

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.08 – КМР.2223 «С» 2023.07.12.64 ПЗ**

**Нікітін Олександр Сергійович**

**2024**

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.08 – КМР.2223 «С» 2023.07.12.64 ПЗ**

**Нікітін Олександр Сергійович**

**2024**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 656.13+621.43+681.518

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету (Директор ННІ)  
**механіко – технологічний факультет**  
(назва факультету (ННІ))

\_\_\_\_\_ **Братішко В.В.**  
(підпис) (ПІБ)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
**тракторів і автомобілів**  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ **Калінін Є.І.**  
(підпис) (ПІБ)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Вдосконалення методів технічного обслуговування перспективних  
автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

Освітня програма Агроінженерія  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Братішко В.В.  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

К.Т.Н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Романченко В.М.  
(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нікітін Олександр Сергійович  
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
Тракторів і автомобілів

д.т.н., професор \_\_\_\_\_ Калінін Є.І.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту  
Нікітін Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Вдосконалення методів технічного обслуговування перспективних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. №2223 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 13.11.2024

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи технічні характеристики вантажних автомобілів.

**Перелік питань які потрібно розробити:**

Вступ

1. Стан питання, обґрунтування завдань дослідження і запропоновані підходи їх рішення.

2. Теоретичні дослідження

3. Експериментальне дослідження.

4. Результати дослідження;

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

**Перелік графічного матеріалу:**

Стан питання, обґрунтування завдань дослідження і запропоновані підходи їх рішення;  
Методика проведення дослідження, які застосовуються обмеження та пропозиції;  
експериментальне дослідження; дослідження методів ТО АТЗ, що використовуються на  
аналізованих підприємствах; Висновки.

Дата видачі завдання «09» лютого 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Романченко В.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

Нікітін О.С.

(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день автомобілі та трактори переважають над усіма видами транспорту в аграрних підприємствах. Збільшується кількість проблем, пов'язаних із технічною експлуатацією автомобілів (ТЕА) та тракторів. Використання автомобілів сільськогосподарського призначення з кожним роком зростає. Деякі експерти приходять до висновку, що через кілька років необхідність автотранспорту сільськогосподарського призначення підвищитися в 4 рази. Це говорить про те, що на здійснення зазначеного курсу, спрямованого на підвищення зростання автомобільного транспорту (АТ) сільськогосподарського призначення, знадобиться багато ресурсів.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності технологічного процесу технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.

**Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання:

– розглянути використовувані способи, методи проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів в агропромисловому комплексі, здійснити аналіз ефективності використання методів, що застосовуються на перспективних модульних вантажних автомобілях сільськогосподарського призначення.

– розробити методику, алгоритм розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат ТО.

– провести експеримент та організувати базу даних про надійність, витрати на ТО вантажних автомобілів як аналог показників технічного стану перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.

**Об'єкт дослідження.** Технологічні процеси технічного обслуговування автотранспортних засобів у АПК.

**Предмет дослідження.** Методи технічного обслуговування вантажних автомобілів, прийнятих як аналог перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення в умовах АПК.

**Наукова новизна роботи полягає в наступному:**

– у розробці математичної моделі коригування періодичності технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення з урахуванням взаємозв'язку питомих витрат та періодичності ТО;

– у пропозиції доцільної періодичності технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення;

– у розробці алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування для модульних автомобілів сільськогосподарського призначення за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат на ТО;

– в обґрунтуванні показника доцільності заміни модуля під час періодичного технічного обслуговування модульного вантажного автомобіля сільськогосподарського призначення.

**Практична цінність.** Практичне значення дослідження полягає у використанні розробленої методики, алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування МАТЗ сільськогосподарського призначення, сконцентованого на збільшенні продуктивності модульних автомобілів сільськогосподарського значення в АПК.

Запропоновані методи ТО МАТЗ передбачають:

– технічне обслуговування для модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення;

– використання наявних виконавців та їх рівня підготовки;

– використання новітньої методики, алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування для певного автотранспортного парку в АПК, що дасть можливість встановити доцільне здійснення ТО в різних умовах експлуатації перспективного модульного автотранспорту за аспектами надання безвідмовності та зменшення витрат, а також зниження непередбаченого простою.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ І ЗАПРОПОНОВАНІ ПІДХОДИ ЇХ РІШЕННЯ.....	12
1.1. Модульність та конструктивні особливості перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.....	12
1.2 Аналіз досліджуваного перспективного модульного автомобіля сільськогосподарського призначення.....	15
1.3 Огляд стратегії підтримки працездатності автомобілів.....	24
Висновки за розділом 1.....	33
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	34
2.1 Методика проведення дослідження, які застосовуються обмеження та пропозиції.....	34
2.2 Визначення динамічної навантаженості системи на встановлених режимах.....	35
2.3 Формування рівня вкладу операцій у системі ТО та ремонту АТЗ.....	42
2.4 Розробка алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО МАТЗ.....	46
Висновки за розділом 2.....	50
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	51
3.1. Методика створення бази даних.....	51
3.2. Дослідження методів ТО АТЗ, що використовуються на аналізованих підприємствах.....	56
3.3. Узагальнення даних за результатами експерименту .....	58
Висновки за розділом 3.....	66
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	68
4.1 Технологічне обладнання з ТО та ремонту перспективних модульних автотранспортних засобів.....	68

4.2 Технічні рішення під час проведення технічного обслуговування та ремонту МАТЗ. Застосування онлайн діагностики МАТЗ.....	72
Висновки за розділом 4.....	76
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день автомобілі та трактори переважають над усіма видами транспорту в аграрних підприємствах. Збільшується кількість проблем, пов'язаних із технічною експлуатацією автомобілів (ТЕА) та тракторів. Використання автомобілів сільськогосподарського призначення з кожним роком зростає. Деякі експерти приходять до висновку, що через кілька років необхідність автотранспорту сільськогосподарського призначення підвищитися в 4 рази. Це говорить про те, що на здійснення зазначеного курсу, спрямованого на підвищення зростання автомобільного транспорту (АТ) сільськогосподарського призначення, знадобиться багато ресурсів. Незважаючи на це, для такого виду транспорту потрібні виконання низки умов. Умови, що мають великий вплив на автотранспорт сільськогосподарського призначення такі:

- збільшення місткості та вантажопідйомності автотранспорту сільськогосподарського призначення;
- адаптацію автотранспортних засобів до різних типів транспортувань агропромислового комплексу;
- збільшення експлуатаційної швидкості по дорозі;
- зниження споживання пального;
- експлуатація зі змінними модулями;
- зниження трудовитрат на ремонт та технічне обслуговування;
- підвищення коефіцієнта технічної готовності автомобілів сільськогосподарського призначення.

Головним рішенням цих умов є використання перспективного модульного автотранспортного засобу (МАТЗ) сільськогосподарського призначення. Перспектива використання автотранспортних засобів (АТЗ) модульної конструкції сільськогосподарського призначення має безліч плюсів, одним із яких є підвищення продуктивності автотранспортного засобу за рахунок максимальної технічної готовності транспорту. Низька технічна готовність автомобілів сприяє зниженню прибутку на АПК. Для перспективних модульних вантажних

автомобілів сільськогосподарського призначення, мають максимальну технічну готовність, потрібно визначити оптимальні методи технічного обслуговування (ТО). Підвищення ефективності технологічного процесу технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення гарантує покращення технічної готовності всього автомобільного парку під час використання в АПК. В даний час методи технічного обслуговування автомобілів не враховують модульну конструкцію, у зв'язку з цим потрібне їхнє вдосконалення. Актуальність цього дослідження полягає в тому, що використання перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення в сукупності з удосконаленням методів ТО МАТЗ має підвищити ефективність технологічного процесу ТО, що збільшить економічну ефективність діяльності всіх підприємств АПК.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності технологічного процесу технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.

**Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання:

– розглянути використовувані способи, методи проведення технічного обслуговування та ремонту вантажних автомобілів в агропромисловому комплексі, здійснити аналіз ефективності використання методів, що застосовуються на перспективних модульних вантажних автомобілях сільськогосподарського призначення.

– розробити методику, алгоритм розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат ТО.

– провести експеримент та організувати базу даних про надійність, витрати на ТО вантажних автомобілів як аналог показників технічного стану перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.

**Об'єкт дослідження.** Технологічні процеси технічного обслуговування автотранспортних засобів у АПК.

**Предмет дослідження.** Методи технічного обслуговування вантажних автомобілів, прийнятих як аналог перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення в умовах АПК.

**Наукова новизна роботи полягає в наступному:**

– у розробці математичної моделі коригування періодичності технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення з урахуванням взаємозв'язку питомих витрат та періодичності ТО;

– у пропозиції доцільної періодичності технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення;

– у розробці алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування для модульних автомобілів сільськогосподарського призначення за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат на ТО;

– в обґрунтуванні показника доцільності заміни модуля під час періодичного технічного обслуговування модульного вантажного автомобіля сільськогосподарського призначення.

**Практична цінність.** Запропонована математична модель дозволяє коригувати періодичність технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення з урахуванням взаємозв'язку питомих витрат та періодичності ТО. Виявлено оптимальний інтервал періодичності проведення ТО-L щодо ТО-S з урахуванням використання автотранспортних засобів модульної конструкції сільськогосподарського призначення.

Практичне значення дослідження полягає у використанні розробленої методики, алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій

технічного обслуговування МАТЗ сільськогосподарського призначення, сконцентрованого на збільшенні продуктивності модульних автомобілів сільськогосподарського значення в АПК.

Удосконалені методи ТО МАТЗ передбачають:

– технічне обслуговування для модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення;

– використання наявних виконавців та їх рівня підготовки;

– використання новітньої методики, алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування для певного автотранспортного парку в АПК, що дасть можливість встановити доцільне здійснення ТО в різних умовах експлуатації перспективного модульного автотранспорту за аспектами надання безвідмовності та зменшення витрат, а також зниження непередбаченого простою.

## 1 СТАН ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ І ЗАПРОПОНОВАНІ ПІДХОДИ ЇХ РІШЕННЯ

### 1.1. Модульність та конструктивні особливості перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення

Створення найефективніших конструкцій автомобілів направляло вчених всього світу шукати нові комбінації автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення [64]. Процес автомобілізації, який підвищує розвиток економіки та прискорює транспортування людей, а також сільськогосподарські вантажі, спричиняє виникнення продукту з одиничним технологічним показником. За минулий час з'явилися надтехнологічні модульні системи,

що забезпечують автомобільному транспорту низку переваг над іншими видами автотранспорту.

У сучасних наукових джерелах термін модуль набуває різних значень. У будівництві модуль пояснюється як відносна частина об'єкта, яка використовується деякого обсягу елемента споруди. Електроніка показує модуль, як завершений блок, незалежну деталь.

Модульні технології дозволяють застосовувати різні рівні використання модулів: мікромодульність, модульність середнього рівня, макромодульність. Мікромодульність та модульність середнього рівня вже давно використовуються виробниками (платформи Volvo-FH, Iveco EuroTech тощо) Макромодульність дозволяє забезпечувати різні споживчі потреби шляхом укрупнення та заміни модулів на підставі змін умов експлуатації модульного автотранспорту. Якщо модуль розглядати як представника макромодульності, то він становитиме закінчений транспортний засіб, який включає інші технологічні складові модулі.

Процес впровадження модульних технологій (модуляризації) має ряд переваг:

– усунення підвищення вартості транспортних засобів сільськогосподарського призначення;

- Мінімальні витрати на складання автомобіля, так як готовий продукт вже є, необхідні лише окремі модульні компоненти;

- Монтаж модульного автотранспортного засобу під заявника;

- Витрати на виробництво будуть поділені між постачальником та автомобільною компанією;

- Виробництво модулів дозволяє заощадити значне місце в АПК;

– економить час та фінансові кошти.

Модульність на вантажних автомобілях є революційним проривом у сфері виробництва. Найбільш актуальним на сьогоднішній день є створення та надалі експлуатація модульного автопоїзда. Кінцевий споживач може створити автомобільний транспортний засіб певної тоннажності, протяжності та вантажомісткості. Передбачається надати ряд елементів автомобіля – модулів, зібраних у значну палітру автомобілів з певними характеристиками.

Модульний вантажний автомобіль сільськогосподарського призначення включає кілька складових частин (модулів). Модуль рульового керування інкорпорує поворотний пристрій, а також сидельно-зчіпний механізм об'єднаний рамою. Робоче місце та органи управління являють собою модуль кабіни автопоїзда. Тяговий модуль включає силовий агрегат, а також провідні колеса.

Шляхом з'єднання цих трьох модулів виходить одновісний тягач. Також використовується вантажний модуль, що є платформою з рамою. Шляхом приєднання тягового та вантажного модуля можна отримати автомобільний транспортний засіб для різних потреб, представлений на рисунку 1.1 [64].

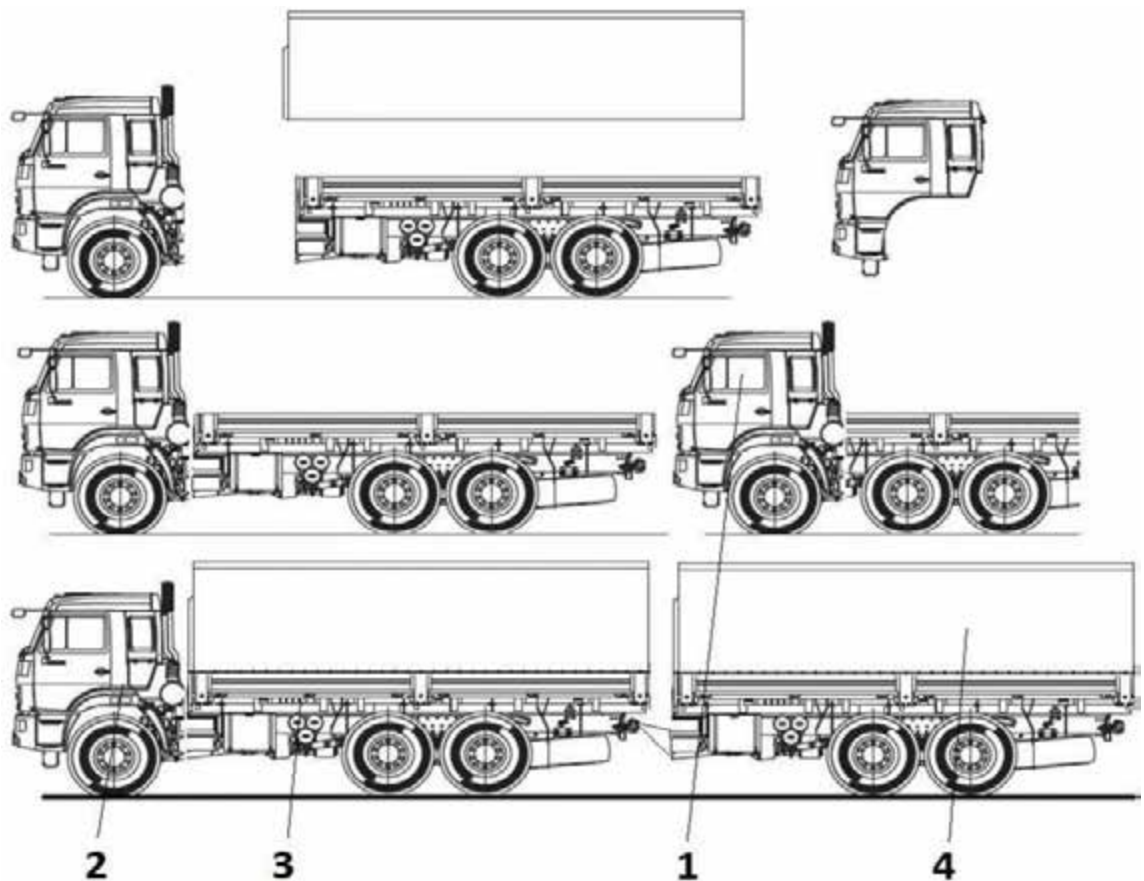


Рисунок 1.1 – Компонувальні схеми модульного автотранспорту сільськогосподарського призначення: 1 – модуль кабіна; 2 – модуль кермового управління; 3 – тяговий модуль; 4 – вантажний модуль [61].

Перспективи модульних вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення складаються з основних складових:

1. Найрезультативнішим застосуванням модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення є вантажоперевезення на далекі відстані.
2. Збільшення довжини платформи без збільшення габаритів автомобіля сільськогосподарського призначення загалом.
3. Використання тягового модуля замість додаткової осі.
4. Застосування тягових модулів дозволяє підвищити технічні характеристики транспортного засобу сільськогосподарського призначення.
5. Підвищення маневреності на модульній конструкції.
6. Ранжування вантажопідйомності за модулями.

7. Розподіл осьового навантаження на тяговому модулі.
8. Застосування модульних конструкцій із малою кількістю модулів дозволяє створювати багато автотранспортних засобів модульної конструкції сільськогосподарського призначення.
9. Збільшення аеродинаміки з допомогою модульної кабіни.
10. Зміна центру мас модуля уможливорює збільшення безпеки транспортного засобу сільськогосподарського призначення.
11. Технічний сервіс та ремонт окремих агрегованих модулів дозволяє найбільш ефективно експлуатувати модульний транспортний засіб сільськогосподарського призначення.

Підвищення сільськогосподарських вантажоперевезень змушують виробників автотранспортних засобів як поліпшувати автомобілі, а й створювати нові прогресивні автомобілі модульної конструкції сільськогосподарського призначення. Але для забезпечення заданих характеристик та рівня технічної готовності необхідно забезпечити найефективніше технічне обслуговування. Для цього потрібно провести аналіз існуючих систем та досліджень з даної тематики.

## 1.2 Аналіз досліджуваного перспективного модульного автомобіля сільськогосподарського призначення

У ході досліджень з перспективних технічних рішень у сфері транспорту експерти компанії Scania зосередили власний інтерес на модульних автотранспортних засобах сільськогосподарського призначення. Після пошуку різних варіантів альтернатив модульних автомобілів знадобилося виробництво дослідного зразка з метою доказу ключових особливостей цього автотранспортного засобу, що базується на технічному регламенті автомобілів Scania.

За підсумками діяльності у грудні 2017 року представлено досвідчений транспортний засіб, що складається з трьох основних модулів. Даний зразок

став результатом досліджень шведських вчених та конструкторів, виконаний на базі Scania R420. Виконання дослідного АТЗ сільськогосподарського призначення складалося з наступних ключових одиниць (модулів): модуль кабіни, модуль рульового управління, тяговий модуль [61].

Для доказу ключових тверджень щодо модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення було проведено відповідні випробування, що дозволили підтвердити заявлені технічні характеристики. Переміщення дослідного модульного транспортного засобу сільськогосподарського призначення наведено на рисунку 1.2.

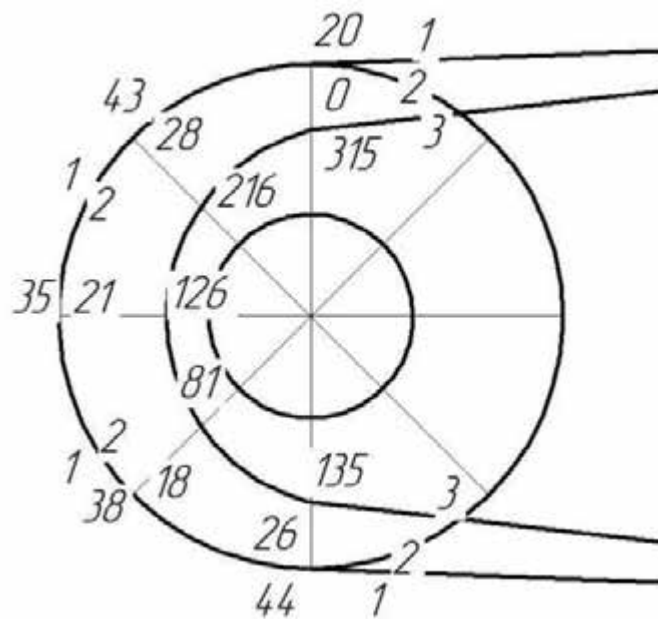


Рисунок 1.2 – Лінія переміщення пунктів АТЗ на 180°

Згідно з підсумками всіх перевірок, визначено такі дані. Модульний автомобіль сільськогосподарського призначення Scania добре тримав задану швидкість, здійснював плавне переміщення. При цьому стабільність переміщення відстежувалася абсолютно в усьому спектрі переміщень – з початку руху до найбільшого прискорення. Переміщення згідно з круговою лінією руху модульного автомобільного транспортного засобу сільськогосподарського призначення дозволило оцінити рух усіх модульних ланок. Модулі, роблячи круговий маневр, не сповзали по осі. Випробування відзначалося на мінімальній швидкості з найменшим можливим радіусом руху.

За підсумками випробувань, виконання основних маневрів, модульний автомобіль сільськогосподарського призначення добре показав себе. Визначено стійку швидкість переміщення до 90 км/год. На основі проведених сукупних досвідчених випробувань створено математичні та комп'ютерні моделі за модульним АТЗ Scania. Вироблена сукупність дослідної діяльності дає можливість задовольнити методи переміщення модульного автомобіля, а також точніше визначити різні модифікації. Виконаний комплекс експериментальних досліджень дозволив підтвердити передбачені способи руху автомобіля та уточнити створені математичні та комп'ютерні моделі. Довжина колії становила близько 1000 км. За час полігонних та дорожніх випробувань до автомобіля суттєвих нарікань не було.

Модульний автомобіль сільськогосподарського призначення відноситься до сідельних тягачів і має масу 50 т. Модуль кабіни, модуль рульового керування, а також тяговий модуль, об'єднані в автомобільний транспортний засіб, є модульним автомобілем Scania сільськогосподарського призначення. Загальний пристрій даних модулів описано у попередньому розділі. Крім того, є транспортний модуль, оснащений віссю (модуль) та рама (модуль) з веденими колесами з додатковим обладнанням. Вантажний модуль, оснащений рамою та змінним кузовом [64].

Спроекований модульний автомобіль сільськогосподарського призначення виконаний на базі вантажних автомобілів Scania серії R. Саме Scania R420, який є сідельним тягачом. Вантажний автомобіль Scania R420 та перспективний модульний автотранспортний засіб сільськогосподарського призначення Scania представлені на рисунках 1.3 та 1.4.



Рисунок 1.3 – Вантажний автомобіль Scania R420



Рисунок 1.4 – Модульний автомобіль Scania

За рисунками 1.3 та 1.4 можна оцінити автомобілі Scania R420 та MATC сільськогосподарського призначення. Зовнішній вигляд MATC став більш агресивним та динамічним у порівнянні з його попередником. Порівняльні характеристики Scania R420 та MATC Scania представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Scania R420 та MATC Scania

Характеристика	Scania R420 LA4x2HNA	MATC Scania
Колісна формула	4x2	4x2
Двигун	SCANIA DC12 14 420	SCANIA DT 12 MOD
Потужність двигуна, л. с.	420	500
Максимальна швидкість, км/год	До 90	До 90
Паливо	Дизель	Дизель
Об'єм паливного бака, л	600	750
Максимальний крутний момент, Н·м	2100	2500
Коробка передач	SCANIA GRS900/905	SCANIA GRS900/905 MOD
Розмір шин	9.00/22.5	9.00/22.5
Об'єм двигуна, л	12	12,3
Тип кабіни	Пневматична	Пневматична-модульна
Екологічний клас	Євро-4	Євро-5

Як видно з таблиці 1.2, всі складові характеристики MATC сільськогосподарського призначення є модифікованими складовими Scania R420. Коробка передач із регулятором ходу на Scania R420 переобладнана під модульний автомобіль з використанням плавного регулювання руху. Здійснюється робота на всіх 12 швидкісних режимах та має синхронізацію з усіма модулями. Кабіна на пневматичній підвісці переобладнана на пневматичну знімально-модульну з можливістю швидкого від'єднання даного модуля. Об'єм паливного бака на модульному автомобілі збільшено, крім того, при приєднанні додаткових тягових модулів є додаткові паливні баки. Протяжність модульного автомобіля за рахунок збільшення кількості модулів дозволяє зберігати інші параметри на постійній основі. Тягові модулі можна об'єднувати в автопоїзд із напівпричепами та вантажними модулями. Тяговий

модуль з напівпричепом та вантажним модулем представлені на рисунках 1.5 та 1.6.



Рисунок 1.5 – Тяговий модуль з напівпричепом для Scania



Рисунок 1.6 – Тяговий та вантажний модулі Scania

Даний елемент модульної системи вимагає контролю колісної бази, що обумовлюється поданням мобільності на шляху. Особлива концепція дозволяє регулювати колеса по всьому шляху прямування. Неминуче збільшення абсолютної ваги АТЗ дає високі технічні умови коробки передач. Головна концепція такої системи полягала над збільшення продуктивності двигуна внутрішнього згоряння, а у зв'язку з зміною обсягів перевезень.

Ціла ідея базується на використанні модульних АТЗ – тягових модулів, які мають свій ДВЗ і здатні вливатись у процес транспортування залежно від необхідності. Такий модульний автотранспорт сільськогосподарського призначення схожий на багатофункціональний автопоїзд, який контролюється з головного модуля.

Тяговим модулем (рисунок 1.5 та рисунок 1.6) є двовісний автомобільний тягач разом з контрольованою віссю на пневмопідвісці. Генераторно-агрегатне складання складається з генератора та ДВЗ. Ведучий міст приймає енергію та перетворює на роботу. Портативна концепція модульного двигуна надає необхідну кількість енергії у будь-який період часу.

Довільний модуль є самостійною одиницею в модульному транспорті і може регулюватися самостійно. У такому разі модулі розчіплюються за потребою. Регулювати переміщення одного модуля та всього модульного автомобіля дозволяє спеціальний пульт управління. У дослівному значенні майже весь модульний комплекс можна спрямовувати по всій вантажній базі. Модулі обладнані машинною концепцією зміни кута розвороту Finder-Z: блокування, розворот, поворот, залежно від кожного модуля. Система відеоспостереження Scinder дозволяє стежити за ланками модулів. Тяговий модуль включає двигун, управління системи, електромеханічний привід і оснащений аеродинамічними обтічниками. Пристрій тягового модуля представлено рисунку 1.7.

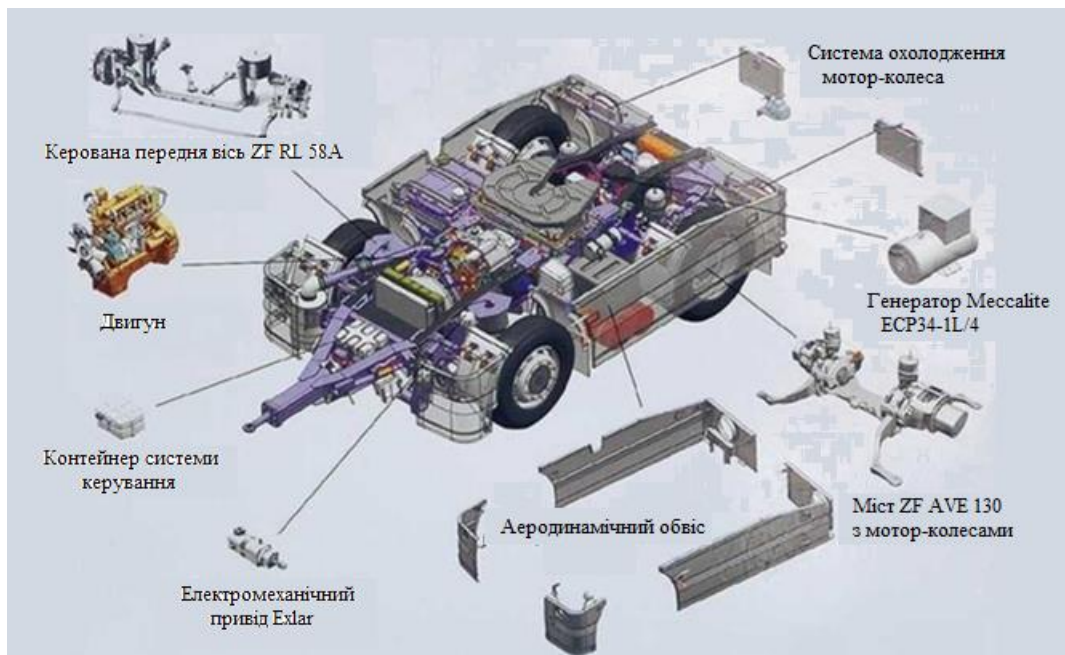


Рисунок 1.7 – Тяговий модуль у розборі [19]

Також за даними заводу Scania до тягового модуля входять гальма, коробка передач, роздавальна коробка. І так вся модульна система представляє як електронно-механічна концепція скоординованого перспективного автотранспортного засобу сільськогосподарського призначення. Однією з основних переваг цього засобу є заміна його модулів. Час заміни якого займає від 40 до 90 хвилин, згідно з даними, отриманими із заводу Scania. Також вже застосовуються різні тягові та вантажні модулі MAT3, призначені для використання у сільському господарстві. Транспортування зерна, добрив, різних хімікатів потребує використання різних вантажних модулів. Вантажні модулі можуть бути взаємозамінні та використовуватися відповідно до призначення. Деякі модулі сільськогосподарського призначення MAT3 представлені рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Модулі МАТЗ сільськогосподарського призначення

У зв'язку з цим для такого високотехнологічного перспективного модульного автомобіля потрібно спеціалізоване ТО та ремонт. В Україні на даний момент такого автомобіля немає, але в інших країнах Європи, таких як Швеція та Німеччина, він вже активно пройшов випробування і задіяний на виробництвах. Це створює величезний доробок на перспективу дослідження, оскільки його експлуатація вимагає розвитку досліджень з цієї тематики. Дослідження проводять за даними автомобілів Scania R420 та R440, оскільки модульний транспорт сільськогосподарського призначення було створено на технічній базі цих автомобілів. На даний момент експлуатується два види модульних автомобілів сільськогосподарського призначення: один із суміщеним тяговим модулем та модулем кермового управління, його особливістю є приєднання додаткових тягових модулів. А другим є повністю роздільно-модульний автомобіль сільськогосподарського призначення, що складається з трьох основних модулів, представлених вище, і має можливість приєднання додаткових тягових модулів. Конструктивні особливості можуть змінюватися, дана робота спрямована на специфіку ТО та ремонту перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського

призначення, із застосуванням отриманих досліджень на діючі та змінювані конструкції. На підставі аналізу досліджуваного автомобіля потрібно здійснити оцінку досліджень на цю тематику.

### 1.3 Огляд стратегії підтримки працездатності автомобілів

Єдиний комплекс запобіжних та ремонтних заходів, що забезпечує експлуатацію автомобіля є повноцінною системою технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Структура функціонування ТО та ТР автотранспорту формується з різного роду умов: потік вимог на виконання ТО та ТР, тип автомобіля (при використанні перспективного модульного транспортного засобу), кваліфікація працівників та водіїв, експлуатація автомобілів з різною вантажопідйомністю та пробігом.

Підтримка автомобіля в технічно справному стані та мінімізація витрат на ТО та ТР є найважливішими складовими ефективної прийнятої стратегії технічного обслуговування та ремонту автотранспорту. Надання заданої функціональності автомобілів залежить від певного потоку вимог, виробничої потужності системи технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Існуюча залежність щодо виробничої потужності системи ТО та ТР АТЗ щодо певних потоків вимог показує максимальний ефект від обраного методу технічного обслуговування.

Мінімізація витрат забезпечується головним чином з допомогою технологічного процесу ТО транспортних засобів. У зв'язку з цим можна виділити головну складову всієї прийнятої системи ТО та ТР на підприємстві з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, до якої входить метод технічного обслуговування, спрямований на використання транспортних засобів та забезпечення його технічно придатного стану при створенні заданого рівня технічної готовності. У ній необхідно враховувати головні компоненти системи масового обслуговування (СМО) – потік вимог, що входить, технічні пости і черга з послідовних вимог на обслуговування. Тут

обслуговування прийнято інтерпретувати як виконання вимог чи заявок на технічну операцію. Виконання вимог щодо технічних робіт служить основним видом діяльності у СМО.

Неправильне співвідношення між потоком вимог та пропускною здатністю створює чергу в СМО. Теорія масового обслуговування демонструє ефективність заданої мети. Вона представлена як система з процесними підходами рисунку 1.12.

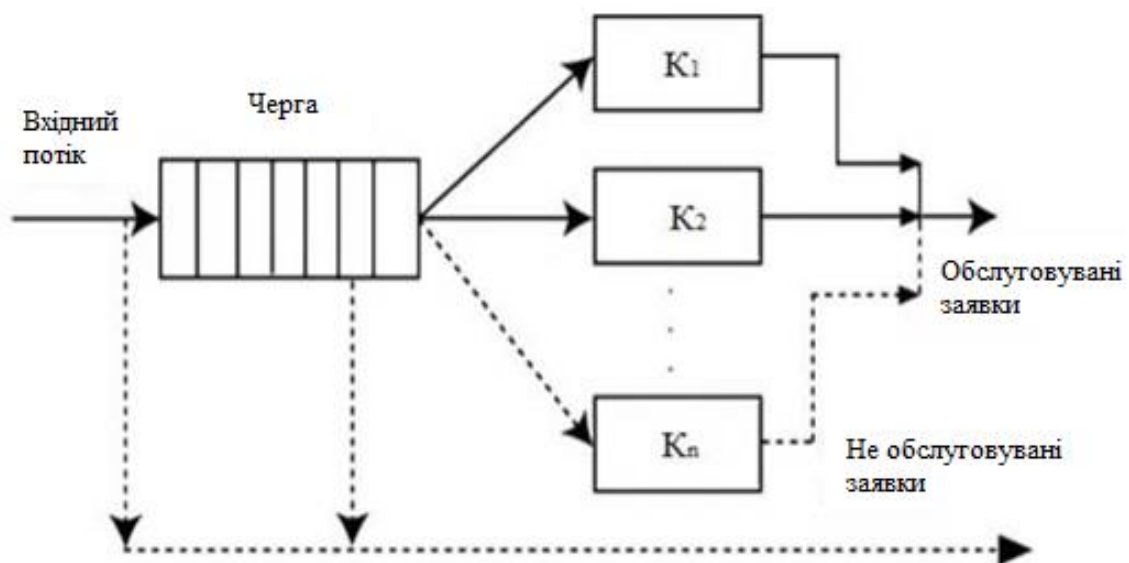


Рисунок 1.12 – Процесний підхід теорії масового обслуговування

На підставі цього при технічному впливі на автотранспортні засоби потрібне блокування, регулювання потоків вимог та пропускної спроможності на постах ТО та ТР. Вимоги, що залишають системи, називаються вихідним потоком вимог. Система ТО та ТР автомобілів в АПК при використанні різних методів технічного обслуговування для АТЗ оцінюється як система з певною чисельністю постів та порівняно невизначеною чисельністю заявок. Заявки виникають через невизначений пробіг і в невизначений час, які потребують певного впливу. У роботі [34] невизначений (випадковий) потік заявок є найпростішим. Найбільш поширений найпростіший потік вимог. Коли відбувається підміна різних потоків найпростішими можна отримати позитивніший результат. Саме найпростіший потік можна оцінювати як

відмови на автомобілях. Закон Пуассон добре описує найпростіші потік функцією ймовірності надходження заявок (АТЗ):

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (1.4)$$

де  $t$  - час появи заявок, год.;  $k$  - число заявок, од.;  $\lambda$  - інтенсивність потоку заявок, а/год.

При значеннях  $k = 0$ , що змінюються щодо пробігу  $l$ :

$$P_k(l) = \frac{(\lambda \cdot l)^0}{0!} e^{-\lambda l} = e^{-\lambda l} \quad (1.5)$$

Математичне очікування кількості заявок прирівнюється за найпростішого потоку:

$$M[k] = \lambda \quad (1.6)$$

Беручи до уваги, що дисперсія найпростішого потоку вимог дорівнює математичному очікуванню, то внаслідок цього середньоквадратичне відхилення дорівнюватиме:

$$\sigma[k] \sqrt{M[k]} = \sqrt{D[k]} = \sqrt{\lambda} = \sqrt{b_i} \quad (1.7)$$

Так, на основі цього можна зробити висновок, що кількість заявок, що надходять на АТП для певних технічних дій  $b_i$  над АТЗ, мають відхилення у вигляді  $\sqrt{b_i}$  від  $\sqrt{M[k]}$ .

Ймовірність події появи заявки за деяке значення пробігу ( $l < L$ ) визначається функцією перерозподілу значення пробігу:

$$P(L) = K(l < L) = 1 - e^{-\lambda l} \quad (1.8)$$

Ця функція розглядається показовим чи експоненційним законом розподілу. Щільність розподілу тривалості інтервалів надходження заявок:

$$P(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (1.9)$$

Дисперсія, математичне очікування та середньоквадратичне відхилення є основними складовими показового закону:

$$M(L) = \frac{1}{\lambda} \quad (1.10)$$

$$D(L) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (1.11)$$

$$\sigma(L) = \frac{1}{\lambda} \quad (1.12)$$

Крім того, потік заявок додатково впливає на систему ТО АТЗ тривалістю впливу. Сервіс вантажного автомобіля і МАТЗ сільськогосподарського призначення є випадковою величиною, яка складається з умов експлуатації та ремонтоспроможності, пробігу, кваліфікації персоналу. Щільність розподілу тривалості технічного на АТЗ також змінюється за показовим законом розподілу:

$$P(t) = \mu \cdot e^{-\mu t} \quad (1.13)$$

де  $\mu$  – інтенсивність потоку ТО АТЗ, а / год.

при цьому інтенсивність потоку ТО АТЗ:

$$\mu = \frac{1}{t_i} \quad (1.14)$$

де  $t_i$  - середній час технічного впливу на автомобіль, год;

Відносна пропускна здатність посту ТО АТЗ у виразі:

$$Q = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (1.15)$$

Абсолютна пропускна здатність у ТО АТЗ розраховується за формулою:

$$A = \lambda \cdot Q \quad (1.16)$$

Імовірність відмови в ТО АТЗ приймається:

$$F = 1 - \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (1.17)$$

Номінальна пропускна спроможність на постах ТО АТЗ виражається:

$$A_{ном} = \frac{1}{t_i} \quad (1.18)$$

Наведена інтенсивність потоку ТО АТЗ приймається:

$$p = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1.19)$$

ймовірність перебування заявок на потік для ТО АТЗ:

$$P_0 = \frac{1-p}{1-p^{k+1}} \quad (1.20)$$

де  $k$  - заявки на потоці, шт.

Середня кількість заявок на ТО АТЗ у черзі та потоці:

$$N_s = \frac{p(1-(K+1) \cdot p^M + M \cdot p^{M+1})}{(1-p) \cdot (1-p^{N+1})} \quad (1.21)$$

Час перебування у системі технічного обслуговування АТЗ:

$$W_s = \frac{N_s}{\lambda(1-P_N)} \quad (1.22)$$

Час перебування на технічному обслуговуванні АТЗ у черзі:

$$W_q = \frac{N_s}{W_s - \frac{1}{\mu}} \quad (1.23)$$

Середня кількість АТЗ у черзі  $N_q$ :

$$N_q = \lambda(1-P_N) \cdot W_q \quad (1.24)$$

У разі найбільш доцільно проводити оцінку і аналіз технології методу технічного обслуговування АТЗ з допомогою, наведеної СМО.

Проведення дослідження із засобів побудови математичної моделі може бути забезпечене методом статистичного моделювання. Численні властивості системи технічного обслуговування АТЗ також ґрунтуються на моделюванні. Модель враховує  $K_{ТГ}$  автотранспортних засобів в АПК. У роботі [29] аналізуються основні значення технічної готовності автомобільного парку на автомобільному підприємстві так:

- висока готовність: 0,8 – 1;
- нормальна готовність: 0,6 – 0,8;
- низька готовність: 0,4 - 0,6;
- дуже низька готовність: < 0,40 (Рекомендується вжити заходів щодо її усунення).

Також при побудові математичної моделі необхідно враховувати управління на підприємствах з ремонту та технічного обслуговування АПК. У дослідженні [100] управління виробництвом забезпечують порядок та дотримання пропорцій обслуговування та ремонту автомобілів у системі ТО та ТР АТЗ. Управління на АТП є структурою заходів, що забезпечують функціонал систем відповідно до поставлених завдань з обслуговування та ремонту перспективного модульного автотранспорту. Підприємство АПК має своє АТП, у якому відбувається ремонт АТЗ та тракторів. АТП за планової стратегії технічного обслуговування автомобілів представлено на рисунку 1.13.

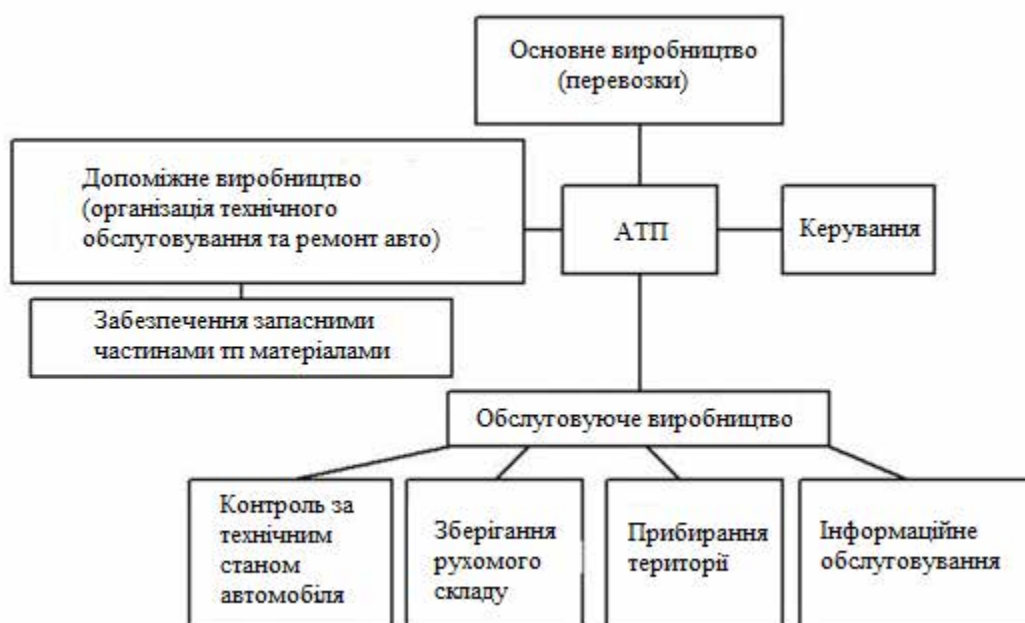


Рисунок 1.13 - Схема автотранспортного підприємства

Виробничому відділу приділяється основна діяльність. Допоміжне та обслуговуюче виробництво створює умови для зменшення втрат за часом. Вони також включають доставку інструментів, запасних частин і т.д. буд. Вони враховується системний підхід.

Системний підхід у дослідженні методу технічного обслуговування МАТЗ дозволяє врахувати ефективність та оптимізувати систему ТО та ТР на АТП. Ремонт та ТО масового продукту конкретизується на політиці

безперебійної роботи, яка у свою чергу оцінюється за аспектами профілактики відмов та несправностей. Особливістю всіх методів технічного обслуговування автотранспортних засобів є профілактика відмов. Відмови поділяються на профілактичні та непрофілактичні. Питомі витрати на непрофілактичні відмови АТЗ можна прийняти:

$$C_n^{num} = \frac{C_n}{T_o} = C / f(T_o)dT_o \quad (1.25)$$

де  $C_n$  - вартість усунення відмови, грн.  $T_o$ - середнє напрацювання до відмови, км;  $f(T_o)$  – щільність розподілу відмов щодо середнього напрацювання відмови;  $d(T_o)$  – диференціал середнього напрацювання на відмову.

Перевагою цієї стратегії є те, що немає потреби у профілактиці технічного впливу на АТЗ. При стратегії, що профілакується, характерні профілактична і непрофілактична стратегія технічного впливу на АТЗ. Значним аспектом профілактичного відновлення експлуатації автомобілів є здатність регулювати проблеми технічної готовності та ремонту, надання безпеки на транспорті, зниження загальних витрат на технічне обслуговування АТЗ із здійсненням ремонтних робіт.

Безвідмовність роботи на автотранспортному засобі, а також технічна готовність базується на запобіжному технічному впливі надання встановленого ступеня безвідмовності поновлюваного в експлуатації автомобіля на випробувально-ремонтному періоді, згідно з ГОСТ ГОСТ 27.002 – 2015 [127]:

$$P\{T_o \geq l_{TO}\} \geq Y_i \quad (1.26)$$

де  $P$  – ймовірність безвідмовної роботи автомобіля;  $T_o$ - середнє напрацювання на відмову, км;  $l_{TO}$  - запланований пробіг автомобіля до ТО і ремонту, км;  $Y_i$  - гама довірча ймовірність безвідмовної роботи деталей АТЗ.

Деталі автомобіля, які забезпечують безпеку та безвідмовність на автотранспорті (колеса, кермо, гальмівне керування, склоочисники, зовнішні світлові прилади) –  $Y_i = 0.9 - 0.99$ ; інших елементах автомобіля, що надають технічну готовність (системи випуску, живлення запалювання, двигун)

становить  $Y_i = 0.85 - 0.89$ . 65% елементів АТС схильні до регулювання та ремонту з політики, зосередженої на найменші витрати, пов'язані з забезпеченням автомобіля в справному стані. Діяльність [34] приймається усереднене значення  $Y_i > 0,95$  для деталей, які забезпечують безвідмовність на АТЗ. У цьому випадку перелік технічного впливу на АТЗ оцінюється витратами за встановленою стратегією непрофілактичних ремонтів за потребою та має найменшу значимість [35]:

$$C^I \prec C^{II} \text{ ма } C^I \rightarrow \min \quad (1.27)$$

де  $C^I$  - витрати на ремонтні роботи з профілактики, грн.;  $C^{II}$  - витрати на ремонтні роботи (непрофілактичні), грн.

Крім того, здійснення незапланованого проведення робіт, пов'язаних із контролюванням технологічного потенціалу, а також відновленням працездатності автотранспортних засобів представлено:

$$C_n = C_\phi \quad (1.28)$$

де  $C_n$  - передбачуване споживання ресурсів, руб.;  $C_\phi$  - непередбачуване споживання ресурсів, грн.

Запобіжні заходи щодо ТО та ремонту автомобілів у даному взаємозв'язку, поєднуються з більш комфортним регулюванням за витратами на ТО АТЗ. Нерідко більш рентабельно здійснити попереджувальну діяльність з ТО АТЗ із завчасним контролюванням технічного потенціалу автомобіля, ґрунтуючись на профілактичному обслуговуванні. Так як технічне обслуговування АТЗ виконується на підприємстві, що експлуатує дані автомобілі, значення вартості ТО і ТР АТЗ можна прийняти еквівалентним витрат за технічним сервісом АТЗ. З метою запобіжних заходів, технічного впливу при ТО АТЗ у даних взаємозв'язках базується на виконавчому впливі та контрольному елементі:

$$C_{op} = C_k + K_p C_p \quad (1.29)$$

де  $C_{op}$  - вартість операції профілактичного впливу, грн.;  $C_k$  - вартість по діагностичній частині операції, грн.;  $K_p$  - коефіцієнт повторюваності виконавчої частини операції;  $C_p$  - ціна на виконавчу частину операції, грн. [46].

Відповідно до даного виразу стратегія у сфері ремонтних робіт із завчасним контролем технічного стану має на увазі конкретний регламент контрольних робіт, а перелік процедур з ремонту обумовлюється в ненормованому режимі згідно з підсумками контролю транспортного засобу, що не ліквідує прояву конкретних проблем у завантаженості постів.

За погодженням із запобіжно-профілактичними заходами у формуванні технічного обслуговування автотransпортних засобів бере участь напрацювання. Напрацювання визначається пробігом автомобіля. Цей варіант використовується, якщо усереднений пробіг автотransпортного засобу вважається стійкою величиною, що при складанні плану попереджувального впливу дуже практично при контролі ТО та ремонтних робіт АТЗ, що складаються з модулів.

Розподіл автотransпортних засобів на ТО за напрацюванням дає можливість оцінювати певні деталі автомобіля, оскільки це гарантує придбання відомостей надійності для уточнення концепції планово-попереджувальних заходів автотransпортних засобів [33]. Використання запобіжних заходів (планово-профілактичної стратегії) щодо аспектів періодичності, складання плану постановки відновлення автотransпорту виконується у конкретних проміжках пробігу, у своїй дані інтервали є стабільними залежно від експлуатації чи свідчить про непостійний вид пробігу автотransпорту. Відповідна циклічність планових заходів при запобіжно-профілактичній стратегії ТО та ремонту автомобілів вважається основою для технічного обслуговування перспективних МАТЗ сільськогосподарського призначення.

Зокрема, розглядається стратегія надання безпеки та безвідмовності автотransпорту, якщо на невеликому доробку відмова здатна трапитися, коли завгодно, приймається конкретна величина ймовірності відмови –  $F$  на інтервалі  $l$ , у той час як періодичність із відмовими обумовлюється виразом:

$$F(l) = \int_{T_{\min}}^{L_{\text{ТО}}} f(l) dl \quad (1.30)$$

де  $T_{min}$  - мінімальна напрацювання на відмову, км;  $l_{TO}$  - періодичність технічного обслуговування АТЗ, км;  $f(l)$  - щільність ймовірності відмови елемента АТЗ;  $dl$ - диференціал інтервалу  $l$  на якому відбулася відмова АТЗ [46].

Усі дані висловлювання також застосовуються до МАТЗ сільськогосподарського призначення. Якщо мінімальні питомі витрати на ТО МАТЗ сільськогосподарського призначення це остаточне завдання, то приймається обчислення відповідної періодичності ТО МАТЗ сільськогосподарського призначення, що приймає екстремум на нижній точці функції.

### **Висновки за розділом 1**

1. Розглянута модульна архітектура, конструктивні особливості перспективного модульного автотранспортного засобу сільськогосподарського призначення, досліджуваний перспективний автомобіль дозволяють оцінити ефективність модульних вантажних автомобілів та систему технічного обслуговування для таких автомобілів.

2. Виявлено, що на надійність експлуатації АТЗ впливають: конструктивні особливості автомобільного автотранспорту, методи технічного обслуговування АТЗ, що використовуються, постачання елементно-технічної бази та організація ТО автомобільного парку.

3. Різні методи здійснення технічного обслуговування та ремонту автомобілів використовуються на різних підприємствах для стабілізації технічного стану, які вимагають коригування під час використання на модульному автомобілі.

4. Надані відомості про перспективний модульний вантажний автомобіль сільськогосподарського призначення, а також здійснена оцінка методів ТО та ремонту вантажних автомобілів описує, що в більшості випадків застосовується планово-попереджувальна система ТО та ремонту, а також методи універсальних постів та поточкових ліній переважають над іншими методами ТО АТЗ.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Методика проведення дослідження, які застосовуються обмеження та пропозиції

Аналіз науково-технічної літератури, переваги та конструктивні особливості перспективного модульного автотранспорту, аналіз методів ТО АТЗ, що застосовуються на підприємствах, удосконалення методів технічного обслуговування модульних автомобілів за допомогою математичної моделі та формування найкращої періодичності технічного обслуговування для модульних автомобілів входять до складу теоретичних досліджень.

Отримання відомостей щодо автомобілів, а також щодо їх відмов та проведення технічного обслуговування АТЗ; дослідження та зіставлення експериментальної інформації; розкриття впливу технічного обслуговування АТЗ, яке проводиться на підприємствах АПК, на яких проводяться заходи щодо технічного обслуговування та ремонту АТЗ, на непланові ремонти, у тому числі аргументація переходу на вдосконалені методи технічного обслуговування під час використання перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення – зараховуються до експериментальних досліджень.

Проаналізувавши застосовувані методи технічного обслуговування та ремонту АТЗ на підприємствах з технічного обслуговування та ремонту АТЗ, висувається припущення, яке полягає в тому, що підвищення ефективності ТО МАТЗ сільськогосподарського призначення дозволяє досягти максимального рівня технічної експлуатації модульних вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення шляхом пропозиції щодо проведення робіт з ТО для кожного модуля в модульному транспорті, а також двоетапний (ТО-S та ТО-L) замість триетапної системи технічного обслуговування – ТО-S, ТО-M, ТО-L з урахуванням використання перспективних автотранспортних засобів модульної конструкції. Оскільки згідно з регламентом технічного обслуговування автомобілів, Scania всі операції для автомобілів Scania за ТО-

М повторюються в ТО-S та ТО-L. Виникає припущення про перенесення неефективних операцій у поточний ремонт та перерозподіл операцій щодо ТО-S та ТО-L для МАТС сільськогосподарського призначення. З метою оптимізації запропонованого методу необхідно визначити умови проведення робіт та інтервал періодичності по ТО-S та ТО-L (оскільки модульний автомобіль створено на базі Scania):

1. У формуванні модульної концепції знаходиться послідовна структура, яка визначається окремою періодичністю на всіх рівнях проведення МАТЗ сільськогосподарського призначення.

2. Для перспективного модульного автомобіля, що є комбінованим видом автотранспорту, повинна забезпечуватися ефективна система проведення ТО, яка в той же час забезпечує мінімальний рівень витрат.

3. Операції з підтримки модуля у справному стані, що дозволяють зменшити рівень витрат, не повинні негативно впливати на безпеку руху.

4. Крім перерахованих умов необхідно розуміти доцільність проведення дрібного ТО МАТЗ сільськогосподарського призначення, в якому не потрібна заміна модуля.

Для підтвердження висунутого припущення скористаємося побудовою математичної моделі коригування періодичності МАТЗ сільськогосподарського призначення.

## 2.2 Математичне моделювання коригування періодичності технічного обслуговування модульного автотранспорту

Завданнями з оптимізації технічного обслуговування АТЗ займалося багато вчених. Найчастіше застосовуються математичні моделі Шейніна А.М. зі зв'язків витрат та періодичності ТО автомобілів у дослідженні [114]. Але вони не повною мірою враховують безвідмовність агрегатів. При оцінці питомих витрат показано залежність питомих витрат та періодичності ТО АТЗ у роботі [124], подана у виразі:

$$C_{num} = f(l_{TO}) \rightarrow \min \quad (2.1)$$

де  $f(l_{TO})$  - залежність питомих витрат від періодичності ТО МАТЗ.

У нашому випадку завдання розробки математичної моделі полягає в тому, щоб визначити значення періодичності та обсягів робіт технічного обслуговування для МАТЗ зокрема:

$$C_{num} = f(l_{TO}, t_o) \rightarrow \min \quad (2.2)$$

$$P_1 = \varphi_1(l_{TO}, t_o) = \bar{P}_1$$

при умові

$$P_2 = \varphi_2(l_{TO}, t_o) = \bar{P}_2$$

... ..

$$P_n = \varphi_n(l_{TO}, t_o) = \bar{P}_n$$

де  $l_{TO}$  - періодичність технічного обслуговування МАТЗ, км;  $t_o$  - обсяг робіт з ТО МАТЗ;  $P_1, P_2 \dots \bar{P}_2$  – показники безвідмовності при розрахунку періодичності та витрат на ТО МАТЗ;  $\varphi_1(l_{TO}, t_o)$  – залежності показників надійності за заданих умов ТО для МАТЗ. При складанні цільової функції необхідно оцінити вплив елементів всієї системи АТЗ. Тоді для груп модульних елементів агрегату або модульних АТЗ завдання складає:

$$C_{num} = f(l_{TO_i}) \rightarrow \min \quad (2.3)$$

при умові

$$P_1 = \varphi_1(l_{TO_1}) = \bar{P}_{i1}$$

$$\Phi_{i1} = \psi_1(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{i1}$$

$$P_2 = \varphi_2(l_{TO_1}) = \bar{P}_{i2}$$

$$\Phi_{i2} = \psi_2(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{i2}$$

... ..

... ..

$$P_m = \varphi_m(l_{TO_1}) = \bar{P}_{im}$$

$$\Phi_{in} = \psi_n(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{in}$$

де  $l_{TO_1}$  - періодичність технічного обслуговування для агрегатів і модулів МАТЗ, км;  $P_{i1}, P_{i2} \dots \bar{P}_{im}$  – показники безвідмовності при розрахунку періодичності та витрат на ТО агрегатів та модулів МАТЗ;  $\Phi_{i1}, \Phi_{i2} \dots \bar{\Phi}_{ik}$  – показники функціональних властивостей агрегатів та модулів МАТЗ;  $\varphi_1(l_{TO_1})$

...  $\varphi_m(l_{TO_i})$  – залежність показників безвідмовності від періодичності ТО для агрегатів та модулів МАТЗ;  $\psi_1(l_{TO_1}) \dots \psi_k(l_{TO_1})$  – залежність показників функціональних властивостей від періодичності ТО для агрегатів та модулів МАТЗ. Спосіб створення технічного обслуговування та ремонту модульних автотранспортних засобів складається виходячи з поставлених завдань.

Модульний транспорт можна уявити з  $N$  агрегатів, що структуруються в модулі, які необхідно обслуговувати. Самостійний і елемент агрегату ( $i=1 \dots N$ ) має складових  $m_i$ , а кожна  $j$  складова –  $i$ -того об'єкта ( $j=1 \dots m_i$ ) оцінюється як об'єкт запобіжного впливу на наступних підставах:

- застосування методів технічного обслуговування за одиничними модулями та для повного автомобіля;
- скорочення витрат технічного обслуговування під час використання модульного транспортного засобу;
- забезпечення надійності (безвідмовності) модулів (агрегатів) автомобіля на всіх стадіях технічного обслуговування та ремонту.

У загальній формі цільову комплексну функцію можна подати так:

$$C_{\sum_{num}}(l) = \sum_{i=1}^m C_{oi}^{num} + \sum_{j=1}^m C_{ni}^{num} \rightarrow \min \quad (2.4)$$

де  $C_{\sum_{num}}(l)$  – загальні сумарні питомі витрати на технічне обслуговування та ремонт МАТЗ на інтервалі  $l$ , грн./км;  $\sum_{i=1}^m C_{oi}^{num}$  – сумарні питомі витрати на технічне обслуговування агрегатів та модулів МАТЗ, грн./км;  $\sum_{j=1}^m C_{ni}^{num}$  – сумарні питомі витрати на ремонт агрегатів та модулів МАТЗ, грн./км.

З урахуванням виразів 1.25 та 1.29 цільова функція 2.4 з урахуванням прийнятих умов набуває вигляду:

$$C_{\sum_{num}}(l) = \sum_{i=1}^m \frac{C_{oi}}{l_{TO_1}} + \sum_{j=1}^N \frac{C_{ni}}{T_{oi}} = \sum_{i=1}^m \frac{(C_{ki} + K_{pi} + C_{pi})}{l_{TO_1}} + \sum_{j=1}^N \frac{C_{ni}}{T_{oi}} \rightarrow \min \quad (2.5)$$

при умові  $y_i \leq P$ ,  $K_{m_2} \min \leq K_{m_2} \leq K_{m_2} \max$

$$\begin{array}{ll}
P_1 = \varphi_1(l_{TO_1}) = \bar{P}_{i1} & \Phi_{i1} = \psi_1(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{i1} \\
P_2 = \varphi_2(l_{TO_1}) = \bar{P}_{i2} & \Phi_{i2} = \psi_2(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{i2} \\
\dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\
P_m = \varphi_m(l_{TO_1}) = \bar{P}_{im} & \Phi_{ik} = \psi_k(l_{TO_1}) = \bar{\Phi}_{ik}
\end{array}$$

де  $\sum_{i=1}^m C_{oi}$  – сумарні витрати на технічне обслуговування агрегатів та модулів МАТЗ, грн.;  $\sum_{j=1}^m C_{ni}$  – сумарні витрати на ремонт агрегатів та модулів МАТЗ, грн.;  $T_{oi}$  - середнє напрацювання на відмову модулів і агрегатів МАТЗ, км; - ймовірність безвідмовності після ТО та ТР МАТЗ;  $y_i$  - довірча ймовірність безвідмовної роботи модульного елемента конструкції МАТЗ;  $K_{mg}$  – коефіцієнт технічної готовності (*min* – мінімальний та *max* – максимальний).

У цьому випадку значення витрат за виконавчою та діагностичною частиною операцій можна отримати експериментальним шляхом, а значення коефіцієнта повторюваності операцій необхідно висловити за допомогою рівня вкладу операцій із зменшення питомих витрат на ТО та ремонт АТЗ. Значення коефіцієнта технічної готовності щодо мінімуму – є поточний АПК, а максимальний – 1 (з урахуванням всіх ЕО приймається 0,97).

Задана цільова функція має вигляд параболи, тому для аналітичного опису використовуємо залежність:

$$C_{num} = C_o + C_1 l + C_2 l^2 \quad (2.6)$$

Зміна у показниках безвідмовності та функціональних властивостях елементів обумовлених зносом модулів, що складаються з агрегатів та елементів.

При зміні періодичності МАТЗ знос відповідно зростає. Тоді показники безвідмовності та функціональності змінюються монотонно. Для апроксимації цього можна скористатися поліномом другого ступеня, і тоді дані показники будуть представлені:

$$\begin{array}{l}
P_1 = a_0 + a_1 l + a_2 l^2 \quad \Phi_1 = b_0 + b_1 l + b_2 l^2 \quad (2.7) \\
C_{num} = C_o + C_1 l + C_2 l^2 \rightarrow \min
\end{array}$$

при умові  $y_i \leq P_i, K_{m_2} \min \leq K_{m_2} \leq K_{m_2} \max$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= a_{01} + a_{11}l + a_{22}l^2 = \overline{P}_1 \\
 P_2 &= a_{02} + a_{12}l + a_{22}l^2 = \overline{P}_2 \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 P_m &= a_{0m} + a_{1m}l + a_{2m}l^2 = \overline{P}_m \\
 \Phi_1 &= b_{01} + b_{11}l + b_{22}l^2 = \overline{\Phi}_1 \\
 \Phi_2 &= b_{02} + b_{12}l + b_{22}l^2 = \overline{\Phi}_2 \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 \Phi_k &= b_{0k} + b_{1k}l + b_{2k}l^2 = \overline{\Phi}_k
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

Після знаходження необхідних значень МАТЗ для розрахунку показники безвідмовності та питомих витрат подаються як матриця:

$$\begin{array}{cc}
 l_{TO_1}, P_{11}, P_{21}, \dots, P_{m1}, & \Phi_{11}, \Phi_{21}, \dots, \Phi_{\kappa 1} \\
 l_{TO_2}, P_{12}, P_{22}, \dots, P_{m2}, & \Phi_{12}, \Phi_{22}, \dots, \Phi_{\kappa 2} \\
 \dots \dots \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \dots \\
 l_{TO_n}, P_{1n}, P_{2n}, \dots, P_{mn} & \Phi_{1n}, \Phi_{2n}, \dots, \Phi_{\kappa n}
 \end{array}
 \tag{2.9}$$

де  $l_{TO_1}, l_{TO_2}, \dots, l_{TO_n}$  - періодичність досліджуваних МАТЗ;  $P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_n}$  - значення безвідмовності досліджуваних МАТЗ;  $\Phi_{i_1}, \Phi_{i_2}, \dots, \Phi_{i_n}$  - функціональні показники досліджуваних МАТЗ.

Матричні дані застосовуються з визначення коефіцієнтів регресії представлених моделей, які входять у цільову функцію. Як показник безвідмовності приймається кількість відмов щодо періодичності ТО МАТЗ. А за функціональними показниками оцінюється модульність конструкції та функціональні особливості – прийняті як перевезення вантажів. Необхідно встановити коефіцієнти регресії рівняння:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \tag{2.10}$$

У разі  $b_i$  приймається у перебування регресії методом найменших квадратів. Рівняння виконання відповідно до ортогональних поліном Чебишева виражається:

$$y = c_0 + c_1\phi_1(x) + c_2\phi_2(x) \quad (2.11)$$

Тому поліноми Чебишева представлені у виразах:

$$\phi_1(x) = x - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n x_j \quad (2.12)$$

$$\phi_2(x) = x^2 - \frac{\sum x^2(x - \bar{x})}{\sum x^2(x - \bar{x})^2} (x - \bar{x}) - \sum_{j=1}^n x_j \quad (2.13)$$

Тоді коефіцієнти виражені у таких формулах:

$$C_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^s m_j \bar{y}_1 \quad (2.14)$$

$$C_1 = \frac{\sum_{j=1}^l \phi_1(\bar{x}_j) m_j \bar{y}_1}{\sum_{j=1}^l \phi_1^2(\bar{x}_j) m_j} \quad (2.15)$$

$$C_2 = \frac{\sum_{j=1}^l \phi_2(\bar{x}_j) m_j \bar{y}_1}{\sum_{j=1}^l \phi_2^2(\bar{x}_j) m_j} \quad (2.16)$$

де  $l$  - інтервал періодичності ТО;  $m_j$  - число МАТЗ за періодичністю в інтервалі  $j$ .  $\bar{x}_j$  та  $\bar{y}_1$  середнє значення  $x$  та  $y$  в інтервалі  $j$ ;

У свою чергу міжгрупова та загальна дисперсія визначаються за виразами:

$$\delta_{zp}^2 = \frac{\sum (\bar{y} - y_x)^2}{n} \quad (2.17)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum (\bar{y} - y_x)^2}{n} \quad (2.18)$$

де  $\bar{y}_1$  - індивідуальні значення результативної ознаки;  $y_1$  - загальна середня значень результативної ознаки;  $n$  - число одиниць сукупності;  $y_n$  - групове значення результативної ознаки.

Дані зв'язки можуть бути сильними (тісними) і слабкими, а також приймаються за оцінкою шкали Чеддока:

- слабка:  $0,1 < \eta < 0,3$ ;
- помірна:  $0,3 < \eta < 0,5$ ;
- помітна:  $0,5 < \eta < 0,7$ ; - Висока:  $0,7 < \eta < 0,9$ ;
- досить висока:  $0,9 < \eta < 1$ .

Прийняте значення свідчить, зміна змінної  $x$  впливає на  $y$ . При перевірці гіпотез щодо коефіцієнтів рівняння регресії використовується критерій Стьюдента, обчислення якого провадиться за формулою:

$$t = \frac{b_i}{S_{bi}} \quad (2.19)$$

де  $b_i$  - коефіцієнт математичної моделі;  $S_{bi}$  - середньоквадратичне відхилення у визначення коефіцієнтів.

Взаємозв'язок між аналізованими показниками вважається суттєвим у разі, коли розрахунковий показник  $t$  більший за табличний у ступені важливості  $\alpha=0,05$ . Необхідно визначити точність підбору рівняння, що називається індексом детермінації. Він визначається у виразі:

$$R = 1 - \frac{\sum (\bar{y} - y_x)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.20)$$

Для перевірки адекватності математичної моделі використовується критерій Фішера (F-критерій), який розраховується за такою формулою:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} \quad (2.21)$$

де  $n$  - число дослідів;  $m$  - кількість чинників у рівнянні регресії.

Розрахункове значення порівнюємо з табличним -  $F_{кр}$ , за значення  $F > F_{кр}$  - рівняння математичної моделі вважається адекватним. Цю математичну модель приймаємо до створення алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів.

## 2.3 Формування рівня вкладу операцій у системі ТО та ремонту АТЗ

У цьому дослідженні з метою вирішення поставлених завдань можливе використання популярних теорій та методик, таких як: теорія масового обслуговування, теорія ймовірностей та математичної статистики.

Експлуатація перспективного модульного автомобіля та внесення змін до технічного обслуговування передбачається на підставі обліку коефіцієнта технічної готовності, а також певного інтервала періодичності. У масі варіантів заданий інтервал періодичності може збігатися з більш відповідної циклічності технічного обслуговування.

Профілактична робота включає періодичність, що опинилася в діапазоні результативних значень. В інших випадках дія оцінюється на інтервалах періодичності запобіжного впливу. Заходи з поточного ремонту АТЗ включають неефективні операції з обслуговування автомобілів, які є непрофілактичними.

На підставі вищевикладеного розрахунок періодичності та перерозподілу технічного операцій ТО та ремонту будується на умовах:

- систематизації операцій із технічного впливу на перспективні модульні транспортні засоби;
- групування операцій технічного обслуговування перспективних модульних автомобілів із різних періодичностей, а також виявлення неефективних операцій, що належать до поточного ремонту;
- коригування технології технічного обслуговування модульного автотранспорту щодо технічної готовності.

В умовах певних критеріїв ефективності виникає потреба у перерозподілі операцій ТО та ТР перспективних модульних автомобілів за рівнем вкладу. У цьому разі створений розрахунок повинен проводити оцінку раціональності ТО та гарантувати раціональність підбору операцій у вибраних методах технічного обслуговування. Відношення різниці питомих витрат з профілактичного обслуговування та потреби до питомих витрат з

обслуговування потреби, запропоноване в дослідженнях [38], є рівнем вкладу операцій зі зменшення питомих витрат у технічному обслуговуванні АТЗ:

$$D = \frac{C_n^{num} - C_0^{num}}{C_n^{num}} \quad (2.22)$$

де  $C_n^{num} - C_0^{num}$  – показники питомих витрат технічного обслуговування автомобіля відповідно до необхідності та профілактики, грн./км.

В АПК рівень вкладу за однакового відновлення до експлуатаційного стану приймаємо:

$$D = \frac{\frac{C_n}{T_o} - \left( \frac{C_n Z(l_{TO})}{l_{TO}} + \frac{C_o}{l_{TO}} \right)}{C_n / T_o} \quad (2.23)$$

де  $C_n$  - Витрати на ліквідацію відмови, грн.;  $C_o$  - Витрати з профілактики, грн.;  $l_{TO}$  - періодичність технічного обслуговування АТЗ, км;  $T_o$  - середнє напрацювання на відмову при обслуговуванні за потребою, км;  $Z(l_{TO})$  – значення провідний функції відновлення з напрацювання  $l_{TO}$  [46].

Відзначивши:

$$K_n = \frac{C_o}{C_n} \quad (2.24)$$

$$E_o = \frac{l_{TO}}{T_o} \quad (2.25)$$

де  $K_n$  - коефіцієнт відносних витрат на ліквідацію відмов та профілактиці відмов; про  $E_o$ - коефіцієнт періодичності при напрацюванні на відмову [63].

Застосовуючи отримані вирази (2.24) та (2.25) перетворюємо:

$$D = 1 - \left( Z(l_{TO}) + \frac{K_n}{E_o} \right) \quad (2.26)$$

Значення для провідної функції потоку відмов у роботі [32] позначено:

$$\omega(E_o) = 1 + \mu E_o^{1/V-1} \quad (2.27)$$

де  $V$  - коефіцієнт варіації відмов;  $\mu$  - коефіцієнт щільності відмов.

Виражаємо через ресурсне відновлення:

$$\mu = 0,5\left(\frac{V}{K_T} + \frac{1}{K_T}\right) \quad (2.28)$$

де  $K_T$  - коефіцієнт відновлення ресурсу.

Коефіцієнт відновлення ресурсу позначається:

$$K_T = \frac{T_{01}}{T_{02}} \geq 1 \quad (2.29)$$

де  $K_T$  - коефіцієнт відновлення ресурсу;  $T_1$  - середнє напрацювання на першу відмову, км;  $T_{02}$  - середнє напрацювання на другий і наступні відмови, км [46].

Далі застосовується перетворена провідна функція потоку відмов:

$$\Omega(E_0) = \frac{0,5\left(\frac{V^2}{K_T} + 1\right)E_0^{1/V}}{1 + E_0} \quad (2.30)$$

Також зазначено, що коефіцієнт варіації можна використовувати щодо коефіцієнта ресурсу, поданого в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Значення коефіцієнта варіації від відновлення ресурсу при ТО вантажних автомобілів

Коефіцієнт відновлення ресурсу - $K_T$	Коефіцієнт варіації -V
1	0,7
1,2	0,8
1,5	0,9

Тоді рівень вкладу позначимо щодо виразу (2.30):

$$D = \frac{1 - (K_n + 0,5E_0^{\frac{1}{V}}\left(\frac{V^2}{K_T} + 1\right))}{1 + E_0} \quad (2.31)$$

Таким чином, вираз 2.31 оцінює рівень вкладу з профілактики та примусових робіт. А коефіцієнт згідно з виразами 1.25 та 1.29 та відносних витрат згідно з формулою, виражається:

$$K_n = C_k + \frac{C_p K_p}{C_n} \quad (2.32)$$

де  $C_k$  - Витрати на діагностичну частину операції ТО автомобіля, грн.;  
 $K_n$  – коефіцієнт повторюваності впливів із профілактики.

У дослідженні [37] розглядається оцінка ймовірності та виявлення несправностей при ТО АТЗ та ремонті на підставі коефіцієнта повторюваності:

$$K_p = 0,5 \left( \frac{E_0}{K_H} \right)^{K_H/V} (V^2 + 1) - E_0^{\frac{1}{V}} \left( \frac{V^2}{K_T} + 1 \right) \quad (2.33)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт повторюваності;  $K_H$  – коефіцієнт співвідношення напрацювання у разі неполадок.

Приймається коефіцієнт напрацювання:

$$K_H = \frac{T_n}{T_{TO}} \quad (2.34)$$

де  $T_n$  - напрацювання до несправності;  $T_{TO}$  – напрацювання повністю після ТО.

Таким чином, подана залежність коефіцієнта повторюваності, рівня вкладу операцій ТО АТЗ входять у розробку алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування МАТЗ.

#### 2.4 Розробка алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО МАТЗ

Розробка алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО МАТЗ є основною складовою для вдосконалення методів технічного обслуговування МАТЗ та обумовлюється оптимізацією періодичності. Поясненням періодичності технічного обслуговування автомобіля займалися вчені різних країн. З існуючих досліджень і з проведеному літературному аналізу обирається математичне моделювання із застосуванням техніко-економічного методу щодо періодичності ТО автомобілів АТЗ, прийнятої у роботі [37].

У цьому дослідженні по осі абсцис розташовуватиметься інтервал періодичності ТО МАТЗ. Цей інтервал показує кількість малого технічного обслуговування МАТЗ до технічного обслуговування МАТЗ. А саме кількість

ТО-S до ТО-L. Техніко-економічний метод визначення періодичності ТО МАТЗ представлений рисунку 2.6.

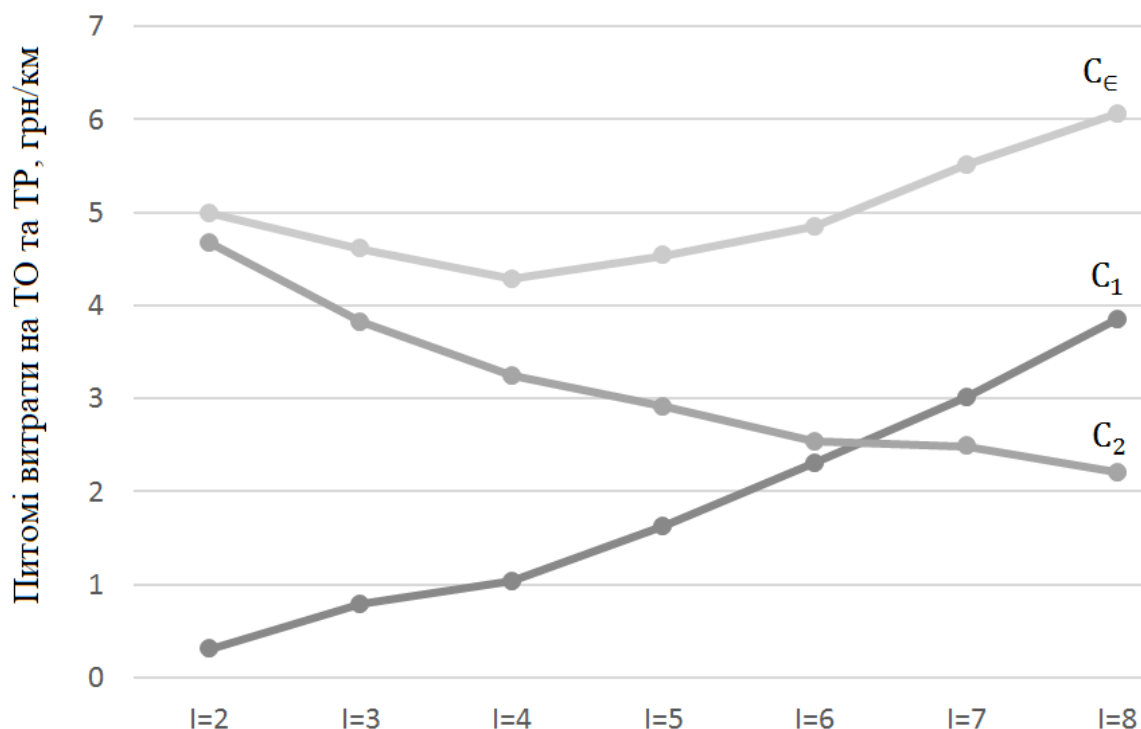


Рисунок 2.6 – Техніко-економічний метод визначення періодичності ТО МАТЗ: C<sub>1</sub> – питомі витрати на ремонт МАТЗ, C<sub>2</sub> – питомі витрати ТО МАТЗ, C<sub>ε</sub> – сумарні питомі витрати на ТО і ремонт МАТЗ.

Обґрунтування періодичності технічного обслуговування МАТЗ, у яких розглядається сукупність необхідної кількості спостережень (у разі приймається щонайменше 15 вантажних автомобілів з урахуванням яких виконано модульний автомобіль), ґрунтується використання методики експериментальних досліджень для подальших розрахунків та застосування у практичних умовах – усі ці рекомендації відносяться до експериментальної частини роботи. Потрібно отримання даних щодо відмови вантажних автомобілів (на базі яких виконано МАТЗ) в АПК.

Створення алгоритму розрахунку періодичності ТО для МАТЗ передбачає реалізацію представленої математичної моделі, яка дозволяє визначити питомі витрати модульних автотранспортних засобів, а також у

подальшому входить у вдосконалення методів технічного обслуговування перспективних модульних автомобілів, що створює потребу в даному дисертаційному дослідженні.

Застосування методів математичного моделювання та надалі запропонованої цільової функції базується на зміні інтервалу періодичності ТО-L від ТО-S, а також підборі оптимального інтервалу періодичності з мінімальними питомими витратами на ТО та ремонт МАТЗ, спрямованого на високу технічну готовність.

Періодичність ТО МАТЗ реалізується за двома аспектами:

- по агрегатах модульної конструкції, що забезпечують безвідмовність та безпеку всього перспективного модульного автомобіля в цілому, обчислення проводиться згідно з безвідмовністю та гамма-відсотковим напрацюванням.

- інші агрегати модульного автотранспорту, що обчислюються за техніко-економічним аспектом зменшення питомих витрат ТО МАТЗ.

Удосконалення методів технічного обслуговування модульного автомобіля, зокрема вантажних автомобілів Scania (на базі якого виконано модульний автомобіль) має відмінні риси, пов'язані з безвідмовністю транспортного засобу. У зв'язку з цим алгоритм розрахунку періодичності ТО та перерозподілу робіт МАТЗ повинен давати можливість реалізовувати періодичність технічного обслуговування, спрямовану на вдосконалення методів ТО, за критеріями безвідмовності, мінімізації витрат, максимальної технічної готовності.

Структура операцій та інтервал періодичності ТО модульних автомобілів базується на двоетапній моделі технічного обслуговування. Підбір інтервалу періодичності "I", ТО-S щодо ТО-L передбачає обчислення альтернатив двоетапного технічного обслуговування. Це аналізується з допомогою рівня вкладу операцій  $D_i$ . Якщо  $D_i > 0$  процедура вводиться структуру ТО, якщо  $D_i < 0$ , то вводиться в структуру ремонтних робіт. При значеннях  $D_i = 1$  операції ТО АТЗ ставляться до ТО-S, а значеннях  $D_i = 2$  до

ТО-L. Роботи ТО, які відповідають за безвідмовність та безпеку, автоматично вступають до переліку технічного обслуговування перспективних модульних автотransпортних засобів. Для зручності позначення мале технічне обслуговування і велике технічне обслуговування позначаємо коефіцієнтами  $s$  і  $l$  тоді періодичність ТО-S -  $L_s$ , а періодичність ТО-L -  $L_l$ . У тому числі позначимо інші значення виразів малого і великого ТО за даними коефіцієнтами.

На першому етапі алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу витрат ТО МАТЗ відбувається оцінка за допомогою гамма-відсоткового напрацювання по агрегатах модульного автотransпортного засобу (в даному випадку прийнято вантажні автомобілі Scania). Потім вибирається найменш надійний елемент або система автомобільної (модульної) конструкції у разі ремонту. Відбувається вибір періодичності, якому періодичність малого технічного обслуговування МАТЗ повинна бути меншою за гамма-відсоткову напрацювання елемента модульного автотransпортного засобу. Потім потрібно оцінити коефіцієнт повторюваності -  $K_p$  операцій на періодичності -  $L_s$  і  $L_l$  по кожному елементу або агрегатів системи модульного автотransпортного засобу.

Моделюємо інтервал періодичності  $I$  за показниками, в якому кількість інтервалів періодичності малого технічного обслуговування становить велике технічне обслуговування автомобіля. Далі відбувається оцінка виду технічного обслуговування МАТЗ за рівнем вкладу -  $D_i$  кожного елемента або агрегатів системи автомобіля та гамма-відсоткового напрацювання - по ремонтному впливу на періодичності малого та великого ТО МАТЗ.

Наступним етапом є призначення на ремонтний вплив, якщо рівень вкладу менший за нуль і гамма-відсоткове напрацювання на випадок ремонтного впливу менше максимального свого рівня. Далі демонструється вибір модульного елемента конструкції та доцільність перерозподілу робіт за модулями. Наступним етапом є моделювання системи за сумою інтервалу

періодичності та одиниці, і так відбувається моделювання до заданого максимального інтервалу періодичності.

Далі за допомогою техніко-економічного методу технічного обслуговування для МАТЗ проходить вибір варіантів моделювання за допомогою точок мінімуму. Надалі відбувається вибір варіанта системи технічного обслуговування ТО МАТЗ та перерозподіл операцій ТО МАТЗ. Найбільш підходящий варіант технічного обслуговування МАТЗ полягає у розподіл сумарних мінімальних питомих витрат ТО у тому випадку, якщо питомі витрати технічного обслуговування менші або рівні питомих витрат на ремонт МАТЗ.

## **Висновки за розділом 2**

1. Представлено методику проведення дослідження щодо вдосконалення методів технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення, що складається з експериментальних та теорічних досліджень, дослідної апробації даних, аналізу економічної ефективності.

1. Виражено робочу гіпотезу та встановлено головну цільову функцію роботи. Сформовано математичну модель коригування періодичності ТО МАТЗ сільськогосподарського призначення.

2. Визначено більш оптимальне виконання ТО (ТО-S та ТО-L) МАТЗ в АПК з удосконаленням методів технічного обслуговування АТС під час проведення операцій з ТО-L щодо ТО-S.

3. Встановлено методику, алгоритм розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування перспективних модульних автотранспортних засобів за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат ТО. Створено блок-схему алгоритму розрахунку періодичності та перерозподілу операцій ТО перспективних МАТЗ сільськогосподарського призначення.

4. Практичне здійснення отриманих залежностей вимагає виконання досвідчених експериментальних досліджень, націлених на отримання інформації, узаконеної раніше, та здійснення аналізу діяльності технічного обслуговування, ремонту вантажних автомобілів щодо використання перспективних модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення в умовах АПК.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Методика створення бази даних

Експериментальні дослідження побудовані на певній методиці отримання інформації та створення бази даних. Методика експериментальних досліджень будувалася на основних складових:

- визначення досліджуваного транспортного засобу;
- розгляд сільськогосподарських підприємств, в яких використовуються досліджувані транспортні засоби;
- отримання інформації про технічне обслуговування та ремонт, витрати на ТО і ТР, показники надійності, що розглядаються АТЗ;
- створення бази експериментальних даних для проведення необхідного дослідження.

На початку потрібно визначити які сільськогосподарські підприємства використовують вантажні автомобілі Scania на основі яких виконані модульні автотранспортні засоби. За підсумками вивчення різних сільськогосподарських підприємств було встановлено, що значна кількість вантажних автомобілів Scania, що переважають, використовуються багатьма агрохолдингами України. Дані підприємства АПК мають склад сільськогосподарських підприємств і використовують свої автотранспортні підприємства, в яких проходять заходи щодо ТО та ремонту транспортних засобів. Це означає, що доцільно розглядати ТО та ремонт МАТЗ в умовах роботи агрохолдингів. При проходженні ТО та ТР АТЗ необхідно враховувати виконання робіт не тільки по штатних автомобілях АПК, але й інших АТЗ даних компаній, які прибули на проходження технічного обслуговування або ремонту, оскільки дані підприємства АПК є наскрізними та приймають автомобілі своїх підприємств АПК, яким потрібно пройти ТО чи ТР.

За отриманою інформацією встановлено, що використовуються автомобілі Scania R420 LA4X2HNA та Scania R440 A4X2NA на підприємствах Агрохолдингів. Ці автомобілі є ідентичними моделями з незначними

відмінностями потужності двигуна 420 і 440 л. с. відповідно. У модульному автомобілі використовується модифікований двигун серії R потужністю 500 л. с. Відповідно до цього висновку для повноти відомостей про ТО та ресурси в елементах автомобіля на відмову приймаються в дослідженні обидва використовувані автотранспортні засоби. Оцінюючи отриманих відомостей з'ясувалося, як періодичність ТО і простий АТС Scania, відповідно до норм виділяється проти практичним виконанням технічного обслуговування вантажних АТС Scania. Відповідно формуємо таблицю 3.1, що показує ТО автомобілів на підприємствах, що розглядаються.

Таблиця 3.1 – Фрагмент основних характеристик технічного обслуговування Scania R420 LA4X2HNA та Scania R440 A4X2NA на підприємствах АПК

№ АТЗ	Вид ТО	Пробіг від попереднього ТО, км	Простій, час	Дата виконання	№ АТЗ	Вид ТО	Пробіг від попереднього ТО, км	Простій, час	Дата виконання
286	ТО-S	30142	9	05.01.2018	289	ТО-L	32765	16	09.08.2018
286	ТО-M	30562	13	16.02.2018	289	ТО-S	29825	7	10.09.2018
286	ТО-S	30439	7	18.03.2018	289	ТО-M	28256	11	10.11.2018
286	ТО-L	30356	15	14.04.2018	289	ТО-S	31442	7	12.12.2018
286	ТО-S	30672	8	22.05.2018	290	ТО-S	29955	9	03.01.2018
286	ТО-M	30367	11	10.06.2018	290	ТО-M	33653	12	12.02.2018
24	ТО-S	29268	8	07.01.2018	29	ТО-L	28984	14	12.08.2018
24	ТО-M	28354	11	14.02.2018	29	ТО-S	29867	8	10.09.2018
24	ТО-S	30462	7	15.03.2018	29	ТО-M	29325	12	11.11.2018
24	ТО-L	29264	14	17.04.2018	29	ТО-S	29624	8	22.12.2018
24	ТО-S	27792	9	21.05.2018	30	ТО-S	28464	8	05.01.2018
24	ТО-M	27622	12	14.06.2018	30	ТО-M	30134	11	16.02.2018

За наданими даними у таблиці 3.1 на першому осередку зазначаються гаражні номери двох АТЗ. Пробіг кожного з автомобілів має відмінності та не збігається з регламентом технічного обслуговування Scania. Реальний простий

ТО-S (7-9 години) та ТО-M (11-13 годин) орієнтує в тому, що час на ТО не збігається з часом від виробника Scania. Узагальнений річний пробіг та простий АТЗ Scania на підприємствах АПК представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Сумарний пробіг та простий АТЗ Scania на підприємствах АПК

№ АТЗ	Сумарний пробіг, тис. км	Сумарний простий ТО, година.
286	336,5	109
287	338,5	105
288	337	104,5
289	340,5	115
290	342,5	110
291	339	104,5
292	336,8	109
300	338,5	105
310	337,6	104,5
320	340,7	115
330	342,7	112
340	339,8	104,5
350	337,1	109
360	336,7	109
370	339,3	105
Разом	5083,2	1621
СРЗ	339	108
24	316	107
27	323,5	113
28	320	111
29	325,5	112
30	321	109
31	324	110
41	315,6	107
42	326,6	113
43	328	111
44	319,3	112
45	329,1	109
46	324,2	110
47	329,6	107
48	324,3	113
49	323,6	111
Разом	4850	1655
СРЗ	321,6	110

У вищезгаданих підприємствах АПК функціонує двозмінний режим.

У середньому (СРЗ) автомобіль Scania R420 пройшов 339 тис. км за рік, а Scania R440 - 321,6 тис.км. Такі великі значення пробігу означають, що ці автомобілі здійснюють тривалі перевезення. А згідно з регламентом технічного обслуговування Scania [105] періодичність ТО вантажних автомобілів відповідає нормативним значенням регламенту Scania. Так як в умовах підвищеної експлуатації з вище пробігу 250 тис. км на рік потрібно використовувати періодичність 25000 км за ТО-S АТЗ Scania. Зважаючи на виробничо-технічну базу, природні умови, результативність експлуатації вантажних автомобілів, Scania розташовується на високому рівні. Аналіз робітників при ТО-S (1-2 чол.) і ТО-L (2) однаковий, ТО-S і ТО-M чергується під час виконання ТО-L, це є основою використання двоетапного обслуговування, що вплине на простий ТО та ТР , А саме чергування ТО-S, скорочення витрат. Показники технічного обслуговування АТЗ на підприємствах АПК представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники технічного обслуговування АТЗ Scania на підприємствах АПК

ТО	Пробіг, тис. км			Час простою, година			Кількість виконавців, чол.		Трудомісткість, чол-година.
	П. П	СРЗ ЕН	СРЗ СП	П.П	СРЗ ЕН	СРЗ СП	П.П.	СРЗ АПК	П.П.
ТО-S	25	30	29	5	7	8	1-2	1	10
ТО-M	50	62	58	8	11	12	2-3	1	16
ТО-L	100	124	116	10	14	13	2-4	2	20

При розгляді зібраних даних приймається висновок про невиконання запропонованих виробником етапів технічного обслуговування автомобілів.

З таблиці 3.3 можна дійти невтішного висновку, що загальноприйняті показники обслуговування не збігаються з усередненими значеннями у двох досліджуваних підприємствах АПК. всього парку загалом. У зв'язку з цим приймається рішення про коригування даних значень шляхом проведення дослідження.

### 3.2 Дослідження методів ТО АТЗ, що використовуються на аналізованих підприємствах

Експлуатація модульного автотранспорту забезпечується правильним технічним обслуговуванням та ремонтом. Зважаючи на те, що виробник Scania R420 LA4X2HNA та Scania R440 A4X2NA у регламенті технічного обслуговування дозволяє певні зміни за методами технічного обслуговування залежно від обставин та витрат.

Аналіз технічного обслуговування автотранспортних засобів Scania показав, що автомобілі проходять технічне обслуговування приблизно 10-12 разів на рік. Щорічно. Середня швидкість автомобіля Scania при перевезенні вантажу дорівнює 88 км/год. 85-90 км/год. У зв'язку з цим приймається рішення оцінювати періодичність технічного обслуговування з напруження, оскільки модульний принцип поділяє транспортний засіб на складові, в яких приймається окреме напруження для кожного елемента за мінімальним значенням, в умовах безвідмовної роботи. складовим дослідження, оскільки для забезпечення заданої готовності наводиться висновок про те, що модульний транспортний засіб поділяється при обслуговуванні на складові від 40 до 90 хвилин (відповідно до даних, отриманих із заводу Scania). приймається загальне напруження по всьому автомобілю, так як оцінюються характеристики модульного автотранспортного засобу на основі вантажного автомобіля, використовується в підприємствах АПК. І так напруження АТЗ визначається як відношення пробігу до середньої експлуатаційної швидкості АТЗ. Наприклад, виробник автомобіля Scania рекомендує проводити ТО-S при напруженні 285 мото-год. при 1140 мото-година з урахуванням використання двигуна DC11 на звичайному та модульному Scania R420 та Scania R440. Технічне обслуговування АТЗ Scania з напруження на підприємствах, що розглядаються, представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Види технічного обслуговування АТЗ Scania на підприємствах у мото-годину.

Структура технічного обслуговування	Технічне обслуговування, мото-година.		
	ТО-S	ТО-M	ТО-L
Підприємство виробник Scania	285	570	1140
Агрофірма 1	340	680	1360
Агрофірма 2	330	660	1320

За даними таблиці відхилення значень напрацювання є значним залежно від нормованого. Періодичність технічного обслуговування досліджуваних вантажних автомобілів представлена рисунку 3.1.

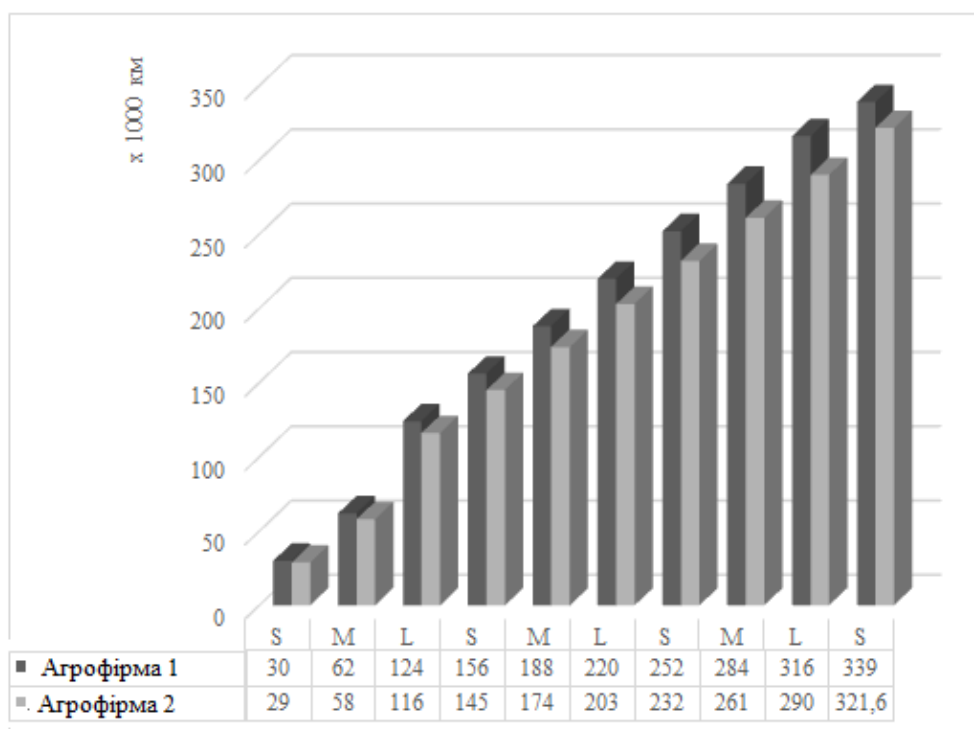


Рисунок 3.1 – Періодичність технічного обслуговування АТЗ Scania

На основі порівняння варіацій фактичної реалізації структури поетапної роботи ТО вантажних автомобілів виводиться результат. Циклічність ТО-S змінюється незначно, тому що є потреба в мастильно-регулювальних роботах, як на вантажних автомобілях, так і на модульних АТЗ. Відштовхуючись від цього, є висновок про те, що потрібні вдосконалені методи ТО та ефективніша

періодичність технічного обслуговування з урахуванням використання модульних автотранспортних засобів.

За цих обставин виконується оцінка періодичності ТО та ремонту АТЗ на підставі таких умов:

- обставини, що передбачають покриття дороги;
- Періодичність або напрацювання з моменту експлуатації;
- природні обставини;
- Число автотранспортних засобів в АПК.

Практична діяльність демонструє, що головними роботами з перепризначення та створення модульної концепції технічного обслуговування модульного автотранспорту, порівнянної з обслуговуванням вантажного автотранспорту, що використовується в АПК.

Маючи свої дані, співробітники, котрі займаються експлуатацією, реалізують перепризначення різновидів виконуваного ТО-S і ТО-M. У дослідженні 56% обслуговування лягає на ТО-S і допоміжне обслуговування - 44% на ТО-M.

По аналізу отриманих даних можна дійти невтішного висновку, що це періодичності в аналізованих підприємствах АПК, є схожими під час виконання ТО і ремонту АТЗ. Але відповідно до методів технічного обслуговування вантажних автомобілів, що використовуються підприємствами АПК, потрібні коригування в операціях та перерозподіл їх за модулями.

### 3.3 Узагальнення даних за результатами експерименту

На розгляд попередньої інформації потрібна оцінка підприємств АПК. Необхідно проаналізувати ПТБ у підприємствах АПК. Оцінка ремонту в проміжку дослідження одного року демонструє специфіку конструкції та надійності елементів (при порівнянні елементної бази для модульного автомобіля), формування технічного обслуговування.

Сформовано узагальнюючу інформацію показників відмов автомобілів Scania на підприємствах АПК, представлену на рисунку 3.3 та таблиці 3.5.

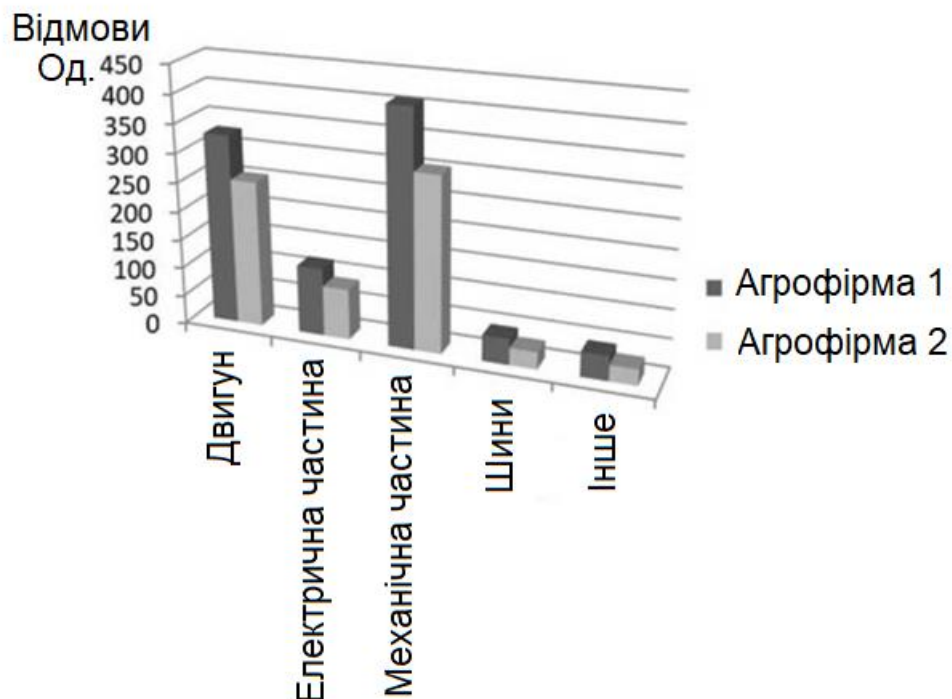


Рисунок 3.3 – Відмови систем АТЗ Scania на підприємствах АПК

№ АТЗ	ДВЗ, од.	ЕУ, од.	МЧ, од.	Шини, од.	Інше, од.	Разом за ТЗ, од.
Агрофірма 1						
286	17	7	26	3	3	56
287	23	12	33	3	4	75
288	22	6	28	3	4	63
289	28	6	30	3	5	72
290	26	6	27	5	3	67
291	27	6	15	2	1	51
292	20	8	19	2	3	52
300	21	9	16	3	3	52
310	16	6	28	3	3	56
320	21	8	25	5	3	62
330	22	7	24	3	3	59
340	23	10	36	3	3	75
350	20	8	26	3	1	58
360	21	9	40	1	3	74
370	22	10	36	3	1	72
Разом	329	118	409	45	43	944
Агрофірма 2						
24	12	5	18	2	2	39
27	16	9	24	2	3	54
28	14	4	19	2	3	42

29	19	4	20	2	3	48
30	19	4	19	3	2	47
31	20	4	6	1	0	31
41	13	6	12	1	2	34
42	16	6	9	2	2	35
43	11	4	19	2	2	38
44	16	5	17	3	2	43
45	16	5	16	2	2	41
46	17	8	27	2	2	56
47	15	6	18	2	0	41
48	16	7	30	0	2	55
49	14	7	26	2	0	49
Всього	234	84	280	28	27	653

Основні відмови щодо систем автомобіля в додатку В представлені такими позначеннями:

- двигун (ДВЗ) - 1: двигун - 1.1; система охолодження – 1.2; система живлення – 1.3; система мастила - 1.4; компресор – 1.5;

- електроустаткування (ЕУ) - 2: генератор - 2.1; сигналізація та прилади – 2.2; - Механічна частина (МЧ) - 3; обдування – 3.1; рама – 3.2; підвіска - 3.3; кузов (платформа) - 3.4; гальмівна система – 3.5; гідросистема – 3.6;

– шини – 4; інше – 5; загальне з АТЗ – 6.

За таблицею 3.5 і рисунку 3.3, складених на основі додатка, очевидно загальний стан застосовуваних методів і періодичності ТО АТЗ для АПК, потрібно вдосконалення цих показань, зокрема перед застосуванням модульного автотранспорту. Кількість відмов підвищується. Простий збільшується не тільки в обслуговуванні, а й при ремонті. Періодичність ТО АТЗ згідно з регламентом технічного обслуговування, за підвищених умов експлуатації дорівнює 25000 км. Але оскільки регламенту за періодичністю не дотримується, транспортним засобам доводиться стояти в обслуговуванні в 2 рази більше. З метою детального розгляду відмов щодо вантажних автомобілів, на підприємствах АПК представлений рисунок 3.4.

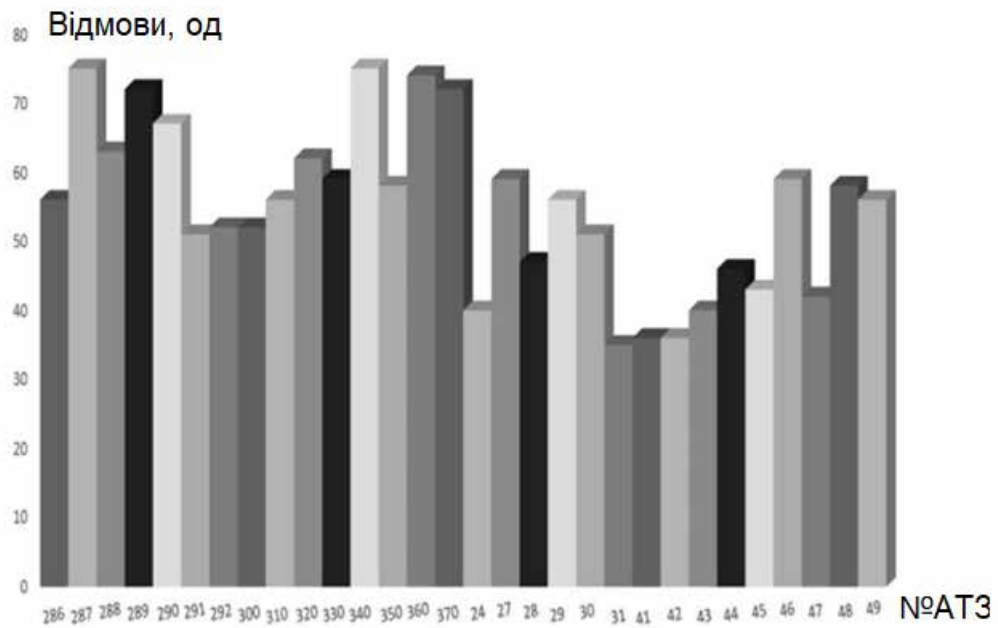


Рисунок 3.4 – Відмови ТЗ Scania в Агрофірмах

У нижній графі наведено номери автотранспортних засобів, а по вертикальній напрямлюючій представлено кількість відмов. Тризначні гаражні номери є транспортними засобами на Агрофірма 1, а двоцифрові номери – це Агрофірма 2. За отриманими даними з Агрофірма 1 та Агрофірма 2 неможливо було виділити конкретизовані напрацювання на відмову, оскільки багато даних у ремонтному аркуші не враховувалися, але за отриманою інформацією можна виділити, що в обох підприємствах АПК відмовилися в різних системах, на певних періодичності:

- у двигуні 28000-30000 км;
- в електроустаткуванні 27000-30000 км;
- шини та інше 28000-30000 км.

Також багато відмови усувалися безпосередньо при поточному ремонті в заданий інтервал періодичності ТО АТЗ. За оцінкою ТО автомобілів Scania у відповідних підприємствах АПК можна зробити висновок – непередбачені ремонти виникають при некоректній періодичності ТО АТЗ, а за даними регламенту Scania та інформації з АПК, що значна частина операцій з ТО проводиться при поточному ремонті. Число відмов збільшено на

періодичності ТО-S та ТО-M через це потрібно коригування проведення ТО-M, що формує зниження витрат на ТО та ремонт АТЗ, а також удосконалення за методами ТО та ремонту автомобілів, що враховують перспективні модульні автотранспортні засоби. Також буде потрібне застосування відповідних технологій по ТО МАТЗ та надалі коригування питомих витрат. Необхідно існуючу технічну базу, що використовується на підприємствах АПК, скоригувати під використання перспективних модульних автотранспортних засобів.

За наданими даними, потрібно оцінити вплив періодичності на відмови. Вплив середнього значення пробігу до ТО АТЗ Scania на відмови представлено таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Вплив середнього значення (СРЗ) пробігу до ТО АТЗ Scania на відмови

№ АТЗ	СРЗ пробігу до ТО, км	Відмови, од.	№ АТЗ	СРЗ пробігу до ТО, км	Відмови, од.
Агрофірма 1			Агрофірма 2		
291	30018	51	31	28626	31
300	30172	52	42	28698	34
292	30190	52	41	28727	35
310	30436	56	43	29000	38
286	30490	56	24	29091	39
330	30536	59	45	29212	41
350	30590	58	47	29391	41
288	30636	63	28	29409	42
320	30654	62	44	29421	43
290	30736	67	30	29455	47
289	30954	72	29	29462	48
370	30972	72	49	29689	49
360	30990	74	48	29800	54
340	31018	75	46	29949	55
287	31772	75	27	29985	56
СРЗ	30677	62	СРЗ	29327	43

У зв'язку з поданими значеннями в таблиці 3.6 можна судити про те, що чим частіше проводиться ТО автомобілів Scania, тим менше відмов АТЗ у підприємствах АПК. Є припущення про лінійну залежність кількості відмов та

середньої періодичності ТО АТЗ Scania на підприємствах АПК. Лінійна залежність має вигляд:

$$y = b_1x + b_0 \quad (3.1)$$

де  $b_1$  – є коефіцієнтами регресії.

У запропонованих залежностях потрібно визначити коефіцієнти регресії та оцінку їх значущості. Також потрібна перевірка адекватності та достовірності математичної моделі. Розрахунки виконані за допомогою програми регресійного аналізу Regress, а також виразів 2.10 та 2.11, прийнятих у 2 розділі роботи, оскільки вони підходять для знаходження лінійних та нелінійних значень. Лінійний коефіцієнт кореляції, що показує тісноту зв'язку, приймається за формулою:

$$r_{x,y} = b_1 \cdot \frac{S(x)}{S(y)} = b_1 \cdot \frac{\sqrt{S^2(x)}}{S^2(y)} = b_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2}}{\sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}} \quad (3.2)$$

де  $b_1$  - Коефіцієнт регресії;  $\bar{x}$  – середнє значення  $x$ ;  $\bar{y}$  – середнє значення  $y$ ;  $n$  – кількість дослідних даних.

Значимість коефіцієнта кореляції виражається за критерієм Стюдента у виразі:

$$t = r_{x,y} \frac{\sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r_{x,y}^2}} \quad (3.3)$$

Взаємозв'язок між аналізованими показниками вважається суттєвим у разі, коли розрахунковий показник  $t$  більший за табличний у ступені важливості  $\alpha=0,05$ . Рівняння регресії взаємозв'язку відмов та періодичності ТО АТЗ Scania має вигляд:

$$y=0,0186x-507,5 \quad (3.4)$$

Графічна інтерпретація отриманого рівняння наведено рисунку 3.5.

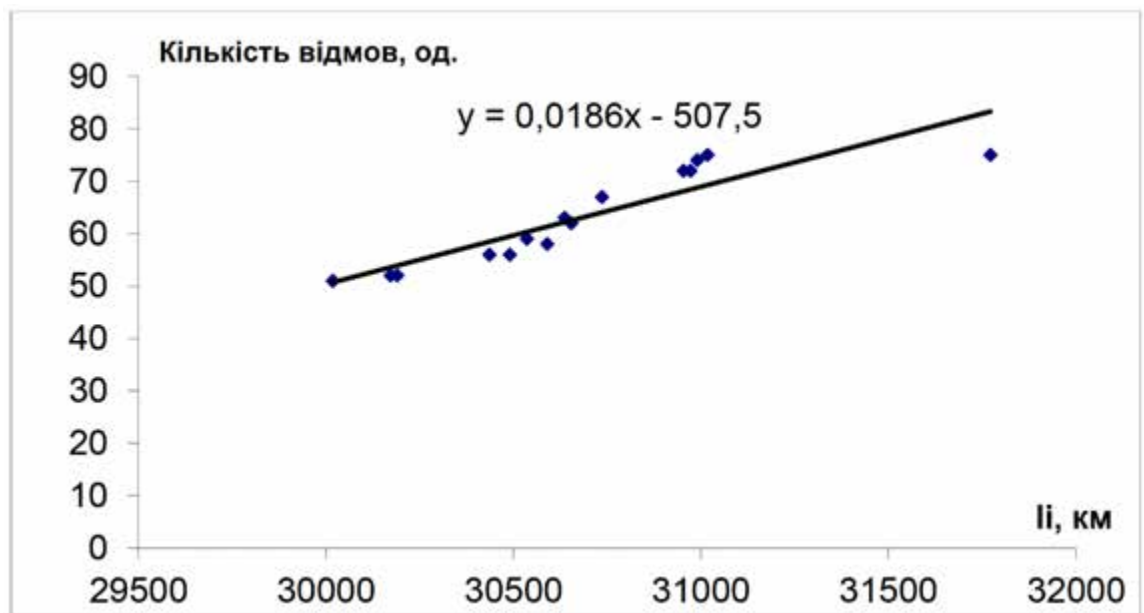


Рисунок 3.5 – Залежність кількості відмов від періодичності ТО АТЗ Scania

Наведено основні показники статистично оброблених даних відмов та періодичностей ТО АТЗ Scania у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати статистично опрацьованих даних

Показник	Значення
Коефіцієнт кореляції	0,904 (зв'язок за шкалою Чеддока - дуже високий)
Індекс детермінації	0,817
Табличне значення критерію Стьюдента	2,533
Табличне значення критерію Фішера	4,67
Розрахункове значення критерію Фішера	58,023

Значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента представлена таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента (1 – значний, 0 – несуттєвий)

t-критерій	7,62	6,78
значимість	1	1

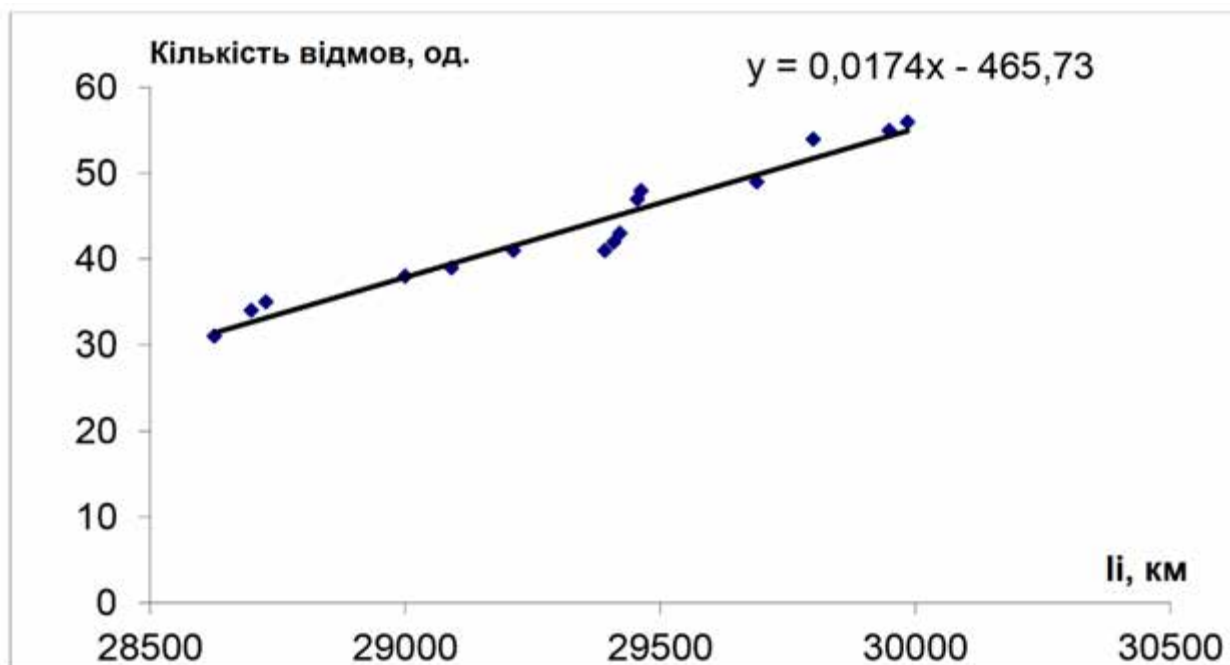
Усі розрахункові значення умов Стьюдента більше, ніж табличне значення, отже вони приймаються і є значущими. Індекс детермінації показує залежність між значеннями відмов – у та періодичністю ТО Scania – х.

Встановлено, що в досліджуваній моделі на 81,7% зміна  $x$  впливає на зміну  $y$ . Параметри моделі статично значущі. Таким чином, точність підбору математичної моделі – висока. А значення індекс детермінації та критерію Фішера для лінійної функції  $F_p > F_{табл.}$  означають, що модель є достовірною та адекватною.

Рівняння регресії взаємозв'язку відмов та періодичності ТО АТЗ Scania має вигляд:

$$y = 0,0174x - 465,73 \quad (3.5)$$

Розподіл кількості відмов залежно від періодичності ТО АТЗ Scania представлено рисунку 3.6.



Наведено основні показники статистично оброблених даних відмов та періодичностей ТО АТЗ Scania у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати статистично оброблених даних.

Показник	Значення
Коефіцієнт кореляції	0,972 (зв'язок за шкалою Чеддока - дуже високий)
Індекс детермінації	0,945
Табличне значення критерію Стьюдента	2,533
Табличне значення критерію Фішера	4,67
Розрахункове значення критерію Фішера	225,202

Значимість коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента представлена таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Значення коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента (1 – значний, 0 – несуттєвий)

t-критерій	15,01	13,72
значимість	1	1

Усі розрахункові значення умов Стюдента більше ніж табличне значення, отже вони приймаються і є значущими. Індекс детермінації показує залежність між значеннями відмов – у та періодичністю ТО Scania – х. Встановлено, що в досліджуваній моделі на 94,5% зміна х впливає на зміну у. Параметри моделі статично значущі. Таким чином, точність підбору математичної моделі – висока. А значення індекс детермінації та критерію Фішера для лінійної функції  $F_p > F_{табл.}$  означають, що модель є достовірною та адекватною. А експериментальні дані можна прийняти до розрахунків.

### Висновки за розділом 3

1. Наведено методику експериментальних даних, за якою стало можливо визначити показники технічного обслуговування автотранспортних засобів, обраних як аналог перспективних МАТЗ сільськогосподарського призначення на підприємствах АПК та отримати відповідну інформацію для створення бази експериментальних даних з підприємств АПК.

2. Визначено, що періодичність і методи технічного обслуговування, що використовуються, спричиняють суттєву кількість відмов в АПК, що є зайвим джерелом витрат при технічному обслуговуванні та ремонті АТЗ, а також впливають на технічну готовність всього парку, як для використовуваних АТЗ, так і для перспективних модульних автомобілів. сільськогосподарського призначення.

3. Характеристика надійності компонентів змінюється у великому спектрі, що показує значний рівень нерівнонадійності цього типу

автотранспорту. Внаслідок цього для впровадження та збільшення продуктивності застосування перспективного модульного автомобіля сільськогосподарського призначення в АПК слід ретельно вивчити сферу надійності, розкрити їх взаємозв'язок у створенні певних рекомендацій щодо покращення методів технічного обслуговування модульних автотранспортних засобів сільськогосподарського призначення.

4. Беручи до уваги схожу експлуатацію по двох підприємствах АПК, оцінивши число, тип відмов за конкретними елементами, проаналізувавши вартість операцій з технічного обслуговування та ремонту, враховуючи однакову модифікацію автотранспортних засобів, приймається висновок про оптимальне регулювання періоду проведення ТО вантажних автомобілів та модульних засобів сільськогосподарського призначення для зниження простоїв при ТО та ремонті в АПК.

5. Виявлено, що допустимі виробником зміни у здійсненні технічного обслуговування та ремонту щодо умов використання АТЗ дає можливість розширювати циклічність ТО та виконувати його більш інтенсивно, що є доцільніше за умов використання перспективного модульного автотранспорту сільськогосподарського призначення.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1 Технологічне обладнання з ТО та ремонту перспективних модульних автотранспортних засобів

Правильно підібране технологічне обладнання є важливим чинником результатів цього дослідження. Відповідні технічні засоби та технологія технічного обслуговування автотранспортних засобів із застосуванням новітнього провідного обладнання створює успішну результативність усіх сільськогосподарських підприємств.

Спеціалізована техніка, що використовується в технічному обслуговуванні та поточному ремонті автотранспортних засобів, позначається в ТО-S та ТО-L за загальною спеціалізацією. Технологічне обладнання, призначене для механізації виробничих процесів ТО та ремонту АТЗ має бути застосовним до перспективних МАТЗ сільськогосподарського призначення. За своїм призначенням потрібен поділ на групи:

- обладнання для виконання робіт ЕО автомобілів - прибирання, миття, заправки та інших робіт;

- обладнання для виконання робіт ТО-S - підйомно-транспортне, для обслуговування шин, експрес-діагностики (Д-1), діагностування гальмівної системи, рульового управління, встановлення коліс, виконання кріпильних робіт, обслуговування приладів системи живлення, електроустаткування тощо;

- устаткування виконання ТО-L – спецобладнання для глибокої діагностики, устаткування тягових якостей модульного автотранспорту, і навіть інших агрегатів і модулів, стенд для перевірки модуля [58].

Головне технологічне спецобладнання ТО та ТР МАТЗ сільськогосподарського призначення, а також стенди контролю модулів вибираються відповідно до відомості спецобладнання, реєстру та асортименту.

обладнання для SCANIA – представлено додаток Ж [58]. Стенд контролю модуля представлений рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 - Стенд контролю модуля MD 420

Модульний стенд MD 420 є основним агрегатом під час проведення діагностичних та ремонтних операцій тягового модуля. Автоматична концепція виведення перевірочних даних дозволяє максимально можливо отримати характеристику ТО або ремонтних робіт основних модулів в МАТЗ сільськогосподарського призначення. Даний стенд дозволить проводити роботи з ТО та ТР МАТЗ не тільки по окремих модулях, а й по вантажних АТЗ, що використовуються в підприємствах АПК.

Вимірювання, що проводяться під час перевірки, відображаються на сенсорному та електронно-механічному моніторах. Сенсорний монітор має програмну платформу "Module Control", розроблену заводом Scania. Ця програма є аналогом Windows Mobile, що є великим досягненням в області

програмування такої системи. Також є пульт дистанційного керування модульного стенду.

Автоматизований процес дозволяє чітко вивести дані на монітори та отримати інформацію – рисунок 4.2.



Рисунок 4.2 – Монітор стенду контролю модуля MD 420

Електронно-механічна складова монітора стенду дозволяє побачити гальмівну активність. Сенсорна частина монітора стенду виводить

діагностичні операції по всьому тяговому модулю включає додаткові опції по всіх складових стенду. Відповідає умовам оснащення постів ТО і ТР АТЗ щодо технічного обслуговування перспективних МАТЗ сільськогосподарського призначення. У таблиці 4.1 представлені технічні характеристики та оснащеність модульного стенду.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики та оснащеність MD 420

<b>Характеристика</b>	<b>Значення</b>
Дозволена вага, Т	20
Габаритні розміри, мм	6200x2800
Початкова модельована швидкість, км/год	3
Спектр виміру гальмівної сили, кН	0 до 2
Електропривод, кВт	2x12
Харчування	3 /М/РЕ 400/220 В 50 Гц
Модуль вимірювання гальмування при повному приводі	Так
Вагове керування	Так
Сенсорне управління	Так
Програмне забезпечення – «Module Control»	Так
Підйомний механізм	Так
Модулятор навантаження	Так
Програма передачі даних на РС	Так

Модулятор навантаження дозволяє оцінювати технічні дані при зміні вантажопідйомності та підключенні додаткових модулів. Є можливість заміни модуля кабіни на стенді або подальшого від'єднання від тягового модуля та модуля кермового керування. Програмне забезпечення "Module Control" дозволяє без зусиль розібратися в конструктивних особливостях даних модулів. На даний момент йде оновлення програмного забезпечення, за яким можна звернутися на сайт виробника. Цей стенд є необхідною підмогою в

технологічному обладнанні вдосконаленого методу ТО та ремонту перспективних МАТЗ.

#### 4.2 Технічні рішення під час проведення технічного обслуговування та ремонту МАТЗ. Застосування онлайн діагностики МАТЗ

Головним посилом до зменшення кількості раптових відмов та простоїв є попереджувальна діагностика вантажних автомобілів із особистими графіками ТО АТЗ. Це припущення виявилось прогресивним у режимі онлайн діагностики. У цьому випадку виконавець ТО і ремонту АТЗ здатний побачити, як автомобіль використовується в певний період, спланувати попереджувальний сервіс у разі несправності будь-якого агрегату або замінити деталі, що відмовили. Важливо, що виконавець АТЗ заздалегідь відкладає спеціальні деталі вантажних автомобілів і готується до відповідного поточного ремонту вантажного автомобіля. Цей факт свідчить про збереження часу підприємства та водія. Scania продовжує працювати у сфері проведення онлайн діагностики вантажних автомобілів, експерти цієї компанії використовували власні вміння у сфері розробки концепції Truck Online з метою вдосконалення основної місії – абсолютне усунення раптової відмови та подальшого простою. В основі придбаних відомостей велися перевірки з метою досягнення ліквідації факторів раптових несправностей. Під час цього досліджувалась елементна база автомобілів по всіх вантажних автомобілях. Створена на основі всіх досліджень концепція Truck Online дала можливість розпізнати можливу (потенційну) несправність будь-якого агрегату. Дані умови розкривають великі можливості автотранспортних компаній, особливо у збільшенні економічного потенціалу, оскільки онлайн-діагностика дозволяє оцінити несправність ще в дорозі. До підключення системи Truck Online можуть приєднатися не тільки автомобілі Scania, але й інші автомобілі цього класу. База даних по ТО та ТР АТЗ доповнюється різними відомостями з несправностей. Цей напрямок у технічному оснащенні вантажного автомобіля

запобігає несподіваним відмовим на лініях і вважається однією з кращих цілей усіх підприємств АПК. Зазначається той факт, що цей принцип має застосовуватись на вантажних автомобілях, а також перспективних модульних вантажівках. Однак найбільший результат виявиться в системі безперервного моніторингу кожного модуля, що ґрунтується на діагностиці окремого модуля. Проект модульної діагностики дозволить у 100 разів ефективніше експлуатувати МАТЗ. Сигнал отримання, передачі даних на вантажному автотранспорті та сенсорна панель управління Truck Online представлена на рисунках 4.3 і 4.4.

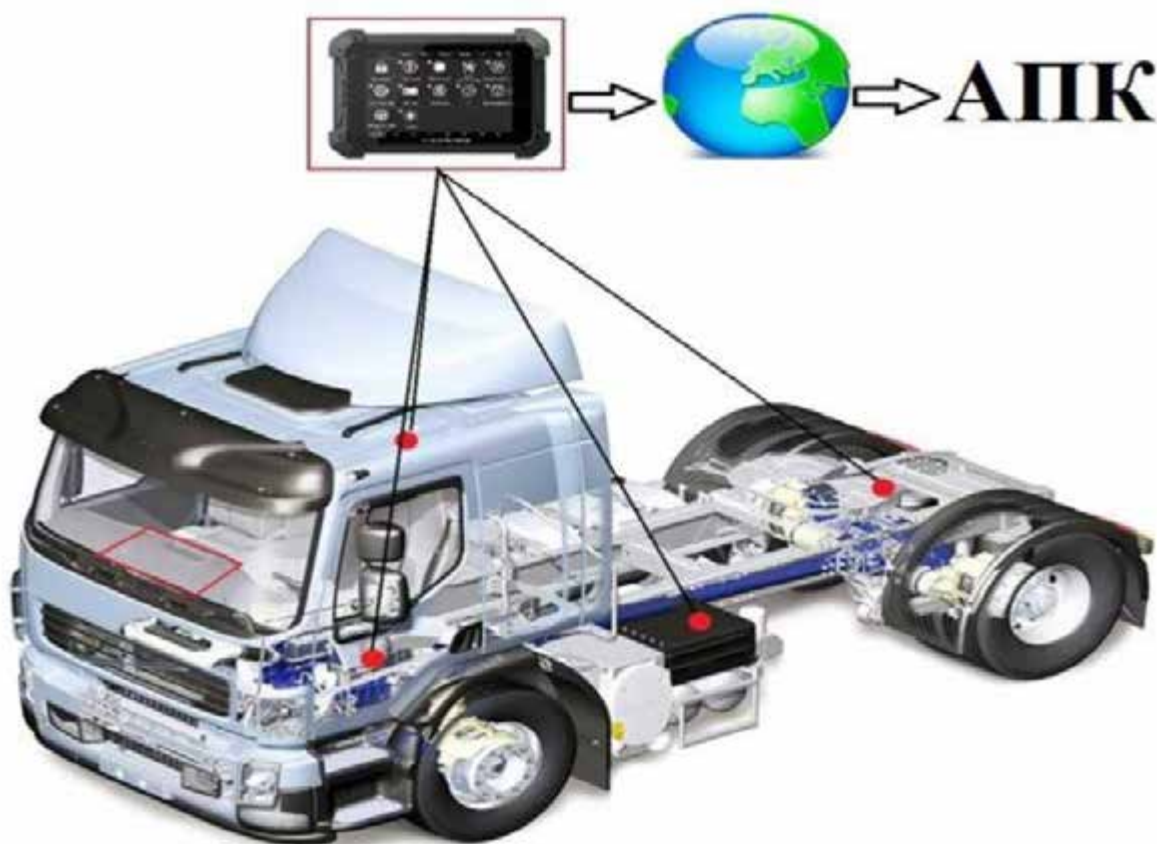


Рисунок – 4.3 Сигнал отримання та передачі даних на вантажному автотранспорті під час використання «Truck Online»



Рисунок 4.4 – Сенсорна панель управління Truck Online

Характерними рисами Truck Online є система онлайн діагностики, яка передає інформацію по супутниковому або 3G, 4G, 5G інтернету в підприємство АПК або в сервісну службу про можливу поломку. Якщо зв'язок у даному районі не доступний - водієві потрібно самому ухвалити рішення щодо можливості усунення несправностей.

Дана панель, представлена рисунку 4.4, розташовується безпосередньо у кабіні водія, що дозволяє їй легко скористатися. Також вона є лічильником мото-годин, що є необхідним за умови використання перспективного модульного автотранспорту. Це має дозволяти своєчасно приймати рішення щодо ТО та ТР МАТЗ сільськогосподарського призначення. На рисунку 4.5 представлено меню вибору лічильника мото-годинника на панелі управління «Truck Online».



4.5 Рисунок 4.5 – Меню выбора счетчика мото-часов на панели управления «Truck Online»

Каждый модуль в МАТЗ сельскохозяйственного назначения будет иметь специализированный чип, по которому остаточный ресурс модуля или агрегата до ТО МАТЗ сельскохозяйственного назначения передается в качестве данных на элемент считывания информации. Таким образом, отпадает необходимость ставить счетчик модуля часов на все части модульного автотранспорта, а оставить лишь одну панель, фиксирующую все данные. Технические характеристики представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технічні характеристики Truck Online

Характеристика	Значення
Система	Windows
Процесор	Чотири ядра, 1,8 GHz
Оперативна пам'ять	4 Гб,
Вбудована пам'ять	128 Гб
Акумулятор	20 000 mAh
Робочий діапазон	-40 до 50 °C

У комплекті йде спеціалізоване обладнання для підключення до електронного блоку керування МАТЗ сільськогосподарського призначення. Програмне забезпечення безперервно оновлюється. У разі зміни конструктивних особливостей необхідно звернутися до виробника для подальшого функціонування системи. Перспектива використання Truck Online на модульному транспорті сільськогосподарського призначення, безперечно.

#### **Висновки за розділом 4**

1. Внаслідок експериментальних пошуків визначено результативність використання запропонованих методів ТО та перевагу двоетапної моделі здійснення технічного обслуговування для модульного автотранспорту на підприємствах АПК.

2. Надано технологічне обладнання для підприємств АПК з використанням модульних автотранспортних засобів.

3. Виявлено оптимальну технологію заміни модулів для МАТЗ та оцінку даної технології за допомогою СМО.

4. Наведено методи технічного обслуговування та ремонту модульних автотранспортних засобів для підприємств АПК із застосуванням поточних ПТБ.

5. Використано методику та алгоритм розрахунку періодичності технічного обслуговування ТО для модульних автомобілів за критеріями безвідмовності та мінімізації питомих витрат ТО МАТЗ в умовах АПК.

6. Наведено економічний аналіз результативності двоетапної моделі ТО МАТЗ, що допускає зменшення простою модульних автотранспортних засобів при технічному обслуговуванні та ремонті, а також розрахунок ефективності технологічних проектів автотранспортних підприємств з ТО та ремонту з використанням МАТЗ в умовах АПК.

## ВИСНОВКИ

1. За результатами дослідження було визначено, що застосування МАТЗ є ефективним способом оновлення автомобільного парку на підприємствах АПК для підвищення технічної готовності всіх АТЗ з оцінкою застосування методів ТО та ремонту АТЗ.

2. В результаті аналізу способів, методів проведення ТО та ремонту вантажних автомобілів на підприємствах з'ясовано, що методи, що застосовуються, не є оптимальними для модульних автотранспортних засобів, оскільки не відповідають вимогам щодо збільшення технічної готовності МАТС сільськогосподарського призначення.

3. На базі порівняльної оцінки створені пропозиції щодо вдосконаленню методів ТО МАТЗ шляхом переходу на двоетапне технічне обслуговування та заміни модулів, якщо ТО та ТР виконуються понад 40 хвилин із застосуванням обмеженої вибірки автотранспортних засобів, запропоновано математичну модель коригування періодичності ТО МАТЗ.

4. Розроблено методику та алгоритм розрахунку періодичності та перерозподілу операцій технічного обслуговування для модульного автотранспорту сільськогосподарського призначення за основними критеріями: безвідмовність та мінімізація витрат ТО із застосуванням гамма-відсоткового напрацювання  $Y_i=0,95$ , максимальної технічної готовності  $K_{\text{ТГ}}=0,97$ , що дає можливість максимально можливо збільшити експлуатаційні можливості модульного автомобіля.

5. Проведено експеримент та розроблено базу даних про надійність вантажних автомобілів, в якій описані відмови за обраний період дослідження, виявлено використовувані методи технічного обслуговування та ремонту, представлено кількість відповідних АТЗ Scania, на базі яких виконано МАТЗ, проаналізовано витрати на ТО та ТР АТЗ для виконання необхідного розрахунку.