дорівнює від $210 ^\circ\text{C}$ до $205 ^\circ\text{C}$, поступово знижують її з інтервалом $5 ^\circ\text{C}$, фіксують максимальну температуру відсутності спалаху та мінімальну температуру його присутності і

визначають вміст палива в моторному мастилі за графіком залежності (див. рис. 3.4).

Стан мастила за концентрації палива не більше ніж 3 % вважається допустимим; не більше ніж 5 % – при гранично допустимим; більше ніж 5 % – аварійним.

3.2.3 Дослідження використання методу експрес-діагностування вмісту палива в моторному мастилі

Дослідження експрес-методу визначення наявності та кількості пального проводили на мастилах марок Shell Rimula 10W40 (125 год. напрацювання), Лукойл 10W40 (150 год.) і Shell Helix ultra extra 5W30. Результати експерименту представлені на рис. 3.6.



а)

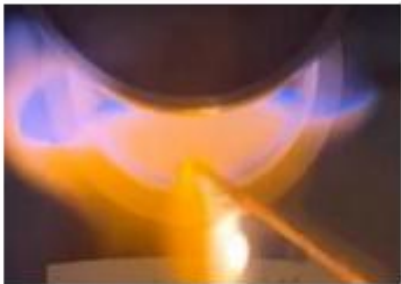
б)

в)

Рис. 3.6. Результати дослідження експрес-методу визначення наявності палива в моторному мастилі: а – Shell Rimula 10W40 (125 год.); б – Лукойл 10W40 (150 год.); в – Shell Helix ultra extra 5W30

Залежність температурного інтервалу спалахування моторного мастила від вмісту палива наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність температурного інтервалу спалахування моторного мастила від вмісту палива

Паливо, %	Температурний інтервал спалаху, °C, і виявлені результати			
	Присутність спалаху		Відсутність спалаху	
0	210	–	205	–
1	190		185	
2	175		170	
4	155		150	
6	140		135	

Аналіз отриманих результатів показав, що в мастилі марки Shell Rimula 10W40 (125 год) спалах при температурі 205 °C не було зафіксовано (рис. 3.6, а), що свідчить про відсутність у ньому палива.

У мастилі марки Лукойл 10W40 (150 год) під час нанесення запальника було помічено короткочасне займання парів пального, зафіксувати яке на фотокадрі за короткий проміжок часу не вдалося. Доказом цього займання може слугувати зафіксований на фотокадрі (рис. 3.6, б) острівчастий факел полум'я запальника, а також короткочасний звуковий хлопок, що свідчить про наявність пального в даному моторному мастилі. За розробленою методикою встановлено, що максимальна температура відсутності спалаху в цього мастила склала 190 °C, що відповідає вмісту в ній палива в кількості 1 %.

У мастилі марки Shell Helix ultra extra 5W30, взятого з двигуна VW Crafter з паливною системою, яка вийшла з ладу, було зафіксовано максимальну температуру відсутності спалаху, яка дорівнювала 150 °C, що відповідає вмісту в ній палива в кількості ~5 %. Таке мастило перебуває в аварійному стані.

Наведені дані свідчать про те, що запропонований метод дає змогу визначити як якісний, так і кількісний вміст пального в моторному мастилі.

Результати експериментальних даних визначення температури спалаху моторного мастила Лукойл 10W40 з напрацюванням 146, 215 і 250 год. представлені на рис. 3.7, а розраховані значення вмісту палива за залежністю з рис. 3.4 – на рис. 3.8.

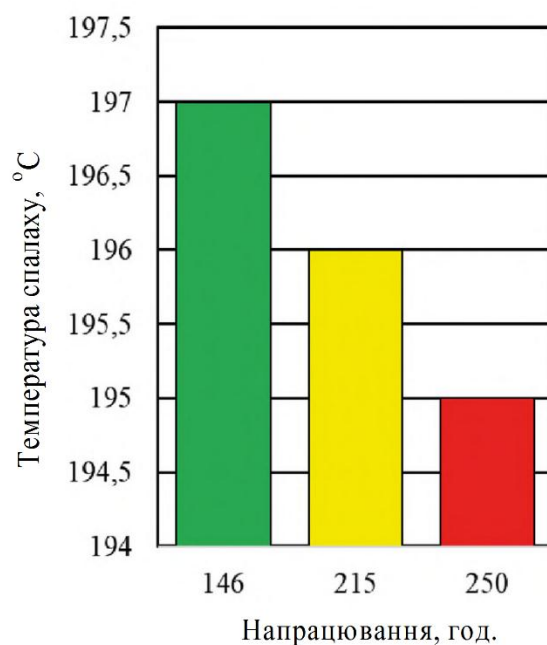


Рис. 3.7. Температура спалаху моторних мастил Лукойл 10W40 з різним напрацюванням

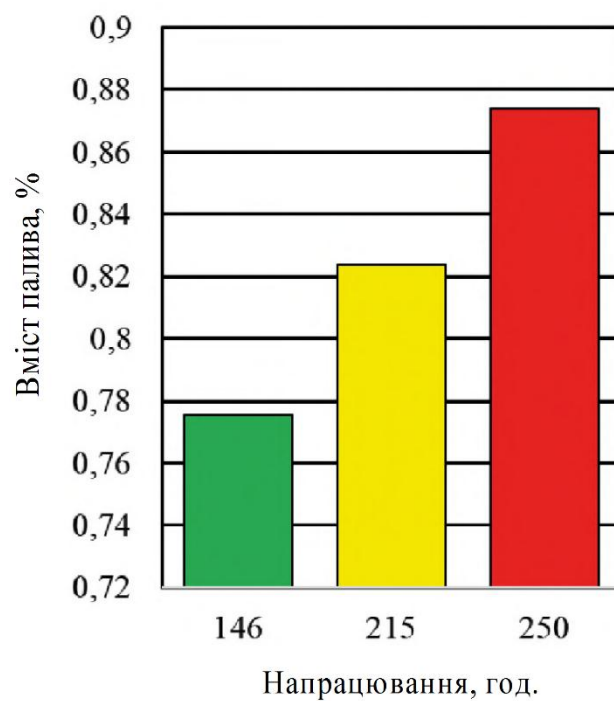


Рис. 3.8. Вміст палива в моторних мастилах Лукойл 10W40 з різним напрацюванням

Отримані експериментальні та розрахункові дані (рис. 3.7, 3.8) свідчать, що зі збільшенням напрацювання моторного мастила температура спалаху падає, а, відповідно, вміст палива в ній збільшується. Така кількість палива в моторному мастилi є допустимою, проте зростання його вмісту свідчить про порушення роботи паливної системи ДВЗ.

На рис. 3.9 наведено експериментальні дані зміни значень в'язкості моторних мастил Лукойл 10W40 з напрацюванням 146, 215 і 250 год. порівняно зі свіжим.

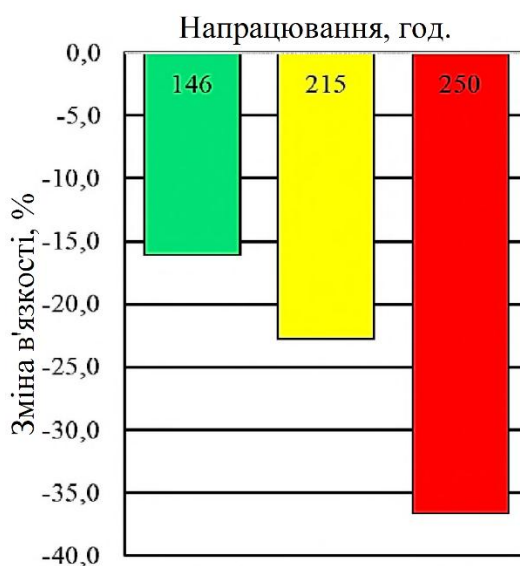


Рис. 3.9. Зміна в'язкості моторних мастил Лукойл 10W40 з різним напрацюванням

Спостережуване зниження в'язкості моторного мастила зі збільшенням його напрацювання (рис. 3.9) підтверджує факт розрідження його паливом.

Аналіз хроматограм, отриманих методом «краплинної проби», під час розгляду «на провіт», для моторних мастил Лукойл 10W40 з напрацюванням 146, 215 і 250 год. показав наявність світлого ореолу на кордоні оливної плями (рис. 3.10), що також підтверджує наявність пального в моторному мастилi.

Використання електротигля малого розміру для проведення експрес-методів визначення температури спалаху та «краплинної проби» дає змогу отримувати якісну та кількісну оцінку вмісту пального в моторному мастилi.

3. Встановлена залежність кількісного вмісту палива в моторному мастилі від температури спалаху, що дало змогу одержати діагностичну криву й аналітичні залежності цих величин, на підставі яких визначено кількість вмісту палива в працюючих моторних мастилах.

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Техніко-економічна ефективність моніторингу стану мастила використанням методу експрес-діагностування

Для оцінки ефективності контролю оливи зіставимо такі варіанти управління технічним станом машин у процесі їх експлуатації:

- із застосуванням планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту;
- з обслуговуванням машин за їхнім фактичним станом із застосуванням методу експрес-діагностування.

Як відомо [11] за планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту машин постійно зберігається співвідношення технічного стану машин: неприпустимий – 34 %, допустимий – 32 %, задовільний – 21 % і тільки 13 % – добрий.

Аналіз фактичного стану мастил, що працюють у ДВЗ, свідчить, що приблизно в половини двигунів, особливо в зимовий період, мастило забруднене одночасно охолоджувальною рідиною і паливом у концентраціях, більших за граничні.

За такого забруднення моторне мастило втрачає базові службові властивості й зумовлює збільшення інтенсивності зносу робочих поверхонь деталей на два - три порядки. У цьому разі вузли тертя працюють фактично в режимі, характерному для прискорених випробувань з екстремальним коефіцієнтом прискорення, а напрацювання між капітальними ремонтами таких ДВЗ найчастіше становить не більше 15...50 тис. км.

Застосування ж моніторингу якості моторних олив дає змогу забезпечити функціонування всіх вузлів тертя ДВЗ у штатному режимі, отже, раціональне використання його технічного ресурсу.

З огляду на вищевикладене, розглянемо ефективність моніторингу якості моторних оливи із застосуванням методу експрес-діагностування за параметрами оливи, що працює, на прикладі виключення випадків функціонування ДВЗ на оливі, забрудненій охолоджувальною рідиною. При цьому вважатимемо, що кількість аварійних ситуацій, після яких потрібен капітальний ремонт ДВЗ, знижується вдвічі.

Річна економія при цьому складе

$$E_p = (B_{кр} - B_{то} - I) \cdot W_{кр},$$

де $B_{кр}$ – витрати на ремонт двигуна, грн.;

$B_{то}$ – витрати на усунення несправностей, пов'язаних із втратою герметичності системи охолодження, грн.;

I – додаткові витрати, пов'язані з моніторингом якості мастил, грн.;

$W_{кр}$ – річна програма капітальних ремонтів, шт.

Термін окупності розраховується таким чином:

$$T_o = \frac{K}{E_p},$$

де K – капітальні вкладення, грн.

Річна кількість капітальних ремонтів тракторів становитиме

$$N_{кр} = \frac{B \cdot n}{A_{кр}},$$

де B – середньорічне напрацювання тракторів;

n – кількість машин, шт.;

$A_{кр}$ – міжремонтне напрацювання між капітальними ремонтами, мото-год.

За даними [6], що приблизно у половини ДВЗ, які працюють, системи охолодження негерметичні і масло забруднене охолоджувальною рідиною. Для попередження підвищеного зносу вузлів тертя ДВЗ необхідно відновити справність цієї системи. Тому приймаємо коефіцієнт охоплення технічним обслуговуванням ДВЗ а, необхідність якого зумовлена втратою герметичності системою охолодження ДВЗ, рівним 0,50.

Число технічних обслуговувань, пов'язаних із відновленням герметичності систем охолодження, можна визначити за формулою

$$N_{TO} = N_{TO-I} \cdot \alpha.$$

Витрати на технічне обслуговування, пов'язані з втратою герметичності системи охолодження:

$$B_{TO} = (B_{зч} + B_{ун}) \cdot N_{TO},$$

де $B_{зч}$ – вартість запасних частин, грн.;

$B_{ун}$ – вартість витрат, пов'язаних з усуненням несправностей, грн.;

N_{TO} – кількість ТО з усунення несправностей у системи охолодження, грн.

Таким чином, стає абсолютно зрозумілим, що використання методів експрес-діагностування сільськогосподарських машин дає змогу за мінімальних трудових і матеріальних витрат забезпечити однозначне розпізнавання стану мастил і агрегатів машин та підвищити експлуатаційними методами надійність і екологічність машин, а також одержати значущий не тільки економічний, а й соціальний ефект.

Економічний ефект досягається за рахунок:

- підвищення надійності машин, що забезпечується реалізацією адекватного оперативного управління їхнім технічним станом із застосуванням необхідного і достатнього комплексу експрес-методів;
- зменшення витрат мастил у 2...3 рази, що досягається їх заміною за результатами моніторингу, тобто за фактичним станом;
- зниженням випадків виникнення аварійних ситуацій у ДВЗ, що потребують капітального ремонту, приблизно на порядок;
- зниження трудомісткості діагностичних робіт і витрат на витратні матеріали завдяки розробленню низькотрудомістких експрес-методів, які не потребують хімреактивів і хімічного посуду.

Технічна ефективність використання методів експрес-діагностування полягає у наступному:

- у запобіганні аварійним ситуаціям і раціональному використанні ресурсу мастил, перетворенні процесу експлуатації машин на більш щадний щодо навколишнього середовища;

- у раціональному використанні технічного ресурсу деталей машин, що дає змогу знизити в кілька разів споживання не тільки запасних частин, а й людських ресурсів, праця яких вкладена у видобуток, переробку корисних копалин і виготовлення запасних частин.

4.2. Висновки по розділу 4

За результатами виконання розділу 4 зроблені наступні висновки:

1. Доведено, що використання методів експрес-діагностування сільськогосподарських машин дає змогу за мінімальних трудових і матеріальних витрат забезпечити однозначне розпізнавання стану мастил і агрегатів машин та підвищити експлуатаційними методами надійність і екологічність машин, а також одержати економічний та технічний ефект.

2. Досягнення економічної та технічної ефективності використання методу експрес-діагностування відбувається за рахунок:

- підвищення надійності машин;
- зменшення витрат;
- зниженням випадків виникнення аварійних ситуацій у ДВЗ;
- зниження трудомісткості діагностичних робіт і витрат матеріалів;
- у запобіганні аварійним ситуаціям і раціональному використанні ресурсу мастил;
- у раціональному використанні технічного ресурсу деталей машин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконання магістерської дипломної роботи, яка присвячена удосконаленню методу експрес-діагностування технічного стану дизелів сільськогосподарських машин, зроблені наступні загальні висновки:

1. Однією з причин низької зносостійкості вузлів тертя ДВЗ є забруднення мастил водою і паливом. Аналіз причин низької надійності та екологічності сільськогосподарських машин дав змогу виявити такі основні причини: застосування непрацездатних мастил для змащування механічних систем машин; відсутність простих експрес-методів, які забезпечують достовірне розпізнавання їх станів.

2. Аналіз існуючих методів експрес-діагностування моторного мастила в процесі експлуатації автотракторних двигунів показав, що вони здебільшого спрямовані на визначення технічного стану мастила, на зміну її фізико-хімічних властивостей, вміст продуктів спрацьовування деталей двигуна і продуктів старіння самої мастила

3. Удосконалено метод оцінки працездатності моторного мастила, який базується на визначенні температури спалаху в закритому тиглі. Для контролю наявності та кількості палива в моторному мастилі за температурою спалаху необхідно лише закритий електротигель малого розміру та діагностична крива залежності кількості палива в мастилі від температури спалаху.

4. Встановлена залежність кількісного вмісту палива в моторному мастилі від температури спалаху, що дало змогу одержати діагностичну криву й аналітичні залежності цих величин, на підставі яких визначено кількість вмісту палива в працюючих моторних мастилах.

5. Доведено, що використання методів експрес-діагностування сільськогосподарських машин дає змогу при мінімальних трудових і матеріальних витратах забезпечити розпізнавання стану мастил і агрегатів машин та підвищити експлуатаційними методами надійність і екологічність машин, а також одержати значний економічний та технічний ефект.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ



1. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, О.В. Козаченко та ін.: Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. — 680 с.
2. <http://www.4sg.com.ua/ru/orgcatalog.php?f=32819>
3. <https://www.google.com/maps/place/Нова+Павлівка/> →
4. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів / Ю. Г. Сорваніді, Д. П. Журавель, А. М. Бондар, О. Ю. Новік. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Люкс», 2021. — 157 с.
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин: Навчальний посібник. — К.: Видавництво Ліра-К, 2017. — 290 с.
6. Технологія технічного обслуговування сільськогосподарської техніки: Навчальний посібник / Л.Ф. Бабицький, І.В. Соболевський, У.С. Абдудгазіс, В.Ю. Москалевич, В.О. Куклін. — Сімферополь, ДІАЙП, 2011. — 448 с.
7. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. — К.: Аграрна освіта, 2013. — 404 с.
8. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки. — Харків: Торнадо, 2000. — 192 с.
9. Інженерна служба сільськогосподарського підприємства: Навчальний посібник. Частина 1. Організація та обґрунтування технічного забезпечення МТП / В.І. Пастухов, Г.В. Фесенко, О.А. Романащенко, С.О. Харченко, В.Л. Лютинський, М.В. Черкашина, Л.П. Присяжна. — Харків: ХНТУСГ, 2009. — 147 с.
10. Технологія технічного обслуговування машин / І.М. Бендера, С.М. Грушецький, П.І. Роздорожнюк, Я.М. Михайлович. — Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2009. — 320 с.

11. Сідащенко О.І. Ремонт машин і обладнання: підручник / О.І. Сідащенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобдо та ін.; за ред. проф. О.І. Сідащенка, О.А. Науменка. — К.: Аграр Медіа Груп, 2018. — 632 с. ¶
12. Практикум з технічного сервісу в агропромисловому комплексі: Навчальний посібник / Л.Ф. Бабишкий, І.В. Соболевський, У.С. Абдугазіс. — Сімферополь, ДІАЙП, 2012. — 332 с. ¶
13. Козаченко О.В. Практикум з технічної експлуатації сільськогосподарської техніки: Монографія / Козаченко О.В., Сичов І.П. та ін.; за ред. О.В. Козаченка. — Харків: Торнадо, 2001. — 374 с. ¶
14. Geehan J. A., Ryason P. R. "Million Mile Bearings: Lessons From Diesel Engine Bearing Failure Analysis" SAE TECHNICAL PAPER SERIES. ¶
15. Lubri-Sensor Oil Quality Analyzer Operating Manual / NORTHERN INSTRUMENTS CORPORATION. — Minnesota. — 16 p. ¶
16. Жерновий А.С. Аналіз та вибір засобу діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. Окремий випуск — К.: ДП «ДержавтотрансНДПроект», 2004. — С. 147—149. ¶
17. Жерновий А.С. Розробка та дослідження методу діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. Окремий випуск — К.: ДП «ДержавтотрансНДПроект», 2005. — С. 56—59. ¶
18. Жерновий А.С. Нові методи та засоби діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. Вип. 3 — К.: ДП «ДержавтотрансНДПроект», 2006. — С. 14—16. ¶
19. Колобов К.С. Вибір діагностичних параметрів для експрес-діагностування дизелів / А.С. Жерновий, О.Д. Климпуш, К.С. Колобов // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник. Вип. 25 — К.: НТУ, 2012. — С. 175—178. ¶

20. Колобов, К.С. Розробка методу експрес-діагностування двигунів внутрішнього згорання. // Жерновий, А.С., Колобов, К.С. / 63 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. – К: НТУ, 2007. – 440 с. С.52.¶

21. Колобов, К.С. Розробка методу експрес-діагностування дизелів. // Жерновий, А.С., Колобов, К.С. / LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К: НТУ, 2012. – С.28.¶

22. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання: навч. посібник. / М. І. Черновол, І. М. Рибко, О. В. Тіхонов, І. В. Щепеленко, О. А. Науменко, О. Д. Мартиненко. – Харків: «Діса плюс», 2024. – 158 с.¶