

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

**ЛВІЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ**



УДК.621.129: 631.362

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ  
ЕЛЕМЕНТНО-МОДУЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Центральноукраїнському національному технічному університеті  
Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Аулін Віктор Васильович**,  
Цentrальноукраїнський національний технічний університет, професор кафедри експлуатації та ремонту машин.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Дубінін Євген Олександрович**,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин

кандидат технічних наук, доцент  
**Цимбал Сергій Володимирович**,  
Вінницький національний технічний університет, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту

Захист відбудеться "21" вересня 2021р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.832.03 при Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: просп. Московський, 45, ауд. 204, м.Харків, Україна, 61050.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: вул. Алчевських, 44, м.Харків, Україна, 61002.

Автореферат розісланий "20" серпня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Ю.О.Градиський

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** Розвиток підприємств, які експлуатують автотракторну техніку (АТТ) на даний час в Україні має свої особливості. Це передусім наявність різномарочності одиниць техніки та значна різниця в її напрацюванні. Експлуатація такого парку машин створює передумови розвитку нового підходу і стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). При цьому реалізація системи ТО і Р містить додаткові складності, які полягають в тому, що існуючі парки АТТ включають в себе окремі машини, що мають значний рівень фізичного і морального зносу. Існують також фірми і підприємства, які не в повній мірі дотримуються регламентів технічного сервісу і в більшості випадків максимально використовують весь ресурс техніки під час її експлуатації. Все це значно ускладнює організацію виробництва з ТО і Р парків АТТ та вимагає вдосконалення підходів та методів управління їх технічним станом.

Підвищення надійності АТТ та ефективності її використання має базуватися на основі розвитку засобів і методів технічної діагностики та нових технологій обробки, перетворення і використання діагностичної інформації, спрямованої на оптимізацію управлінських рішень для підвищення якості роботи технічного сервісу. У зв'язку з цим вдосконалення організації виробництва з ТО і Р парків АТТ і управління технічним станом транспортних і технологічних машин є безумовно актуальним науково-технічним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами та темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до Національної програми розвитку агропромислового виробництва і соціального відродження села України на 1999-2010 рр, розробленої згідно розпорядження Президента України від 1.12.1998 р., ЗУ "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" із змінами, внесеними згідно із Законом №3421-IV (3421-15) від 09.02.2006, ВВР, 2006, №22, ст.199, згідно стратегічних пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні на 2007-2012 рр. та 2011-2020рр., а саме - новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромислового комплексу; планів науково-дослідних робіт ЦНТУ за тематикою "Прогнозування експлуатаційної надійності автомобілів для забезпечення якісних транспортних послуг" (№ 0116U008110); "Підвищення надійності транспортних засобів управлінням їх технічним станом" (№ 0116U008055); "Методологія вибору та управління ефективністю використання техніки у сільськогосподарському виробництві" (№ 0116U008111); "Прогнозування технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів на основі отриманої електронної діагностичної інформації про їх технічний стан." (№ 0116U008110).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення надійності автотракторної техніки шляхом удосконалення підходів технічного сервісу на основі елементно-модульної системи організації виробництва з їх технічного обслуговування і ремонту на підприємствах агропромислового виробництва.

Для здійснення зазначеної мети вирішувалися наступні завдання:

- проаналізувати умови роботи АТТ та можливості зміни її технічного стану в залежності від умов та організації системи ТО і Р підчас її експлуатації;
- теоретично описати ймовірнісну природу зміни технічного стану АТТ з врахуванням показників надійності та діагностичних параметрів;
- на основі закономірностей зв'язку діагностичних параметрів технічного стану і надійності АТТ розробити показник оцінки встановлення раціональної періодичності реалізації операцій її технічного сервісу;
- дати теоретичне обґрунтування можливості управління надійністю АТТ при реалізації елементно-модульної системи її ТО і Р;
- з'ясувати основні методи визначення технічного стану систем та агрегатів АТТ при контролі діагностичних параметрів та оцінці показників надійності підчас її експлуатації;
- провести експериментальні дослідження можливості підвищення надійності АТТ елементно-модульною системою її технічного сервісу в експлуатації та дати техніко-економічне обґрунтування розробленим заходам і запропонувати рекомендації для їх впровадження.

**Об'єкт дослідження** – процеси контролю та управління технічним станом автотракторної техніки підчас експлуатації.

**Предмет дослідження** – закономірності зміни діагностичних параметрів систем та агрегатів автотракторної техніки з розробкою елементно-модульної системи технічного сервісу для підвищення їх надійності.

**Методи дослідження.** У теоретичних дослідженнях використовувалися методи теорії ймовірностей, теорії надійності, ймовірнісно-статистичні методи дослідження марківських процесів і методи техніко-економічного аналізу та моделювання. Експериментальні дослідження проводилися при використанні методів формування та обробки експериментальних даних. Обробка основних результатів виконувалася на ПК за допомогою системи аналітичних обчислень та пакетів прикладних програм.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у розв'язанні науково-технічного завдання підвищення надійності АТТ та подальшому розвитку підходу формування стратегії технічного сервісу у напрямку елементно-модульної системи, що на відміну від попередньо відомих враховує приріст діагностичних параметрів, їх інформативність та взаємозв'язок з показниками надійності систем та агрегатів АТТ підчас експлуатації.

*Вперше:*

- запропоновано формувати функцію технічного стану парку АТТ у вигляді матриці діагностичних параметрів, що дає можливість більш детально розділяти окремі агрегати і автотракторну техніку на модулі, для яких в подальшому максимально ефективно розробляється система їх ТО і Р;
- обґрунтовано елементно-модульний підхід покращення технічного стану АТТ на основі приросту ресурсовизначальних діагностичних параметрів, що дає можливість управляти рівнем її надійності за рахунок оперативного встановлення операцій ТО і Р.

*Удосконалено:*

- метод встановлення періодичності ТО з можливістю прогнозування технічного стану АТТ, що обумовлює зменшення експлуатаційних витрат на парк різномарочних машин та збільшення ефективності її використання в жорстких умовах експлуатації.

*Одержали подальший розвиток:*

- закономірності взаємозв'язку показників надійності АТТ з діагностичними параметрами, які дають можливість управляти технічним станом підвищувати надійність та удосконалювати систему ТО і Р.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Ґрунтуючись на отриманих закономірностях та результатах експериментальних досліджень, технічного стану АТТ при реалізації елементно-модульної системи її ТО і Р, вдалося досягти збільшення ресурсу в 1,13-1,26 раз парку машин підчас експлуатації. Розроблені алгоритми раціональної обробки діагностичної інформації елементів (систем і агрегатів) АТТ дали можливість більш точно визначати технічний стан та зменшити їх відмови в 1,29-1,36 разів, що створило оптимальні умови для збільшення ймовірності безвідмовної роботи.

Результати досліджень прийняті до впровадження на підприємствах СТОВ "Хуторське", ТОВ "Агрофірма Колос" та ТОВ "АТП-2004" при організації технічного сервісу їх парку АТТ та управлінні технічним станом підчас експлуатації. Основні положення та результати дисертаційної роботи використовуються при підготовці фахівців за спеціальностями 274 "Автомобільний транспорт" та 275 "Транспортні технології (автомобільний транспорт)", 133 "Галузеве машинобудування"

**Особистий внесок здобувача:** аналіз системи діагностики та обробки інформації визначення технічного стану АТТ у сільськогосподарському виробництві [1, 2, 5, 6, 22]; дослідження надійності АТТ з можливістю управління ресурсом її системи та агрегатів на різних етапах експлуатації [3, 4, 7, 12, 15-17, 21, 25, 26, 29, 31-34]; розробка методів раціонального визначення періодичності технічних операцій обслуговування і ремонту техніки [9, 13, 14, 18 – 20, 24, 27, 28]; формування закономірностей та алгоритмів визначення ефективності функціонування стратегій технічного сервісу техніки підчас експлуатації [8, 10, 11, 23, 30].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи представлялися, обговорювалися та були позитивно схвалені на наукових конференціях: I Всеукраїнській науковій конференції студентів, магістрантів, аспірантів і докторантів "Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття" (м. Луганськ, 2008 р.); IV Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів, науковців та фахівців. (м. Миколаїв, 2009 р.); IV міжнародному форумі молоді "Молодь і с/г техніка в XXI століття" (м. Харків, 2010 р.); IX Міжнародна науково-практична конференція. "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с/г техніки" (м. Кіровоград, 2013 р.); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання" (м. Кіровоград, 2014 р.); VIII

міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту" (м. Вінниця, 2015 р.); X Міжнародній науково-практичній конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки. (Кропивницький, 2015 р.); IV міжнародній науково-технічній інтернет-конференції "Автомобіль і електроніка. сучасні технології" (м. Харків, 2015 р.); XI Міжнародній науково-практичній конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки (м. Кропивницький, 2017 р.); V-VI Міжнародній науково-технічній конференції "Крамаровські читання" (м. Київ, 2018-2019 р.); XXI Міжнародній науковій конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (м. Харків, 2020 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту" (м. Кропивницький, 2020 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines processes and systems" (м. Кропивницький, 2021 р.); VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" (м. Київ, 2021 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 34 наукових праць, в тому числі, 11 статей у наукових фахових виданнях України, 17 публікацій тез наукових конференцій, 4 патенти України на винахід та 1 стаття і 1 теза у закордонних виданнях.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел із 151 найменувань на 15 сторінках та додатків на 10 сторінках. Основний обсяг роботи викладено на 152 сторінках і містить 27 таблиць та 35 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації роботи, сформульовано її мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено зв'язок роботи з проведеними науковими програмами, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, вказані дані апробації основних положень дисертаційного дослідження.

В першому розділі дано аналіз умов роботи автотракторної техніки (АТТ) та зміни надійності її систем та агрегатів в процесі експлуатації існуючих систем ТО і Р, що використовуються для АТТ у аграрному виробництві. Розв'язанню проблеми підвищення експлуатаційної надійності АТТ присвячено багато робіт вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Ф.М. Авдонькіна, В.В. Ауліна, Є.Ю. Барзиловича, Р. Барлоу, М.Н. Бідняка, В.В. Біліченко, В.П. Волков, S. Olszowski, В.М. Варфоломеева, М.Я. Говоруценка, F. Nodem, Є.С. Кузнецова, В.М. Міхліна, J. Siegel, Я.І. Несвітського, О.С. Полянського, А.В. Сараєва, Б.Ф. Хазова, R. Michalski, S. Gupta та ін. Всі вони виділяли, як одну з основних умов досягнення відповідного рівня надійності – оптимальну експлуатацію. Найважливішим теоретичним питанням удосконалення управління технічним станом АТТ є вибір прогресивних технічних напрямів і систем забезпечення її

експлуатаційної надійності. Оскільки система ТО і Р на певному етапі розвитку формується на основі досягнутого наукового рівня теоретичних і експериментальних досліджень, то вона періодично повинна уточнюватися і вдосконалюватися.

Визначено, що вдосконалення системи ТО і Р в першу чергу, потрібно розглядати внутрішні ресурси підприємства, що експлуатує АТТ. Важливим у цьому напрямку є інформаційне забезпечення всіх етапів експлуатаційного циклу вузлів, систем і агрегатів АТТ. Інформаційне забезпечення дає можливість оптимально збирати, накопичувати, обробляти і використовувати данні стосовно розробки та вдосконалення процесів експлуатації, результатів аналізу відмов і дефектів, даних про зміну документації, порушення стабільності виробництва, зриви термінів і інші чинники відхилень від запланованого ходу розробки і застосування АТТ, а також дані по вжитим заходам попередження, контролю і захисту від наслідків цих відхилень.

Проаналізовані дослідження свідчать, що ТО і Р необхідно виконувати за технічним станом основних елементів (вузлів, систем і агрегатів) АТТ з врахуванням умов експлуатації на основі контрольної (діагностичної) інформації. Встановлено, що основою системи технічного сервісу АТТ є структура і нормативи ТО і Р. Структура ТО визначається видами відповідних технічних впливів і їх числом, переліком виконуваних операцій, їх періодичністю. Нормативи включають значення періодичності впливів, перелік та послідовність операцій та ін. На структуру системи ТО і Р впливають рівень надійності і якості АТТ, поставлені перед нею і технічною експлуатацією, а також умови експлуатації, існуючі ресурси, організаційно-технічні обмеження підприємства.

Встановлено, що ефективність системи ТО і Р залежить від правильно визначеного переліку, кількості видів контролю та періодичності виконання сукупності сервісних впливів. Нормативи ТО і Р, встановлені за вітчизняними та закордонними документами, а також викладені в сервісних книжках АТТ, відносяться до визначених (еталонних) умов експлуатації. Якщо змінюються умови експлуатації, то змінюється безвідмовність і довговічність АТТ, а також витрата трудових і матеріальних ресурсів на ТО і ПР АТТ. В зв'язку з чим їх нормативи повинні постійно коригуватися відповідно до зміни технічного стану АТТ підчас експлуатації

**В другому розділі** дано теоретичне обґрунтування підтримки технічного стану та рівня експлуатаційної надійності АТТ запропонованої елементно-модульної системи ТО і Р. Оскільки діагностування технічного стану АТТ розглядається як основа системи її ТО і Р, то на увагу заслуговує теоретичний підхід до вибору діагностичних параметрів технічного стану елементів АТТ, їх розподіл та прийнятний для системи ТО і Р інтервал значень (рис. 1).

Зазначимо, що питома вага  $\xi_{D_j}^{t_k}$   $i$ -го діагностичного параметра технічного стану  $j$ -го елемента АТТ, що відноситься до  $s$ -модуля парку машин, при напрацюванні  $t_k$  дорівнює:

$$\xi_{D_{ij}} = \frac{\varphi_{D_{ijs}}^{t_k}}{\sum_{i=1}^n \varphi_{D_{ijs}}^{t_k}}, \quad (1)$$

де  $\varphi_{D_{ijs}}^{t_k}$  – значимість діагностичного параметру при визначенні технічного стану  $j$ -го елемента або модуля парку машин (наприклад, концентрація продуктів зносу в моторній оливі виявлена за допомогою хімічного або спектрального аналізу її проби).

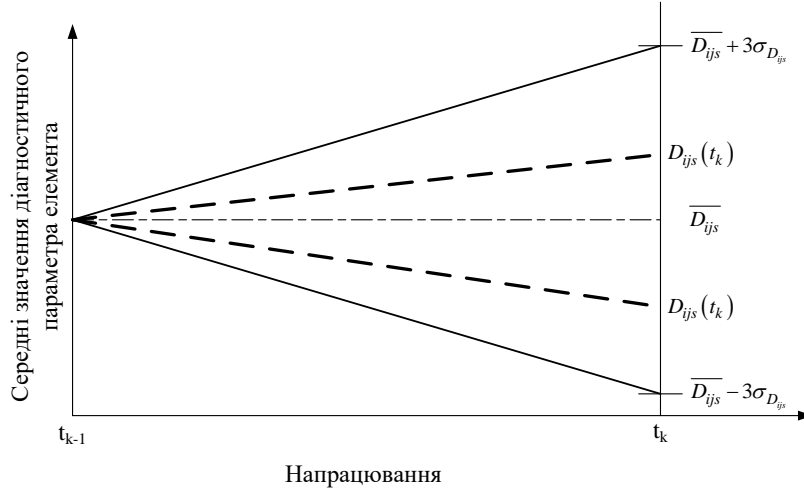


Рисунок 1 – Схематичне відображення інтервалу (прийнятного коридору) реалізації значень випадкових функцій  $D_{ij}(t)$   $i$ -го діагностичного параметра технічного стану  $j$ -го елемента АТТ, розподіленого за нормальним законом, для  $s$ -модуля парку машин підприємства АПВ

Загальна вага всіх діагностичних параметрів технічного стану стану  $j$ -го елемента АТТ, що відноситься до  $s$ -го модуля парку машин становить:

$$\sum_{i=1}^n \xi_{D_{ijs}} = 1, \quad j = \overline{1, m}, s = \overline{1, h}. \quad (2)$$

Ймовірність безвідмовної роботи  $j$ -го елемента АТТ або модуля парку машин дорівнює:

$$P_{js} \leq \prod_{i=1}^n \left( \left( P_{D_{ijs}} + \Delta P_{D_{ijs}} \right) \xi_{D_{ijs}} \right); \quad P_{js} \leq 1, \quad (3)$$

де  $P_{D_{ijs}}$  – ймовірність безвідмовної роботи  $j$ -елемента визначена певним способом діагностики;  $\Delta P_{D_{ijs}}$  – вплив непрогнозованих факторів на ймовірність безвідмовної роботи елементів АТТ і  $s$ -го модуля парку машин.

В свою чергу, точність прогнозу буде зростати при умові:

$$\text{якщо } \Delta P_{js} \Rightarrow 0, \text{ то } \Delta P_j \xi_{D_{ij}} \Rightarrow 0. \quad (4)$$

Ймовірність безвідмовної роботи  $j$ -го елемента машин як функції часу, визначається за виразом:

$$P_j(t) = \prod_{i=1}^n \exp \left( -k_e \int_{t_0}^t D_{ij}^t \left[ \sum_{i=1}^n z_i \right] dt \right), \quad (5)$$



де  $z_j$  - сукупність діагностичних параметрів, що найбільше впливають на стан  $j$ -го елемента АТТ або модулю парку машин;  $k_e$  - коефіцієнт, що враховує дію експлуатаційних чинників.

Процес зміни технічного стану  $j$ -го елемента АТТ можна уявити як випадкові реалізації переходу визначальних діагностичних параметрів від початкових значень  $D_{ij}^{t_0}$  до їх граничних значень  $D_{ij}^{t_{zp}}$ . Поточну зміну технічного стану  $D_j(t)$  можна описати закономірністю:

$$D_j(t) = D_j(t_0) \exp(-\alpha_{ij}^t \cdot t), \quad (6)$$

де  $D_j(t_0)$  – відповідно вектор технічного стану початкового моменту напрацювання  $t_0$   $j$ -го елемента за діагностичною інформацією;  $\alpha_{ij}^t$  – параметр зміни технічного стану елемента за  $i$ -м діагностичним параметром при напрацюванні  $t$ .

Умова відмови елементів АТТ матиме вигляд:

$$d_{ij} = \begin{cases} d_{ij}^{(1)} = \frac{D_{ij}(t)}{D_{ij}(t_{zp})}, & D_{ij}(t_{zp}) > D_{ij}(t_0); \\ d_{ij}^{(2)} = \frac{D_{ij}(t_{zp})}{D_{ij}(t)}, & D_{ij}(t_{zp}) < D_{ij}(t_0). \end{cases} \quad (7)$$

$$\lim_{d_{ij}(t) \rightarrow d_{ij}(t_{zp})} (d_{ij}) = 1. \quad (8)$$

Визначено, що експоненціальний закон зміни величин діагностичних параметрів найбільш повно відображує характер зниження рівня технічного стану елементів АТТ та модулів парку машин. В цьому полягає своєрідність складного комплексу процесів, що відповідають природному спрацюванню деталей, вузлів систем та агрегатів АТТ.

**В третьому розділі** дано структуру та програму дослідження зміни технічного стану елементів АТТ та модулів парку машин, що представлено на рис. 2. Для визначення ймовірності виникнення відмов елементів АТТ використано пасивний експеримент, який полягав в спостереженні і реєстрації вхідних і вихідних змінних досліджуваного процесу в режимі його звичайного протікання без втручання дослідника. Проте його застосування об'єктивно потрібне, оскільки досліджувана ймовірність є результатом реально протікаючого процесу. Для побудови математичних моделей технічного стану елементів АТТ при пасивному експерименті використовуються методи регресійного аналізу на основі отриманої діагностичної інформації.

З'ясовано методика формування номенклатури елементів та модулів парку машин, наведено комплекс методик визначення ресурсовизначальних елементів АТТ та форм раціональної номенклатури діагностичних параметрів під час експлуатації. Запропоновано алгоритм та критерії вибору методів отримання діагностичної інформації про стан елементів та модулів парку АТТ на

підприємствах агропромислового виробництва (АПВ), блок-схему вибору інформативно значимих діагностичних параметрів технічного стану. Розроблено метод формування бази даних та функції технічного стану елементів АТТ та модулів парку машин для певного рівня надійності.

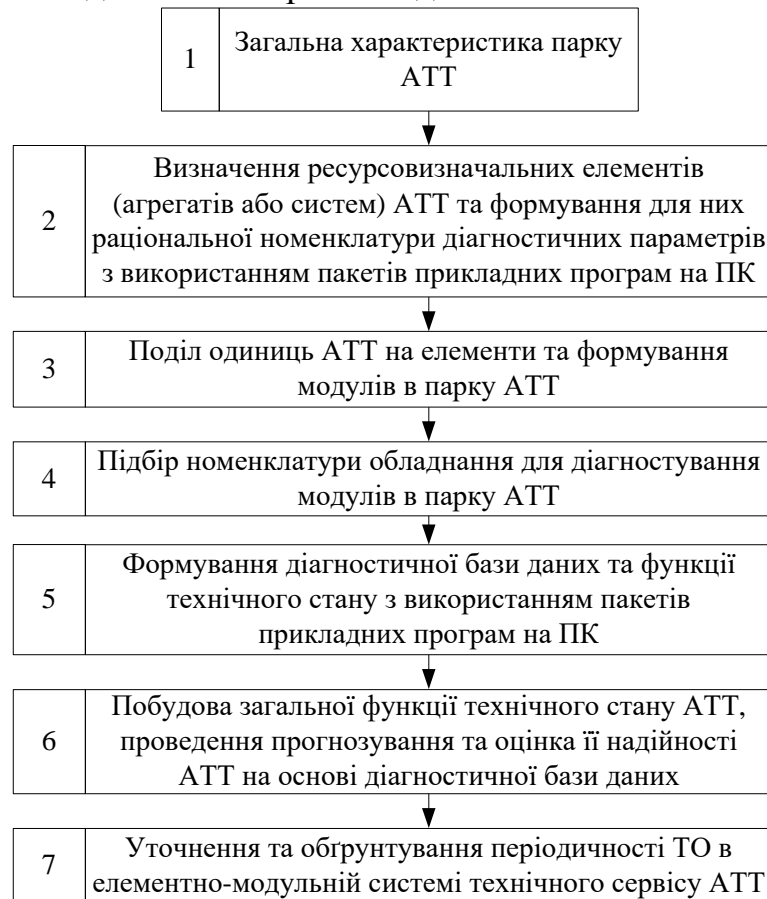


Рисунок 2 – Структурна схема дослідження технічного стану елементів АТТ і модулів парку машин підприємств АПВ, в елементно-модульній системі технічного сервісу АТТ

Розроблено алгоритм елементно-модульного методу організації технічного сервісу для підвищення технічного стану елементів АТТ та технологія застосування розробленої стратегії ТО і Р.

**В четвертому розділі** наведено експериментальні результати застосування в технічному сервісі АТТ елементно-модульної системи ТО і Р на підприємствах АПВ, що дає змогу підвищити її надійність під час експлуатації.

Встановлено, що на даний час значна кількість АТТ відпрацювала свій амортизаційний строк, неодноразово ремонтувалась (капітально та за необхідністю по окремим елементам), а також експлуатується з різною інтенсивністю. Враховуючи незначну кількість нової техніки, іноземної та вітчизняної (14,28% – автомобілі, 8,12% – трактори), складно достовірно визначати технічний стан агрегатів АТТ, використовуючи існуючу нормативну базу. Адже вона розрахована на дотримання певних норм по тривалості експлуатації від 7...10 років до списання – реально 15...22 та напрацювання для тракторів 8...12 тис. мото-год., а реально 11,2...22,2 тис. мото-год або для

автомобілів 250...500 тис. км. пробігу, а реально 400...850 тис. км. Враховуючи, що АТТ фактично не списуються, навіть нова (відремонтована) техніка потрапляє в попередньо не ідеальні умови роботи АПВ, що звичайно, знижує її ресурс. Сумарне напрацювання елементів АТТ рідко перевищує 70...80% від запланованого ресурсу. Тому реалізація нових підходів для техніки, що має різномарочність парку, різну інтенсивність і умови експлуатації та технічний стан в цілому обумовлює необхідність завдань технічного сервісу. Відповідно до виникнення відмов за групами складності в АТТ ключову позицію займають силові агрегати, відповідно 35,5 % для нових одиниць техніки, що експлуатується від 1 до 3 років та 54,7 % - для техніки, що експлуатується від 3 до 15 років на підприємствах АПВ. Для зручності узгодження даних під час дослідження було прийнято напрацювання парку АТТ для автомобілів оцінювати в мото-год, а тому встановлено наступні припущення: середній пробіг за годину АТТ становить 45 км/год, а тому для переводу пробігу км/год в мото-год використовували коефіцієнт переведення 0,0225.

Під час проведення пасивного експерименту визначено, що для ЦПГ дизелів АТТ досліджуваного парку інформативність контрольних параметрів складає: тиск газів, що проривається в картер (АТТ сімейства КамАЗ – 0,365 біт, а АТТ сімейства John Deere – 0,459 біт); компресія в циліндрах (АТТ сімейства КамАЗ – 0,622 біт, а АТТ сімейства John Deere – 0,751 біт). Кількість інформації у порівнянні з тиском газів, що прориваються в картер дизеля компресія має більшу величину для АТТ сімейства КамАЗ на 57...59 %, для АТТ сімейства John Deere - на 61...62 %. Для подальшого дослідження технічного стану ЦПГ дизелів АТТ, що експлуатуються в умовах АПВ, формували діагностичну базу даних, ґрунтуючись на даному діагностичному параметрі, закономірність зміни якого від напрацювання наведено на рис. 3.

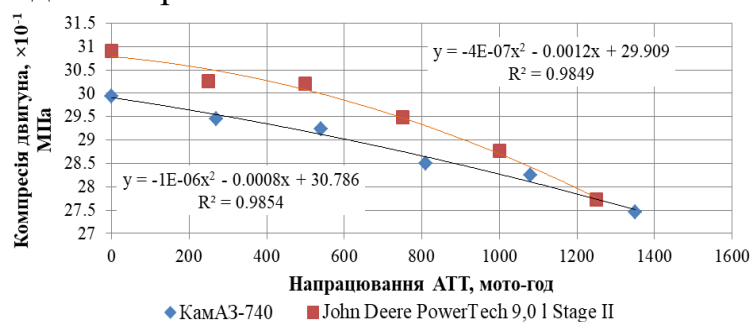
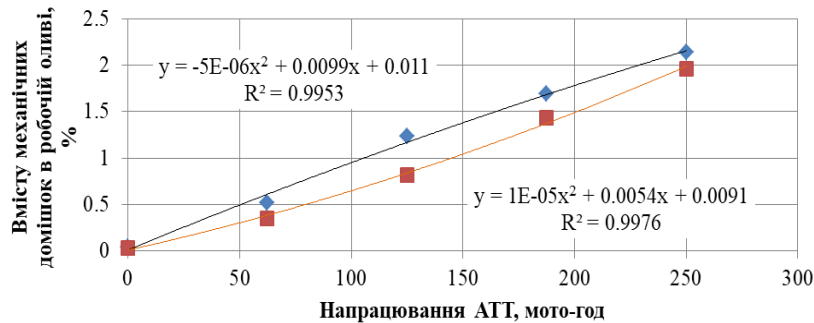


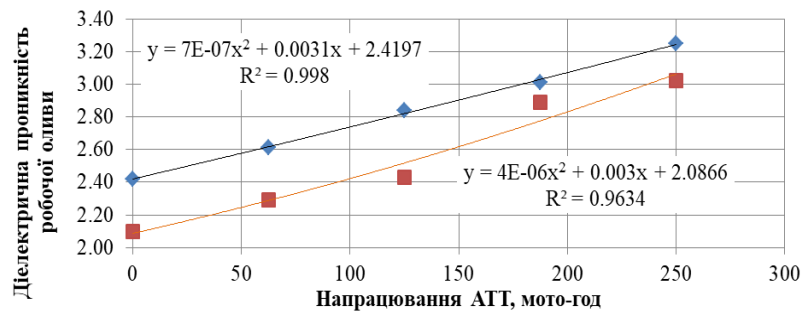
Рисунок 3 – Закономірності зміни компресії АТТ під час експлуатації

Встановлено, що найбільш інформативними діагностичними параметрами для системи мащення дизелів за кількістю інформації є: лужне число оливи, вміст механічних домішок в оливі, діелектрична проникність оливи, температура спалаху в закритому тиглі оливи. Кількість інформації зазначеним набором для АТТ сімейства КамАЗ – 63...64 % від загального переліку діагностичних параметрів, а для АТТ сімейства John Deere – 59...61 %. Для подальшого дослідження технічного стану системи мащення дизелів АТТ, що експлуатуються в умовах АПВ, формували на основі зазначеного переліку діагностичних параметрів базу даних. Відповідні закономірності зміни діагностичних параметрів відносно напрацювання АТТ наведено на рис. 4.

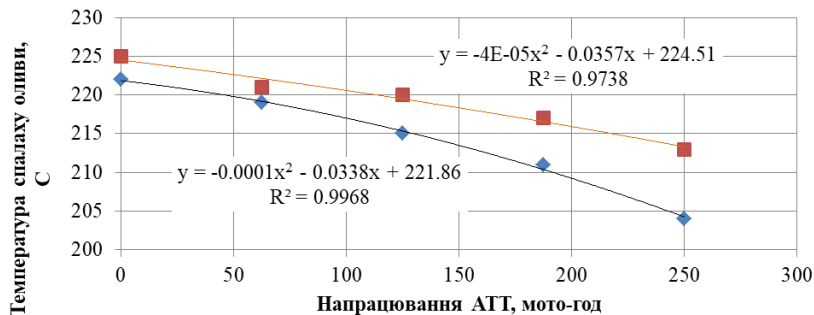
Підчас дослідження технічного стану парку АТТ встановлено перелік діагностичних параметрів за значеннями їх інформативності. Для проведення контролю технічного стану трансмісії парку АТТ підчас експлуатації використано: лужне число оливи; склад механічних домішок в оливі; діелектрична проникність трансмісійної оливи.



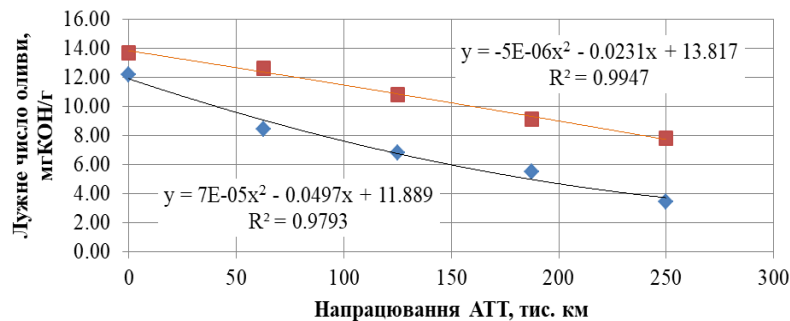
а



б



в

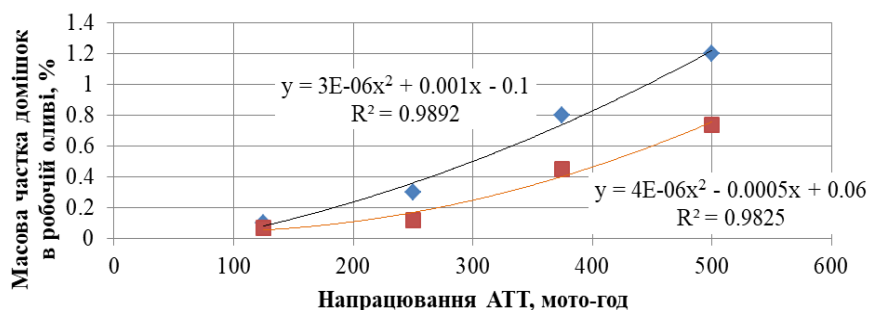


г

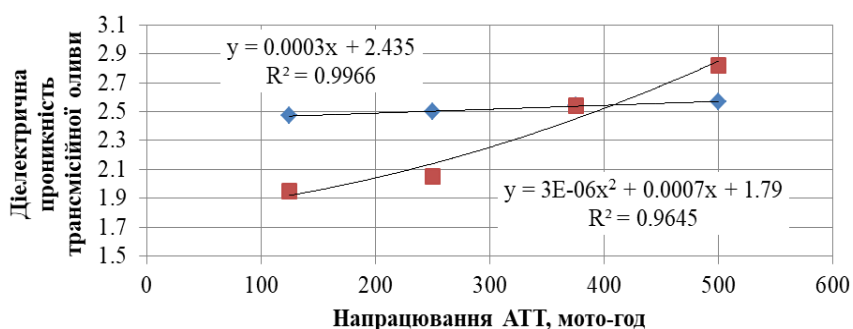
◆ КамАЗ 740    ■ John Deere PowerTech 9.0 1 Stage II

Рисунок 4 – Закономірності зміни діагностичних параметрів системи мащення силового елемента АТТ: а – вмісту механічних домішок в моторній оливі; б – діелектричної проникності робочої моторної оливи; в – температури спалаху моторної оливи; г – лужного числа моторної оливи.

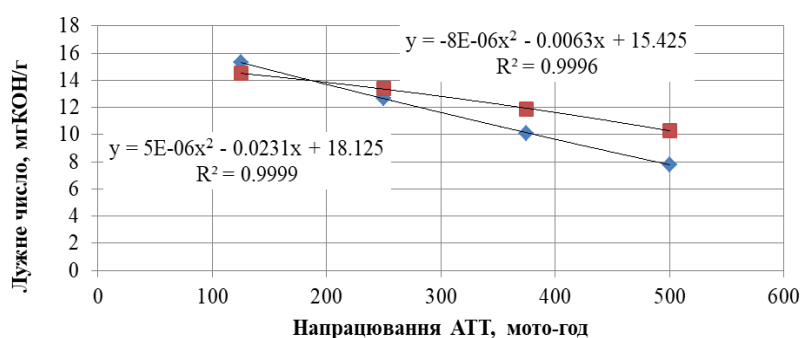
Кількість інформації за зазначеним набором параметрів для АТТ сімейства КамАЗ складає 87...88 % від загального переліку діагностичних параметрів, а для АТТ сімейства John Deer – 84...85 %. Для подальшого дослідження технічного стану трансмісії парку АТТ, що експлуатуються в умовах АПВ, формували базу даних на основі отриманого переліку діагностичних параметрів. Відповідні закономірності зміни діагностичних параметрів ві напрацювання АТТ наведено на рис. 5.



а



б



в

◆ Сімейство КамАЗ    ■ Сімейство John Deer

Рисунок 5 – Закономірності зміни діагностичних параметрів трансмісії АТТ підчас експлуатації: а – зміна масової частки домішок в трансмісійній оливі; б – зміна діелектричної проникності трансмісійної оливи; в – зміна лужного числа трансмісійної оливи

Для експлуатаційної реалізації в сервісі АТТ, за результатами визначення діагностичних параметрів, отримано наступні оцінки технічного стану: ЦПГ (тиск газів, що прориваються в картер – 9,1; компресія в циліндрах – 10,0); для системи мащення дизеля (кінематична в'язкість – 8,9; кислотне число оливи – 10,25; лужне

число оливи – 10,25; склад механічних домішок – 10,0; склад нерозчинного осаду – 9,8; діелектрична проникність оливи – 10,25; тиск в системі мащення – 9,55; температура спалаху в тиглі оливи – 9,6); для трансмісії (лужне число оливи – 10,25; склад механічних домішок – 10,0; діелектрична проникність оливи – 10,25; температура спалаху в тиглі оливи – 9,6). Отримані оцінки дають можливість більш ефективно використовувати діагностичні параметри в експлуатації АТТ для підприємств АПВ.

Використовуючи діагностичну базу і алгоритми управління та прогнозування технічного стану підчас реалізації елементно - модульної системи технічного сервісу АТТ дають можливість коректувати інтервали напрацювання, з урахуванням контролю і регулювання для силових агрегатів АТТ і в свою чергу дані технічні дії зменшують кількість діагностичних простоїв. Відповідно до умов експлуатації визначено, що для елемента АТТ КамАЗ 740 термін проведення ТО2 потрібно зменшити на 9,3 % за напрацюванням, щоб забезпечити його експлуатаційну надійність на рівні не нижче 0,9, а обслуговування трансмісії АТТ сімейства КамАЗ - можливо збільшити на 3,4 % відповідно. Виявлено також, що для елемента АТТ John Deere PowerTech 9,0 1 Stage II термін проведення ТО2 можна збільшити за напрацюванням на 16,1 %, а трансмісію потрібно обслуговувати раніше на 8 % відносно напрацювання. Дані розрахунки є ефективними для всього сформованого парку АТТ. Виявлено, що для СТОВ "Хуторське" при ПЗС для різних марок агрегатів АТТ середнє значення коефіцієнту готовності,  $K_r$  коливався в межах 0,63...0,67, а при ЕМС – 0,75...0,78; для підприємства АПВ ТОВ "Агрофірми Колос", при ПЗС – 0,69...0,71, при ЕМС – 0,79...0,82.

Визначено, що запропонована елементно-модульна система ТО і Р експлуатації АТТ на основі прогнозування їх технічного стану на СТОВ "Хуторське" та ТОВ "Агрофірма Колос" підвищенням надійності парку АТТ дозволить отримати чистий прибуток у розмірі 377,3 тис. грн з можливістю зниження вартості робіт на 8,5...11,2 %. Незважаючи на збільшення річного напрацювання, підприємства отримали прибуток за рахунок раціональної організації системи ТО і Р для парку АТТ, що обумовило збільшити обсяги робіт сільськогосподарських робіт в системі аутсорсингу, а тому річний прибуток підприємств зростає на 10,5...12,8%, а річна економія амортизаційних відрахувань складе 9,7 тис. грн, що пов'язано зі зменшенням витрат на запасні частини. В загальному випадку впровадження розробленої методики дозволяє зменшити собівартість транспортної роботи на 0,75 грн/т-км, що сприяє розширенню клієнтської бази на ринку наданих послуг. За розрахованим тарифом чистий прибуток від ЕМС ТО і Р на СТОВ "Хуторське" складе 25,8 тис. грн за рік.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене науково-технічне завдання підвищення надійності АТТ, що експлуатується на підприємствах агропромислового виробництва елементно-модульною системою технічного обслуговування і ремонту парку машин.

1. Аналіз умов роботи автотракторної техніки на підприємствах АПВ та зміни надійності її систем та агрегатів в процесі експлуатації свідчить, що ресурс

силових агрегатів складає 26...47 % у порівнянні з аналогічними, що працюють в інших галузях. Виявлено, що вклад спряжень деталей систем і агрегатів в загальну надійність автотракторної техніки залежить не лише від питомої ваги відмов, точності і довговічності діагностичної інформації про їх технічний стан, але й внаслідок витрат на проведення комплексу технологічних операцій технічного обслуговування і ремонту. Визначено, що для вирішення завдання підвищення надійності автотракторної техніки під час експлуатації, мінімізації витрат і підтримання її в працездатному стані, а також забезпеченні максимальної ефективності використання необхідне розроблення нової системи технічного обслуговування і ремонту або удосконалення існуючої.

2. Теоретично з'ясовано, що для побудови елементно-модульної системи технічного обслуговування і ремонту й управління технічним станом автотракторної техніки доцільним є використання відносних величин діагностичних параметрів з можливістю подання їх у вигляді сукупності реалізації діагностичної бази даних про технічний стан. Отримано зв'язок визначальних діагностичних параметрів з показниками експлуатаційної надійності у вигляді диференціального рівняння у частинних похідних, що дає можливість оцінити щільність розподілу напрацювання на відмову. З'ясовано тенденції зміни визначальних діагностичних параметрів розподілених за різними законами при виборі інтервалу напрацювання і поділу парку машин на модулі, яким надаються визначені технічні дії за системою технічного обслуговування і ремонту.

3. З'ясовано, що управління технічним станом АТТ на основі діагностичної інформації може гарантувати прийнятний рівень експлуатаційної надійності при впровадженні елементно-модульної системи технічного обслуговування і ремонту. Запропонований підхід дозволяє з достатньою ймовірністю визначати граничний, залишковий та використаний ресурси і найбільш обґрунтовано прийняти технічні рішення по відновленню технічного стану елементів та модулів одиниць техніки в будь-який момент експлуатації, визначити оптимальні терміни і обсяги робіт по комплексу операцій технічного обслуговування і ремонту машин, а також планувати більш раціональне їх використання на підприємствах агропромислового виробництва.

4. Розроблено методики формування номенклатури елементів АТТ, поділу парку машин на модулі технічного обслуговування і ремонту та їх дослідження. Запропоновано алгоритм дослідження інформативності при конкретних параметрах технічного стану визначені ресурсовизначальних елементів АТТ, методики вибору інформативно значимих діагностичних параметрів технічного стану та методів отримання діагностичної інформації. Запропоновано систему управління технічним станом АТТ на основі інформаційного забезпечення. Розроблено схему проведення технічних дій в елементно-модульній системі технічного обслуговування і ремонту та з'ясовано основні принципи стратегії. Запропоновано структурну схему елементно-модульну систему технічного обслуговування і ремонту АТТ на підприємстві АПВ та методи визначення рівня надійності парку машин.

5. Отримано масив діагностичної інформації про технічний стан елементів АТТ з урахування кваліфікації виконавців робіт, точності вимірювання діагностичної інформації, необхідного обладнання. При цьому реалізовано системно-спрямований підхід при зміні ресурсовизначальних діагностичних параметрів технічного стану АТТ з напрацюванням. За порівняльним аналізом зміни діагностичних параметрів існуючої і запропонованої системи технічного обслуговування і ремонту виявлено збільшення очікуваного ресурсу АТТ у середньому на 17...25%. В запропонованій системі ТО і Р визначено, що найбільш інформативним при цьому діагностичним параметром ЦПГ дизелів є тиск газів, що прориваються в картер та компресія в циліндрах; для системи мащення - діелектрична проникність оливи, лужне число, вміст механічних домішок в оливі та температура спалаху в закритому тиглі, для коробки передач і головної передачі – діелектрична проникність, склад механічних домішок та лужне число трансмісійної оливи. Складено діагностичні матриці технічного стану та таблиці елементів дизелів і трансмісій АТТ

6. На основі проведених спостережень за технічним станом АТТ встановлено, що при проведенні комплексу технологічних операцій за запропонованою системою ТО і Р величина залишкового ресурсу збільшується в 1,13...1,25 разів, а кількість відмов III-ї групи складності - зменшується в 1,29...1,36 разів, що свідчить про високу її якість. Визначено, що проведення позапланового ТО і ПР збільшує ймовірність безвідмовної роботи агрегатів АТТ до 15...35 %. Ймовірність безвідмовної роботи АТТ для досліджуваних підприємств Кіровоградської області за існуючою системою ТО і Р нижче на 6,7...14,3 %. Виявлено, що для СТОВ "Хуторське" при планово-запобіжній системі для різних марок агрегатів АТТ середнє значення коефіцієнту готовності коливався в межах 0,63...0,67, а при елементно-модульній системі – 0,75...0,78; для підприємства АПВ ТОВ "Агрофірми Колос", значення коефіцієнту готовності відповідно складають 0,69...0,71 і 0,79...0,82.

7. Для стабілізації термінів виконання операцій за запропонованою системою ТО і Р відповідно до умов експлуатації, для елемента АТТ КамАЗ 740 термін ТО2 потрібно зменшити на 9,3 % за напрацюванням, щоб забезпечити експлуатаційну надійність на рівні не нижче 0,9, а обслуговування трансмісії АТТ сімейства КамАЗ - можливо збільшити на 3,4 %. Визначено, що для елемента АТТ John Deere PowerTech 9,0 I Stage II термін ТО2 можна збільшити за напрацюванням на 16,1 %, а трансмісію потрібно обслуговувати за терміном раніше на 8 % відносно напрацювання.

8. Для впровадження розробленої системи ТО і Р АТТ на підприємствах АПВ та підвищення надійності парку машин розроблено наступні рекомендації: необхідно створити передумови інформаційного та технічного розвитку на підприємствах; забезпечити комп'ютерне формування та обробку, аналіз бази даних про технічний стан елементів, одиниць АТТ та модулів парку машин. Впровадження розроблених методів інформаційної реалізації вибору ресурсовизначальних систем та агрегатів, вибору діагностичного обладнання контролю технічного стану АТТ, прогнозування періодичності контролю та



регулювання технічного стану систем та агрегатів АТТ, а також методик визначення характеру зміни діагностичного параметру технічного стану систем і агрегатів з напрацюванням.

9. Визначено, що запропонованої системи ТО і Р АТТ на основі прогнозування їх технічного стану на СТОВ "Хуторське" й підвищення її надійності дозволила отримати чистий прибуток у розмірі 377,3 тис. грн, з можливістю зниження тарифу на 8,5...11,2 %. Річний прибуток підприємства зріс на 10,5...12,8 %, а річна економія амортизаційних відрахувань – складає 9,7 тис. грн, що пов'язано зі зменшенням витрат на запасні частини. Розроблена система ТО і Р дозволяє зменшити собівартість транспортної роботи на 0,75 грн/т-км, що сприяє розширенню клієнтської бази на ринку надання послуг.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *У фахових виданнях*

1. Аулін В.В., Жулай О.Ю., Лівіцький О.М. Транспортні засоби в агропромисловому комплексі та система діагностичного моніторингу їх технічного стану. *Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин*. 2007р. Вип.37. С. 146-154.

2. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Жулай О.Ю. Стан проблеми підвищення ефективності технічного сервісу СГТ в нових умовах господарювання. *Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин*. 2007р. Вип.37. С. 158-162.

3. Аулін В.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Лисенко В.М. Прогнозування довговічності СГТ на основі ресурсної механіки. *Збірник науковий праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2007. №76(99). С 19-23.

4. Аулін В.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М. Керування зносним станом деталей ДВЗ при триботехнічному відновленні з реалізацією ефекту самоорганізації. *Вісник інженерної академії України*. 2008. №1. С. 106-109.

5. Аулін В.В., Жулай О.Ю., Лівіцький О.М., Барановський Д.М. Порівняльний аналіз технічного стану дизелів засобів транспорту в АПК при планово-попереджувальній та адаптивній стратегії ТОР. *Науковий вісник Луганського нац. аграр. університету. Серія: Технічні науки*. 2009. №2. С. 5-8.

6. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Інформаційне забезпечення в системі технічного сервісу, діагностичного моніторингу та охорони праці в с/г виробництві. *Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин*. 2009 р. Вип.39. С. 287-291.

7. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Концепція управління технічним станом і безпекою експлуатації транспортних засобів сільськогосподарського виробництва. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. 2010. №6(148). С. 173-177.

8. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Голуб Д.В. Вплив стратегій технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки на її стан, умови і охорону праці операторів. *Вісник Житомирського національного аграрно-екологічного університету: науково-теоретичний збірник*. 2014. Вип. № 2 (45), т.4, ч.ІІ. С. 37-50

9. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Методологія вибору та управління ефективністю використання техніки у сільськогосподарському виробництві. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2016. Вип. 29. С.2-12.

10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Головатий А.О., Дьяченко В.О. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної сільськогосподарської техніки. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Technical service of agriculture, forestry and transport systems*. 2020. №22. С. 162 - 174.

11. Лівіцький О.М. Вдосконалення технічного сервісу автотракторної техніки в умовах агропромислового виробництва. *Вісник Центральноукраїнського національного технічного університету*. 2021. Вип. 4(35). С 36 - 45.

*У закордонних виданнях*

12. Аулін В.В., Жулай А.Ю., Ливицкий А.Н., Барановский Д.М. Экспериментальная проверка системы диагностического мониторинга технического состояния дизелей транспортных средств. *Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора Вадивасова Д.Г.:* ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". Саратов, 2009. С.5-10.

13. Аулін В.В., Ливицкий А., Замота О., Гриньків А. Повышение эффективности использования мобильной сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.18. No.2. P. 117-122.

*Матеріали та тези конференції*

14. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Голуб Д.В., Жулай О.Ю. Прогнозування потреб в послугах ТО і ремонту за технічним станом двигунів. *Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття.:* матеріали тез I Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрантів, аспірантів і докторантів, 12-14 лист. 2008р. Луганськ: "Елтон-2", 2008. С. 257–261.

15. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Система трибомоніторингу технічного стану МСГТ – інженерно-технічне рішення її безпеки. *Суднова енергетика: стан та проблеми:* матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів, науковців та фахівців. Миколаїв: НУК, 2009. С. 182-184.

16. Аулін В.В., Ігнатенко С.Г, Лівіцький О.М., Долинський М.О., Діагностичний моніторинг технічного стану дизелів транспортних засобів у с/г виробництві. *Молодежь и с/х техника в XXI веке:* матеріали VI-го міжнарод. форуму молодіж. Харків: ХНТУСХ. 2010. С. 94.

17. Аулін В.В., Кузик О.В., Лівіцький О.М., Лисенко С.В. Обґрунтування зміни режимів тертя в ЦПГ. *Молодежь и с/х техника в XXI веке:* матеріали VI-го міжнарод. форуму молодіж. Харків: ХНТУСХ. 2010. С. 122.

18. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Системно-адаптивна концепція охорони праці операторів транспортних засобів сільськогосподарського виробництва. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с/г техніки:* матеріали IX-ї Міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград: КНТУ, вип. 1. 2013. С. 214-216.

19. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Статистичний метод розрахунку показників аварійних станів транспортних засобів і транспортного травматизму. *Підвищення надійності машин і обладнання:* збірник тез доповідей VIII Всеукр. науково-

практичної конференції студентів та аспірантів, Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 171-175.

20. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Дослідження технічного стану системи транспортних засобів "агрегат-олива". *Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали VIII міжнародна науково-практична конференція 19-21 жовтня 2015 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2015. С. 16-19.

21. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Підвищення надійності мобільної та автотранспортної техніки сільськогосподарського виробництва на основі діагностики їх стану. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки*: матеріали X Міжнар. наук.-практичної конференції, Кіровоград: КНТУ, 2015. С.163-164.

22. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Математичний апарат для оцінки діагностичних параметрів та визначення оптимальної їх кількості. *Автомобіль і електроніка. сучасні технології*: матеріали IV міжнародної науково-технічної інтернет-конференції, 17-19 листопада 2015 р., Харків, Україна, 2015. С. 126-128.

23. Аулін В.В., Замота Т.М., Гриньків А.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Перспективність впровадження системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 245-246.

24. Аулін В.В., Замота О.Н., Ливицький А.Н. Влияние системы технического обслуживания и ремонта на себестоимость грузовых перевозок в сельскохозяйственном производстве. *Крамаровські читання*: зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції, 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 112-115.

25. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Вплив надійності сільськогосподарської та транспортної техніки на оптимальний термін її служби. *Крамаровські читання*: збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції, 21-22 лют. 2019 р., м. Київ. НУБіП. 2019. С. 83-86.

26. Аулін В.В., Панков А.О., Гриньків А.В., Лівіцький О.М., Щеглов А.В. Автоматизація робочих процесів засобів механізації застосуванням розподілених систем управління. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: матеріали XXI Міжнародної наукової конференції, Харків: ХНТУСГ. 2020. С.18-19.

27. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Гриньків А.В., Кернус Р.О. Інтелектуальні елементи експертних систем в галузі транспорту і виробництва. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*: Збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет конференції, ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 18-19 листопада 2020р. С.151-161.

28. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В. Роль інтелектуальних інформаційних систем у транспортних і виробничих підприємствах та їх класифікація. *Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту*: збірник наукових

матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет конференції, ЦНТУ м.Кропивницький, Україна 18-19 листопада, 2020 р. С. 167-173.

29. Аулін В.В., Слонь В.В., Лівіцький О.М., Гриньків А.В., Артюх Є.Г. Удосконалення методів і засобів діагностування системи змащення силових агрегатів транспортних засобів. *Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines processes and systems*: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 14-16 квітня 2021 р. Кропивницький: ЦНТУ. С. 169-174.

30. Системно спрямований підхід до формування інтелектуальної системи технічного сервісу. *Крамаровські читання: збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції 25-26 лютого 2021 р. м. Київ/НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП Україна, 2021. – С. 25-32.*

#### Патенти

31. Спосіб експрес-діагностики вмісту води в працюючій моторній оливі: пат. 44523 Україна: МПК(2009) С102М 177/00. №u200903237; заявл. 06.04.2009; опубл. 12.10.2009; Бюл.№ 19.

32. Спосіб автоматичного керування зносом деталей двигуна внутрішнього згорання: пат. 45786 Україна: МПК(2009) F01М 9/00 №u200906111; заявл. 15.06.2009; опубл. 25.11.2009; Бюл.№ 22.

33. Спосіб керування двигуном внутрішнього згорання: пат. 50669 Україна: МПК(2009) F02В 1/00. №u200911039; заявл. 02.11.2009; опубл. 25.06.2010; Бюл.№12.

34. Спосіб керування зносом трибосполучень деталей: пат. 69658 Україна: МПК(2012.01) F01М 7/00. В23Н 5/00. №u201112126; заявл. 17.10.2011; опубл. 10.05.2012; Бюл.№ 9.

### АНОТАЦІЯ

**Лівіцький О.М. Підвищення надійності автотракторної техніки елементно-модульною системою технічного обслуговування і ремонту. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.20 "Експлуатація та ремонт засобів транспорту" (274 – Автомобільний транспорт). – Харківський національний технічний університет сільського господарства ім.П.Василенка МОН України, Харків, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання підвищення надійності автотракторної техніки за допомогою вдосконалення підходів технічного сервісу при використанні елементно-модульної системи організації технічного обслуговування і ремонту на підприємствах агропромислового виробництва. Наведено результати теоретичного обґрунтування підтримки технічного стану та рівня експлуатаційної надійності автотракторної техніки при врахуванні діагностичних параметрів і реального технічного стану техніки в експлуатації. Дано закономірності зв'язку діагностичної інформації елементів автотракторної техніки з показниками їх експлуатаційної надійності. Сформовано основні алгоритми реалізації елементно-модульної системи технічного сервісу та підібрано відповідне обладнання. Отримано результати дослідження технічного стану силових агрегатів техніки за інформативно значимими діагностичними параметрами, що відображають зміну технічного стану

її модулів в експлуатації. На основі бази діагностичних параметрів та використанні алгоритмів реалізації елементно-модульної системи встановлені нормативи проведення операцій технічного сервісу для різних модулів досліджуваного парку автотракторної техніки, що експлуатуються в жорстких режимах сільськогосподарського виробництва.

**Ключові слова:** дизель, трансмісія, автотракторна техніка, діагностичний параметр, надійність, технічний сервіс, елемент, модуль, парк машин.

## АННОТАЦІЯ

**Ливицкий А. Н. Повышение надёжности автотракторной техники элементно-модульной системой технического обслуживания и ремонта. - Квалификационная научная работа на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.22.20 "Эксплуатация и ремонт средств транспорта" (274 – Автомобильный транспорт). – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко МОН Украины, Харьков, 2021.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической задачи повышения надёжности автотракторной техники с помощью совершенствования подходов технического сервиса при использовании элементно-модульной системы организации технического сервиса на предприятиях агропромышленного производства.

Приведены результаты теоретического исследования по поддержке технического состояния и уровня эксплуатационной надёжности автотракторной техники при учёте диагностических параметров и реального технического состояния техники в эксплуатации. Дано закономерности связи диагностической информации элементов автотракторной техники с показателями их эксплуатационной надёжности. Получены закономерности для оценки диагностических интервалов при незначительном количестве операций диагностирования технического состояния элементов техники.

Разработан алгоритм для оценки эффективности реализации диагностических параметров для элементов техники во время их эксплуатации на предприятии. При реализации данного алгоритма создаются возможности проведения отбора методов диагностики, максимально эффективных для конкретных условий эксплуатации техники и возможностей предприятия. Предложена процедура отбора диагностических параметров по информационному критерию и возможности в дальнейшем прогнозировать техническое состояние для определения рациональной наработки при уровне надёжности техники не ниже 0,9. Подобраны методы и оборудование для контроля состояния автотракторной техники во время их эксплуатации с реализацией минимальных простоев.

Установлено, что возникновение отказов по группам сложности в автотракторной технике ключевую позицию занимают силовые агрегаты: 35,5% - для новых единиц техники, эксплуатируемой от 1 до 3 лет и 54,7% - для техники, эксплуатируемой от 3 до 15 лет на предприятиях агропромышленного производства. Во время проведения пассивного эксперимента определено: для цилиндро-поршневой группы дизелей наиболее информативным диагностическим параметром является компрессия в цилиндрах; для системы смазки: щелочное число масла, содержание механических примесей в масле, диэлектрическая

проницаемость масла, температура вспышки в закрытом тигле масла; для трансмиссии: щелочное число масла; состав механических примесей в масле; диэлектрическая проницаемость масла. Для указанных диагностических параметров получены закономерности их изменения от наработки автотракторной техники.

Используя диагностическую базу о техническом состоянии техники во время эксплуатации и алгоритмы реализации элементно-модульной системы технического сервиса установлено, что для элемента КамАЗ 740 термин проведения ТО2 нужно уменьшить на 9,3% по наработке, чтобы обеспечить его эксплуатационную надёжность на уровне не ниже 0,9, а обслуживание трансмиссии АТТ семейства КамАЗ - возможно увеличить на 3,4%. Для элемента АТТ John Deere PowerTech 9,0 l Stage II термин проведения ТО2 можно увеличить по наработке на 16,1%, а трансмиссию семейства John Deere - нужно обслуживать ранее на 8% относительно наработки. При этом годовая прибыль предприятия возросла на 10,5 ... 12,8 %, годовая экономия амортизационных отчислений составляет 9 ... 10 тыс. грн на единицу техники, что связано с уменьшением расходов на запасные части.

Ключевые слова: дизель, трансмиссия, автотракторной техники, диагностический параметр, надёжность, технический сервис, элемент, модуль, парк машин.

## ABSTRACT

**Livitskyi A.N. Increasing the reliability of automotive vehicles by element-modular system of maintenance and repair. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.**

Thesis for the scientific degree of the candidate of technical sciences (PhD) in specialty 05.22.20 "Operation and repair of vehicles " (274 – Automobile transport).– Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation work is devoted to the solution of an actual scientific and practical problem of reliability of autotractor equipment increase by improving the approaches of technical service using element-modular system of the technical service organization at the enterprises of agro-industrial production. The results of theoretical justification of technical condition maintenance and level of operational reliability of autotractor equipment taking into account diagnostic parameters and real technical operation condition of equipment are given. The regularities of connection of diagnostic information of autotractor equipment elements with indicators of their operational reliability are given. The basic algorithms of realization of element-modular system of technical service are formed and the corresponding equipment is selected. The results of research of a technical condition of power units of equipment on informatively significant diagnostic parameters reflecting change of a technical condition of its modules in operation are received. Based on the diagnostic parameters and the use of algorithms for the implementation of the element-module system the standards for technical service operations for various modules of the studied park of tractor equipment are set, operated in hard modes of agricultural production.

**Keywords:** diesel, transmission, autotractor equipment, diagnostic parameter, reliability, technical service, element, module, fleet of machines.

Підписано до друку 17.08.2021 р. Формат 60×90/16.  
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. – 1,0. Наклад 100 прим. Зам. № 9.

Видавець і виготовлювач СПД ФО Лисенко В.Ф.  
25029, м. Кропивницький, вул. Пацаєва, 14, корп. 1, кв. 101. Тел.: (0522) 322-326  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ДК № 3904 від 22.10.2010