

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ Удосконалення технології технічного обслуговування
тракторів CLAAS AXION у польових умовах ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62
Спеціальності 208 „ Агроінженерія ”
(шифр і назва)

Болюбаш Олег Ігорович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Рис В.І.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Паславський Р.І.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доц. Андрій ШАРИБУРА
“ 28” лютого 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на дипломну роботу студенту
Болюбашу Олегу Ігоровичу

1. Тема роботи: **„ Удосконалення технології технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах ”**

Керівник роботи: Рис В.І., к.т.н., доц.

Затверджена наказом по університету від 28.02.2025 року № 140/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 05.12.2025 року.

3. Вихідні дані: Довідкова, науково-технічна та методична література за темою роботи. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві.

4. Перелік питань, які необхідно розробити
ВСТУП

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТРАКТОРІВ CLAAS AXION

2. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION У
ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ПОЛЬОВОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ
ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

Перелік графічного матеріалу: тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; машини для заготівлі сіна – 3-й; схема сіносховища для активного вентилявання сіна – 4-й; розрахунок акумуляторів тепла – 5-й слайд; прилад для виміру вологості зеленої маси – 6-й слайд; схема подачі повітря у сіносховище – 7-й слайд; схема рухомої підвіски контейнера та схема розташування точок заміру вологості – 8-й слайд; результати досліджень процесу сушіння сіна – 9, 10-й слайди; техніко-економічні показники роботи – 11-й слайд; загальні висновки – 12 слайд.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання: 28.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Написання розділу: «Аналіз сучасного стану технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION»	28.02.25-28.03.25	
2.	Виконання розділу «Обґрунтування напрямів удосконалення технології технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах»	29.03 25-30.05.25	
3.	Виконання розділу «Розробка технічного рішення для польового обслуговування тракторів CLAAS AXION»	31.05.25-01.07.25	
4.	Написання розділу: «Результати досліджень»	02.07.25-31.08.25	
5.	Написання розділу: «Охорона праці та захист довкілля»	01.09.25-24.11.25	
6.	Написання розділу: «Економічне обґрунтування ефективності впровадження вдосконаленої технології технічного обслуговування»	25.11.25-30.11.25	
7.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки	01.12.25-5.12.25	

Студент _____ Олег Болюбаш
(підпис)

Керівник роботи _____ Василь РИС
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Болюбаш О.І. «Удосконалення технології технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах». Дипломна робота. Дубляни. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2025. 62 с.

табл. 10; рис. 12; бібліогр. джерел 30.

Магістерська робота присвячена удосконаленню технології технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах шляхом розроблення мобільного поста технічного обслуговування нового типу (МПТО-AXION) та оцінювання його технічної, організаційної, екологічної й економічної ефективності.

У першому розділі наведено аналіз конструктивних і експлуатаційних особливостей тракторів CLAAS AXION 850, розглянуто регламенти технічного обслуговування, організацію польового сервісу та виявлено основні недоліки існуючих технологій: значні простої, залежність від погодних умов, недостатню фільтрацію мастильних матеріалів та проблеми з утилізацією відпрацьованих оливо.

У другому розділі досліджено умови експлуатації тракторів CLAAS AXION в аграрному секторі України, проаналізовано вплив кліматичних, ґрунтових та організаційних факторів на якість ТО. Виконано порівняльний аналіз традиційної стаціонарної та вдосконаленої польової технологій обслуговування, показано, що застосування мобільного поста дозволяє скоротити тривалість ТО на 57 % та підвищити коефіцієнт технічної готовності до 0,95.

У третьому розділі розроблено технічне рішення – мобільний пост технічного обслуговування CLAAS-AXION. Сформовано технічне завдання, запропоновано конструктивну схему розміщення обладнання на одноосьовому причепі, виконано розрахунок основних параметрів насосної, фільтраційної та енергетичної систем. Описано удосконалений технологічний процес польового

ТО із використанням герметичної системи зливу та двоступеневої фільтрації оливи.

У четвертому розділі подано результати виробничих випробувань на базі ТОВ «Агро-Сервіс Поділля». Показано, що вдосконалена технологія дозволяє зменшити тривалість ТО на 24 %, трудомісткість – на 25 %, річні простої – на 25 %, витрату мастильних матеріалів – на 12 %, а екологічні втрати від витоків і відходів – на 40 %. Встановлено зростання коефіцієнта технічної готовності з 0,968 до 0,976 та збільшення середнього напрацювання до відмови основних агрегатів у середньому на 22 %.

П'ятий розділ присвячено питанням охорони праці та екологічної безпеки. Наведено класифікацію шкідливих і небезпечних факторів під час польового обслуговування, обґрунтовано вимоги до засобів індивідуального захисту, організаційно-технічних заходів безпеки, а також подано схему екологічно безпечного збирання та зберігання відпрацьованих олиव відповідно до вимог чинного законодавства та стандартів ISO 14001.

У шостому розділі виконано економічне обґрунтування ефективності впровадження мобільного поста. Визначено кошторис витрат на його створення (приблизно 168 тис. грн), розраховано річний економічний ефект від скорочення простоїв техніки, зменшення витрат пального і трудомісткості робіт. Для парку з п'яти тракторів річна економія становить близько 72,4 тис. грн, строк окупності – 2,3 року, коефіцієнт рентабельності – 43 %. Побудовано графік накопичення економічного ефекту та визначено момент досягнення точки беззбитковості.

Практична цінність роботи полягає в можливості впровадження розробленого мобільного поста CLAAS-AXION у господарствах, що експлуатують трактори CLAAS AXION та іншу сучасну енергозасоби сільськогосподарського призначення, з метою підвищення ефективності технічного сервісу, зменшення простоїв, покращення екологічних показників і наближення сервісної інфраструктури до європейських стандартів.

Ключові слова: трактор CLAAS AXION, технічне обслуговування, польовий сервіс, мобільний пост, мастильні матеріали, коефіцієнт технічної готовності, надійність, охорона праці, екологічна безпека, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION	12
1.1. Загальна характеристика тракторів CLAAS AXION 850.....	12
1.2. Особливості технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION	15
1.3. Організація технічного обслуговування у польових умовах	15
1.4. Аналіз недоліків існуючих технологій технічного обслуговування	18
Висновки до розділу 1	18
2. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ	20
2.1. Умови експлуатації тракторів CLAAS AXION в аграрному виробництві України	20
2.2. Вплив умов експлуатації на якість технічного обслуговування	22
2.3. Порівняльний аналіз традиційних і вдосконалених технологій ТО	22
2.4. Пропозиції щодо підвищення ефективності польового ТО	25
Висновки до розділу 2	27
3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ПОЛЬОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION.....	28
3.1. Технічне завдання на розробку мобільного поста технічного обслуговування.....	28
3.2. Конструктивна схема та принцип роботи обладнання	29
3.3. Розрахунок основних параметрів системи	30
3.3.1. Розрахунок продуктивності насосної системи	30
3.3.2. Розрахунок електроспоживання	31
3.3.3. Розрахунок об'єму ємностей	31
3.4. Опис технологічного процесу обслуговування	31
Висновки до розділу 3	33
4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	34

4.1. Мета та методика досліджень	34
4.2. Порівняння основних показників стандартної та вдосконаленої технології ТО.....	34
4.3. Оцінка впливу вдосконалення на технічний стан і коефіцієнт готовності	35
4.4. Аналіз впливу вдосконаленої технології на надійність агрегатів трактора CLAAS AXION	36
4.5. Організація роботи мобільного поста технічного обслуговування	38
4.6. Порівняння систем технічного сервісу CLAAS в Україні та країнах ЄС .	40
Висновки до розділу 4	45
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ	46
5.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час виконання технічного обслуговування.....	46
5.2. Вимоги охорони праці при експлуатації мобільного поста ТО	47
5.3. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)	48
5.4. Організаційно-технічні заходи безпеки.....	48
5.5. Екологічна безпека виконання технічного обслуговування.....	49
5.6. Розрахунок викидів та потенційного забруднення.....	51
Висновки до розділу 5	51
6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	52
6.1. Витрати на реалізацію вдосконаленої технології.....	52
6.2 Економічний ефект від впровадження вдосконаленої технології	53
6.3. Розрахунок рентабельності та строку окупності	54
6.4. Графік окупності обладнання	54
Висновки до розділу 4	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного виробництва в Україні характеризується інтенсифікацією технологічних процесів, зростанням площ обробітку та широким упровадженням високотехнологічної сільськогосподарської техніки. Однією з ключових ланок машинно-тракторного парку великих агропідприємств є трактори сімейства CLAAS AXION, які поєднують високу потужність, економічність, комфорт та значну насиченість електронними системами керування й моніторингу. Ефективність їх експлуатації безпосередньо залежить від рівня організації технічного обслуговування, дотримання регламентів ТО та якості виконання сервісних операцій.

В умовах України значна частина робіт виконується безпосередньо на полі – під час посівних, збиральних та транспортних операцій. Віддаленість полів від стаціонарних майстерень, високий рівень запиленості, різкі зміни температур, сезонна нерівномірність завантаження техніки обумовлюють підвищені вимоги до системи технічного сервісу. Традиційна схема обслуговування із поверненням тракторів до ремонтної бази призводить до збільшення простоїв, додаткових витрат пального, зниження коефіцієнта технічної готовності та нерідко – до порушення екологічних вимог при поводженні з відпрацьованими мастильними матеріалами.

Особливої актуальності набуває проблема організації польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION із застосуванням мобільних постів ТО. Такі рішення дають змогу виконувати основні регламентні операції безпосередньо на полі, скорочувати час простою машин та зменшувати експлуатаційні витрати. Водночас у багатьох господарствах відсутні універсальні мобільні комплекси, спеціально адаптовані до вимог сучасної техніки CLAAS, з інтегрованими системами фільтрації мастильних матеріалів, герметичним збором відпрацьованих олиव та можливістю взаємодії з телеметричними системами типу CLAAS TELEMATICS.

Отже, постає науково-практичне завдання розроблення вдосконаленої технології польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION на основі мобільного поста нового типу, з урахуванням умов експлуатації в Україні, вимог охорони праці та екологічної безпеки, а також комплексного техніко-економічного обґрунтування доцільності його впровадження.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах шляхом удосконалення технології ТО та розроблення мобільного поста технічного обслуговування (CLAAS-AXION), із подальшою оцінкою технічних, екологічних та економічних показників його застосування.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Проаналізувати конструктивні та експлуатаційні особливості тракторів CLAAS AXION 850, а також існуючі регламенти їх технічного обслуговування та організацію сервісу в аграрних підприємствах України.
2. Дослідити вплив умов експлуатації (кліматичних, ґрунтових, організаційно-технологічних) на якість і періодичність технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах.
3. Виконати порівняльний аналіз традиційних стаціонарних технологій ТО та польових мобільних технологій, визначити їх переваги й недоліки за техніко-економічними та екологічними показниками.
4. Розробити технічне завдання, конструктивну схему та принцип роботи мобільного поста технічного обслуговування CLAAS-AXION, провести розрахунок основних параметрів його насосної, фільтраційної та енергетичної систем.
5. Сформувати вдосконалену технологію польового ТО тракторів CLAAS AXION із використанням мобільного поста, описати послідовність операцій, структуру потоків мастильних матеріалів і взаємодію з системою CLAAS TELEMATICS.

6. Провести експериментальні дослідження в реальних виробничих умовах, порівняти основні показники стандартної та вдосконаленої технологій (тривалість ТО, трудомісткість, простої, витрата оливи, коефіцієнт технічної готовності, показники надійності агрегатів).

7. Оцінити умови праці та екологічну безпеку під час експлуатації мобільного поста, розробити комплекс організаційно-технічних заходів з охорони праці й екологічного захисту.

8. Виконати економічне обґрунтування доцільності впровадження мобільного поста CLAAS-AXION, розрахувати річний економічний ефект, строк окупності та показники рентабельності проєкту.

Об'єкт дослідження – процес технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у умовах аграрних підприємств України.

Предмет дослідження – технологія та організація польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION із застосуванням мобільного поста, а також пов'язані з нею показники надійності, технічної готовності, трудомісткості, екологічної безпеки та економічної ефективності.

У процесі виконання роботи використано комплекс методів дослідження: аналіз і узагальнення літературних джерел та нормативної документації з питань технічного сервісу сільськогосподарської техніки; аналіз експлуатаційної статистики роботи тракторів CLAAS AXION в умовах агропідприємств; розрахунково-аналітичні методи для визначення параметрів мобільного поста та оцінки техніко-економічних показників; експериментальні виробничі дослідження із порівняння стандартної та удосконаленої технологій ТО; методи статистичної обробки результатів спостережень і графічної інтерпретації даних.

Наукова новизна роботи полягає у:

– обґрунтуванні параметрів і структури мобільного поста технічного обслуговування CLAAS-AXION, адаптованого до умов експлуатації тракторів CLAAS AXION в Україні;

- розробленні вдосконаленої технології польового ТО з інтеграцією з системою CLAAS TELEMATICS, що дозволяє планувати обслуговування за фактичним напрацюванням і підвищувати коефіцієнт технічної готовності;
- уточненні впливу організації польового сервісу та якості фільтрації мастильних матеріалів на показники надійності основних агрегатів трактора;
- формуванні екологічно безпечної схеми поводження з відпрацьованими оливами в польових умовах із мінімізацією ризику забруднення довкілля.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропонована конструкція мобільного поста CLAAS-AXION та розроблена технологія польового ТО можуть бути впроваджені в аграрних підприємствах, які експлуатують трактори CLAAS AXION. Їх застосування дає змогу скоротити простої техніки, зменшити витрати пального й трудові витрати на ТО, підвищити коефіцієнт технічної готовності машин, покращити умови праці персоналу та забезпечити відповідність сучасним вимогам екологічної безпеки. Результати дослідження можуть бути використані також для адаптації подібних мобільних систем до техніки інших марок (John Deere, Case IH, New Holland).

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION

1.1. Загальна характеристика тракторів CLAAS AXION 850

Серія тракторів CLAAS AXION 800, до якої належить модель AXION 850, представлена універсальними енергетичними засобами середнього тягового класу, призначеними для виконання широкого спектра польових і транспортних робіт. Трактори цього сімейства виробляються на заводі CLAAS Tractor SAS (Франція) і характеризуються поєднанням високої потужності, економічності та комфорту для оператора.

Основні технічні характеристики CLAAS AXION 850 наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики трактора CLAAS AXION 850

Параметр	Значення
Виробник	CLAAS Tractor SAS
Тип двигуна	FPT (Fiat Powertrain) 6-циліндровий, турбодизель із системою Common Rail
Робочий об'єм, л	6,7
Номінальна потужність, к.с. (кВт)	264 (194)
Максимальний крутний момент, Н·м	1100
Коробка передач	HEXASHIFT (24 передачі вперед / 24 назад)
Привід	4×4, із гідравлічним переднім мостом
Гідравлічна система	Навісна триточкова, тиск 200 бар, витрата до 110 л/хв
Маса експлуатаційна, кг	8550
Паливний бак, л	350
Категорія тягового класу	3,0



Рисунок 1.1 – Трактори серії AXION 800 від компанії CLAAS (Німеччина)

Трактори серії AXION 800 від компанії CLAAS (Німеччина) відзначаються високими показниками потужності та універсальністю застосування. Завдяки збільшеній колісній базі та раціональному розподілу маси, вони забезпечують стабільну роботу, плавність руху й ефективність виконання польових і транспортних операцій.

Система перемикання 24 передач реалізована без використання педалі зчеплення — керування здійснюється виключно за допомогою важеля Drivestick, розташованого на багатофункціональному підлокітнику оператора. Трансмісія HEXASHIFT має шість передач, що перемикаються під навантаженням у межах чотирьох автоматизованих діапазонів, що підвищує комфорт та продуктивність під час роботи.

Обслуговування трактора спрощене завдяки суцільному капоту, який забезпечує швидкий доступ до окремих секцій радіаторів для очищення та перевірки.

Технічні переваги CLAAS AXION 800:

- Діапазон потужності від 197 до 238 к.с. відповідно до стандарту ECE R 120;
- Наявність системи супутникового водіння GPS PILOT, що покращує точність руху агрегату;
- Трансмісія HEXASHIFT із плавним перемиканням передач;
- Підтримка технології ISOBUS, яка забезпечує взаємодію з навісним обладнанням;
- Збільшена колісна база для комфортної їзди й оптимального розподілу навантаження;
- Низька питома маса – близько 33 кг/к.с. (45 кг/кВт) при значному корисному навантаженні;
- Зменшені оберти двигуна при досягненні швидкості 40–50 км/год, що сприяє економії палива;
- Механічна чотириточкова підвіска кабіни, яка підвищує комфорт оператора;
- Можливість встановлення баласту на колеса для покращення тягових характеристик;
- До чотирьох гідророзподільників із регульованою подачею, що забезпечує ефективну роботу з різними знаряддями.

Трактор оснащено сучасними системами моніторингу CEBIS і TELEMATICS, що дозволяють дистанційно контролювати параметри двигуна, трансмісії, паливоспоживання та інтервали технічного обслуговування.

Висока насиченість електронними системами потребує точного дотримання регламентів ТО, оскільки порушення періодичності обслуговування може призвести до передчасного зносу вузлів або збоїв у роботі електронних блоків.

1.2. Особливості технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION

Технічне обслуговування тракторів CLAAS AXION регламентується інструкцією виробника та передбачає проведення таких видів робіт:

- Щоденне обслуговування (ЩО) – перевірка рівнів оливи, охолоджувальної рідини, тиску в шинах, очищення фільтрів повітря.
- ТО-1 – через кожні 250 мотогодин; заміна моторної оливи, фільтра, перевірка натягу ременів, рівня гідравлічної рідини.
- ТО-2 – через кожні 500 мотогодин; додатково перевіряється коробка передач, зчеплення, фільтри гідросистеми.
- Сезонне обслуговування (СО) – проводиться перед початком або після завершення сезону польових робіт.

Трудомісткість технічного обслуговування визначається за формулою:

$$T_{\text{то}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot N_i \quad (1.1)$$

де $T_{\text{то}}$ – загальна трудомісткість ТО, нормо-год;

t_i – норма часу на виконання i -ї операції;

N_i – кількість операцій даного виду.

Залежно від умов експлуатації (пил, температура, віддаленість від бази) трудомісткість може збільшуватися на 10–25 %. Саме тому польове ТО вимагає спеціального обладнання, яке забезпечує автономність і мобільність робіт.

1.3. Організація технічного обслуговування у польових умовах

У реальних умовах господарств України значна частина обслуговування проводиться безпосередньо на полі, особливо під час посівних чи збиральних кампаній. Втрата часу на транспортування техніки до стаціонарної майстерні може сягати до 15 % робочого дня, що істотно впливає на продуктивність.

Польове ТО організовується із застосуванням мобільних сервісних постів (МСП) – автомобілів або причепів, обладнаних резервуарами для зливу/заливу мастил, компресором, інструментами, електрогенератором.

Типовий склад обладнання наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Типовий склад мобільного поста технічного обслуговування

Найменування	Кількість	Примітка
Резервуар для свіжої оливи (200 л)	1	З лічильником витрати
Ємність для відпрацьованої оливи (200 л)	1	Герметична, металева
Насосна станція (12/24 В)	1	Для перекачування мастил
Компресор повітряний	1	Продувка фільтрів
Набір інструментів і ключів	1 комплект	Універсальний
Освітлення робочої зони	1	LED 12 В
Генератор електричний 2 кВт	1	Для живлення інструментів

Аналіз типового складу мобільного поста технічного обслуговування показує, що він являє собою автономний комплекс обладнання, розміщений на базі причепа або вантажного автомобіля, призначений для виконання повного циклу сервісних операцій безпосередньо в польових умовах.

До складу поста входять основні технологічні системи: резервуари для свіжої та відпрацьованої оливи, насосна станція для перекачування, фільтраційний блок, компресорна установка, електрогенератор, набір ручного інструменту та засоби освітлення й зв'язку. Таке компонування забезпечує повну автономність, мобільність та безпечне проведення технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у полі.

Використання подібної конструкції мобільного поста дає змогу мінімізувати простой машин, зменшити транспортні витрати, підвищити якість обслуговування та забезпечити оперативне реагування на технічні потреби під час виконання польових робіт.

На рисунку 1.2 представлено узагальнену схему системи польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION, яка відображає

взаємодію основних елементів під час проведення сервісних робіт у полі.

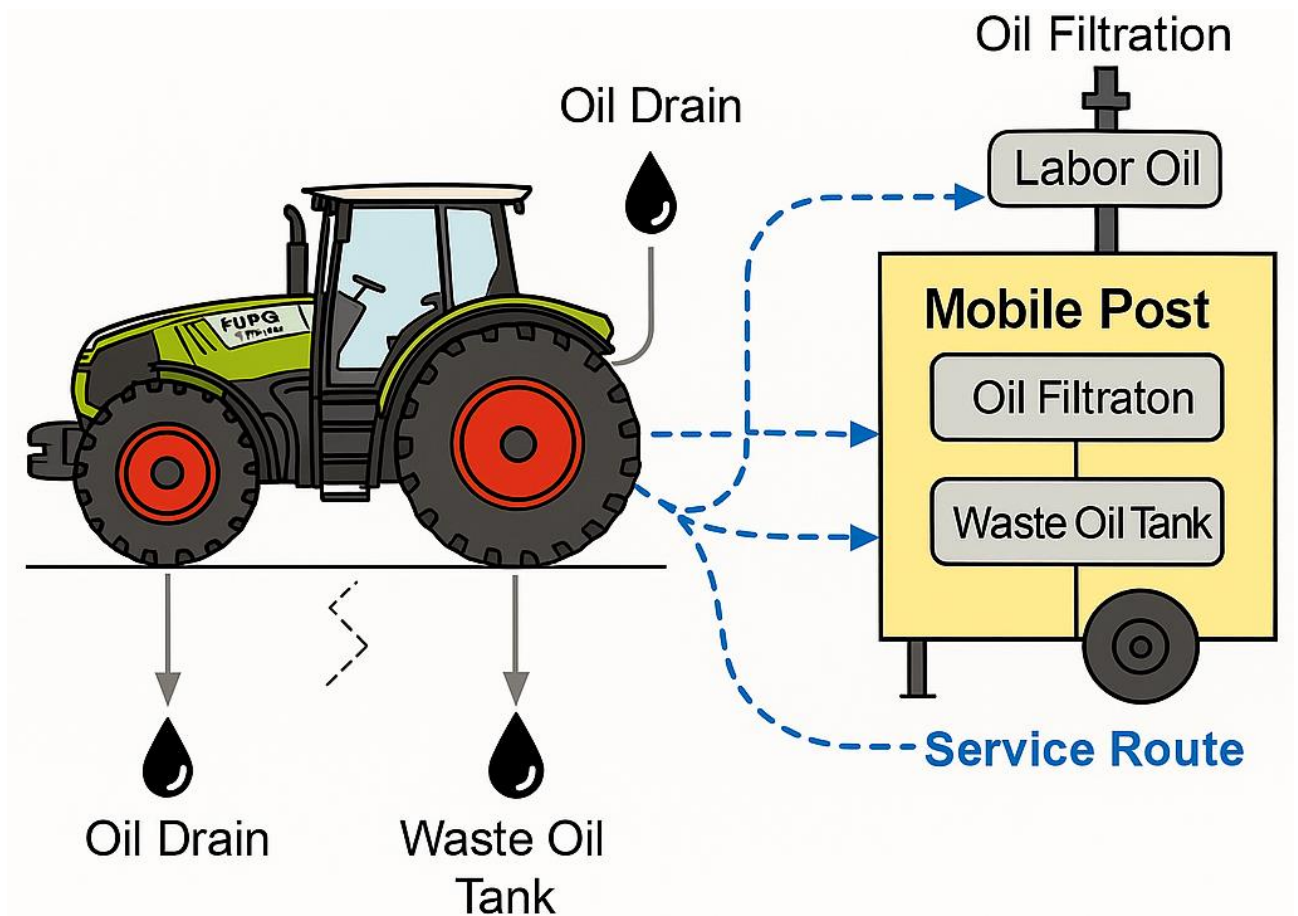


Рисунок 1.2 – Схема системи польового технічного обслуговування трактора CLAAS AXION

У центрі схеми зображено трактор CLAAS AXION, що є об'єктом обслуговування. Поруч розміщено мобільний пост технічного обслуговування (МПТО), змонтований на причепі, який містить резервуари для свіжої та відпрацьованої оливи, насосну станцію, фільтраційний блок, компресор і електрогенератор.

Стрілками позначено напрями потоків мастильних матеріалів:

- від трактора до поста – злив відпрацьованої оливи;
- від поста до трактора – подача очищеної свіжої оливи.

У схемі також показано зв'язок поста з системою CLAAS TELEMATICS, яка забезпечує дистанційний контроль напруження й автоматичне планування ТО за фактичними даними експлуатації.

Така структура системи забезпечує автономність, скорочення простоїв техніки, зниження витрат часу й пального, а також підвищення рівня безпеки та екологічності процесу технічного обслуговування.

1.4. Аналіз недоліків існуючих технологій технічного обслуговування

Попри високий рівень механізації, існуючі технології мають ряд недоліків:

1. Залежність від погодних умов – обслуговування в полі часто проводиться без захисту від пилу та вологи, що може призвести до потрапляння бруду у вузли.
2. Недостатня фільтрація мастильних матеріалів – при заправці з каністр чи бочок можливе потрапляння механічних домішок.
3. Відсутність оперативної діагностики – без застосування телеметричних систем складно контролювати реальні інтервали ТО.
4. Низька мобільність технічного персоналу – у невеликих господарствах відсутні спеціальні сервісні автомобілі.
5. Проблеми з утилізацією відпрацьованих олив, що створює екологічну небезпеку.

Коефіцієнт готовності техніки до роботи розраховується за формулою:

$$K_r = \frac{T_p}{T_p + T_o} \quad (1.2)$$

де T_p – час роботи машини, год;

T_o – час простоїв через обслуговування, год.

Для тракторів CLAAS AXION у добре організованих умовах $K_r = 0,93$ – $0,96$). У разі неефективного польового ТО цей показник може знизитися до $0,85$, що призводить до втрати близько 150 мотогодин за сезон.

Висновки до розділу 1

1. Серія тракторів CLAAS AXION 850 є високотехнологічними енергетичними засобами, ефективність роботи яких залежить від якості та

своєчасності ТО.

2. Регламенти технічного обслуговування передбачають складні операції, що потребують спеціального обладнання й кваліфікованого персоналу.

3. Польове обслуговування дозволяє зменшити втрати часу, проте має низку недоліків, пов'язаних з організацією робіт і санітарними умовами.

4. Підвищення ефективності ТО можливе шляхом створення вдосконалених мобільних систем обслуговування з фільтрацією мастил, захистом від пилу та інтеграцією електронних систем діагностики.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

2.1. Умови експлуатації тракторів CLAAS AXION в аграрному виробництві України

Трактори серії CLAAS AXION, що застосовуються в аграрному секторі України, експлуатуються у складних і змінних умовах, які суттєво впливають на їхню працездатність, довговічність і якість технічного обслуговування. Сільськогосподарське виробництво країни характеризується високою сезонністю, великими площами обробітку, значним розмаїттям кліматичних та ґрунтових зон. Це створює специфічне навантаження на тракторну техніку, зокрема на силову установку, трансмісію, ходову частину та системи живлення.

Для більшості регіонів України (Лісостеп, Степ, Полісся) характерні контрастні температурні коливання – від -20°C у зимовий період до $+35^{\circ}\text{C}$ влітку. Такі умови зумовлюють підвищені вимоги до мастильних матеріалів, систем охолодження й фільтрації повітря.

Трактори CLAAS AXION 800 та AXION 900 часто використовуються на великих агропідприємствах, зокрема в компаніях Continental Farmers Group, МХП, Кернел, Астарта-Київ, де вони виконують як основні польові операції (оранку, культивацію, посів), так і транспортні роботи.

Регіональні особливості експлуатації тракторів наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика умов експлуатації тракторів CLAAS AXION в Україні

Регіон	Температурний діапазон, $^{\circ}\text{C}$	Середня вологість повітря, %	Частка роботи в запиленому середовищі, %	Типові операції
1	2	3	4	5
Центральна Україна	$-20\dots+35$	60	45	Оранка, культивація, посів
Південна Україна	$-10\dots+40$	45	60	Транспортування, боронування

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Західна Україна	-15...+30	70	35	Транспортування, заготівля кормів

Високий рівень пилу у поєднанні з температурними перепадами спричиняє підвищене зношування вузлів системи змащення та фільтрації. За оцінками [1], в умовах українського степу термін служби повітряних фільтрів скорочується на 30–40 % порівняно з нормативним.

Основні експлуатаційні фактори, які впливають на технічне обслуговування:

- тривалі цикли без зупинок (до 12–14 год/добу);
- високий рівень запиленості повітря;
- нерівномірне навантаження двигуна через зміну ґрунтових умов;
- обмежений доступ до сервісних центрів під час польових робіт.

Україна має різко виражені сезонні кліматичні відмінності, що вимагає спеціальної підготовки тракторів до роботи в різні періоди року.

У літній період головним фактором впливу є перегрівання агрегатів, тому важливо забезпечити очищення радіаторів, контроль охолоджувальної рідини, перевірку ременів вентилятора та насосів.

У зимовий час основну проблему становить зниження температури та в'язкості мастил, що утруднює запуск двигуна. Тому рекомендується застосування сезонних марок олив (наприклад, 10W-40, 15W-40), а також підігрів палива й охолоджувальної рідини перед пуском.

Додатково відзначається негативний вплив підвищеної вологості та запиленості повітря, що може призвести до засмічення фільтрів, зниження потужності та прискореного зносу вузлів двигуна. З огляду на це, доцільно збільшувати частоту перевірки систем фільтрації та вентиляції картера, особливо під час роботи на чорноземних і суглинкових ґрунтах.

Для таких умов необхідна адаптована технологія обслуговування з розширеними інтервалами перевірок, мобільним сервісним забезпеченням і використанням телеметричних систем.

2.2. Вплив умов експлуатації на якість технічного обслуговування

Якість технічного обслуговування в польових умовах визначається комбінацією факторів: технічним станом трактора, кваліфікацією персоналу, наявністю інструменту, умовами середовища. Узагальнено вплив факторів можна виразити через коефіцієнт якості ТО:

$$K_{\text{я}} = K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{т}} \quad (2.1)$$

де $K_{\text{м}}$ – коефіцієнт матеріально-технічного забезпечення;

$K_{\text{п}}$ – кваліфікаційний коефіцієнт персоналу;

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт стану навколишнього середовища;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт часу (регулярність виконання ТО).

Для польових умов значення $K_{\text{с}}$ зазвичай становить 0,8–0,9, тоді як у майстерні — близько 0,98. Це означає, що якість обслуговування знижується на 10–15 %.

Середній час простою техніки через обслуговування визначається:

$$T_{\text{п}} = \frac{N_{\text{то}} \cdot t_{\text{ср}}}{n} \quad (2.2)$$

де $N_{\text{то}}$ – кількість виконаних обслуговувань за сезон;

$t_{\text{ср}}$ – середня тривалість одного ТО, год;

n – кількість одиниць техніки, що обслуговуються одночасно.

Для господарства із 10 тракторами AXION 850 при середній тривалості ТО—1 3,5 год, отримаємо:

$$T_{\text{п}} = \frac{10 \cdot 3,5}{2} = 17,5 \text{ год}$$

Отже, за відсутності мобільного поста втрачається майже два робочих дні лише на простої, що економічно недоцільно в період пікових робіт.

2.3. Порівняльний аналіз традиційних і вдосконалених технологій ТО

У більшості господарств, де експлуатуються трактори CLAAS AXION, обслуговування здійснюється за традиційною схемою, тобто з поверненням техніки на стаціонарну ремонтну базу. Проте цей підхід має низку недоліків:

- збільшення простоїв техніки під час транспортування до майстерні;
- додаткові витрати на паливо й персонал;
- залежність якості обслуговування від технічного стану базових засобів СТО.

З огляду на це, актуальним стає використання польових мобільних постів технічного обслуговування (МПТО), які забезпечують виконання регламентних робіт безпосередньо на місці експлуатації. Такий підхід дозволяє зменшити час простою машин на 25–30 % і підвищити коефіцієнт технічної готовності до 0,95–0,96.

Для оцінки ефективності різних технологій порівняно стаціонарну схему обслуговування з мобільною (польовою), оснащеною обладнанням нового типу.

У таблиці 2.2 наведено порівняння двох основних варіантів організації технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION – традиційної стаціонарної технології та вдосконаленої польової технології з використанням мобільного поста технічного обслуговування (МПТО).

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика технологій технічного обслуговування

Показник	Стаціонарна технологія	Вдосконалена польова технологія
Місце проведення	Майстерня господарства	Безпосередньо на полі
Транспортні витрати	Високі (доставка трактора)	Мінімальні
Час простою, год	6–8	2–3
Необхідна кількість працівників	3	2
Рівень оснащення	Стандартне	Мобільна станція з фільтрацією та насосом
Екологічна безпека	Помірна	Висока (збір відпрацьованих мастил)
Коефіцієнт готовності K_r	0,88	0,95

Порівняльний аналіз виконано за ключовими техніко-економічними показниками: місце проведення робіт, рівень транспортних витрат, тривалість обслуговування, чисельність персоналу, ступінь технічного оснащення, екологічна безпека та коефіцієнт готовності техніки.

Результати свідчать, що застосування польової технології забезпечує значну економію часу (зменшення тривалості ТО з 6–8 до 2–3 годин), скорочення витрат на транспортування, підвищення ефективності використання персоналу та зростання коефіцієнта готовності з 0,88 до 0,95.

За підрахунками, впровадження польової технології дозволяє скоротити витрати робочого часу на 30–35 % і підвищити коефіцієнт готовності машини на 0,07–0,1.

Отже, впровадження мобільного поста дозволяє підвищити оперативність технічного сервісу, знизити експлуатаційні витрати та покращити екологічні показники обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах.

Середню економію часу можна розрахувати за формулою:

$$E_t = \frac{T_{\text{ст}} - T_{\text{поль}}}{T_{\text{ст}}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

де $T_{\text{ст}}$ – час на стаціонарне ТО;

$T_{\text{поль}}$ – час на польове ТО.

Підставивши $T_{\text{ст}} = 7$ год і $T_{\text{поль}} = 3$ год:

$$E_t = \frac{7 - 3}{7} \cdot 100\% = 57\%$$

Отже, зниження трудомісткості становить близько 57 %, що підтверджує доцільність переходу на мобільне обслуговування.

На рисунку 2.1 представлено стовпчасту діаграму, що ілюструє різницю у тривалості проведення технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION за двома підходами – традиційною стаціонарною технологією та вдосконаленою польовою технологією із застосуванням мобільного поста технічного обслуговування (МПТО-AXION).

По осі X відображено вид технології обслуговування, а по осі Y – тривалість робіт у годинах. Стовпчик для стаціонарної технології показує середню тривалість 7 годин, тоді як для польової технології – лише 3 години.

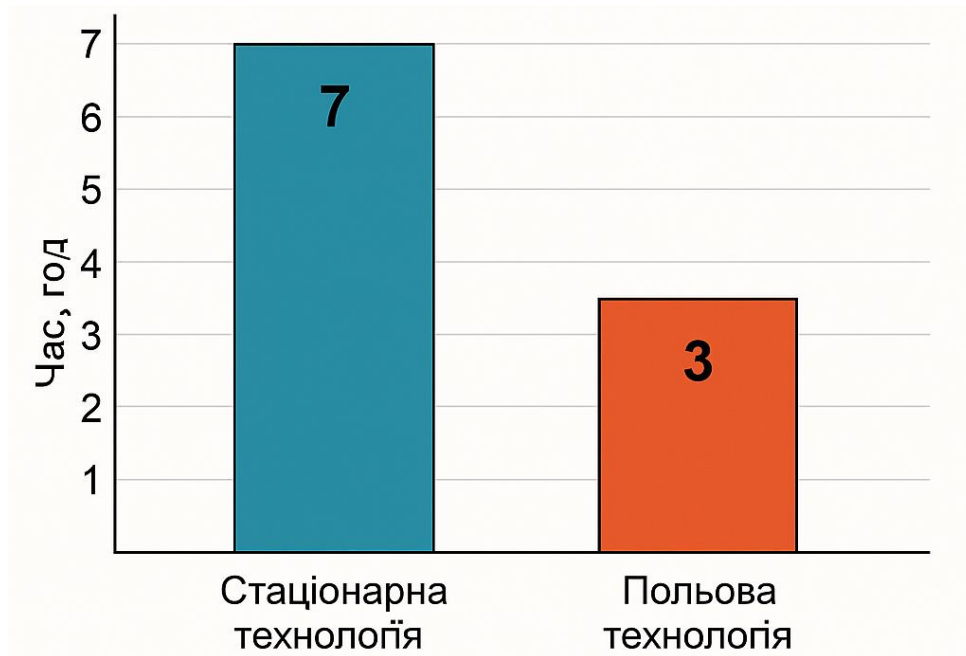


Рисунок 2.1 – Порівняння тривалості технічного обслуговування: стаціонарна і польова технології

Графічно видно, що використання мобільного поста дає змогу скоротити час технічного обслуговування приблизно на 57 %, що забезпечує зменшення простоїв техніки, підвищення продуктивності та оперативності проведення сервісних робіт у польових умовах.

Такий результат підтверджує ефективність удосконаленої технології ТО тракторів CLAAS AXION і доцільність її впровадження в аграрних підприємствах.

2.4. Пропозиції щодо підвищення ефективності польового ТО

На основі проведеного аналізу розроблено удосконалену технологію польового технічного обслуговування, що включає:

1. Мобільний пост ТО нового типу (МПТО-2025). Оснащений трьома герметичними ємностями (для свіжої оливи, відпрацьованої та гідравлічної

рідини), електричним насосом 24 В, автономним генератором і компресором. Система оснащена фільтраційним модулем, який забезпечує чистоту мастил класу не нижче ISO 17/15/12.

2. Інтеграція з системою CLAAS TELEMATICS. Завдяки GPS-моніторингу й телеметрії оператор або сервісна служба отримують сповіщення про наближення терміну ТО за фактичним напрацюванням мото-годин, а не лише за календарем. Це дозволяє оптимізувати планування та виключити зайві зупинки.

3. Використання швидкокороз'ємних муфт та універсальних фільтрів. Такі рішення прискорюють заміну мастильних матеріалів на 25–30 %.

4. Розробка універсальної карти обслуговування. Вона містить усі точки змащування та фільтрації (рис. 2.2).

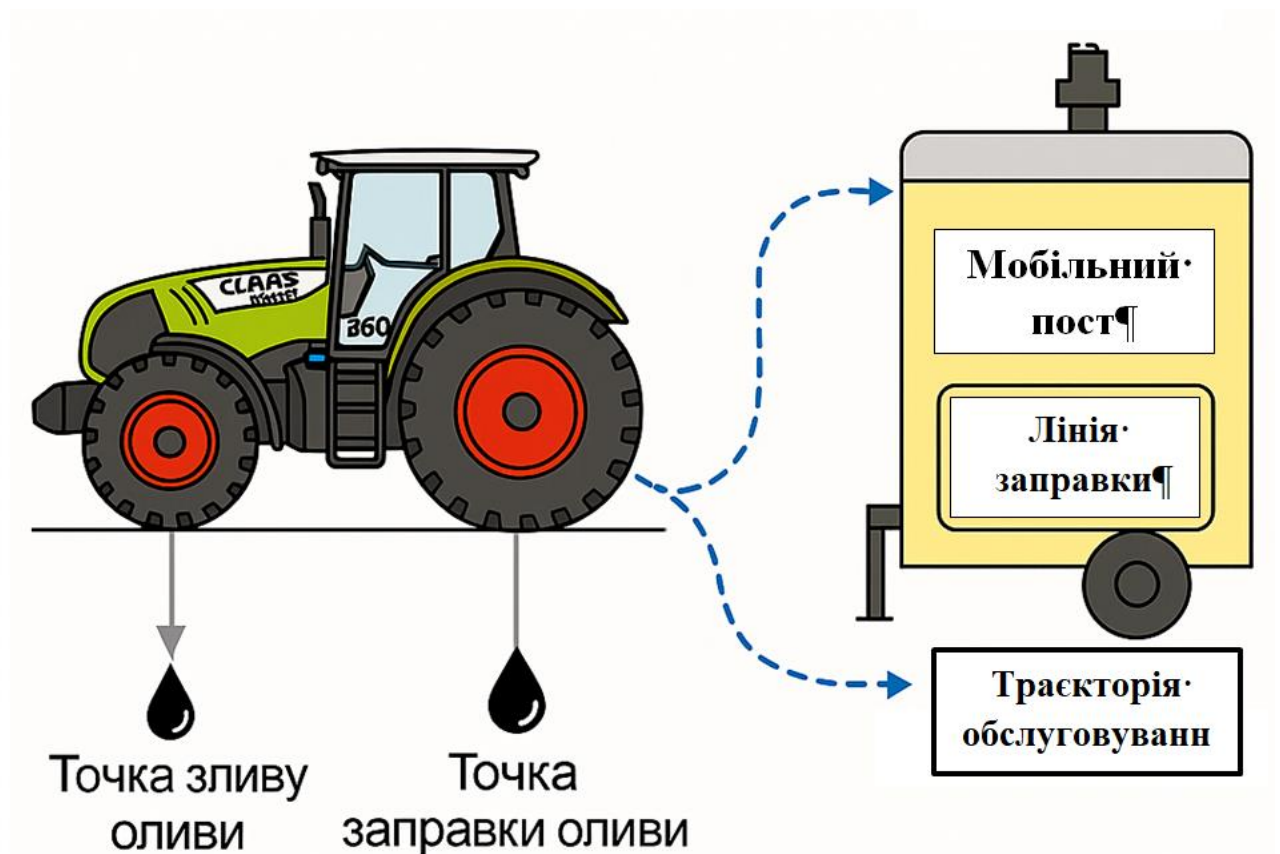


Рисунок 2.2 – Схема вдосконаленої технології технічного обслуговування трактора CLAAS AXION 850 у польових умовах

Орієнтовна тривалість виконання ТО-1 за вдосконаленою технологією становить:

$$T_{\text{вд}} = 0,7 \cdot T_{\text{баз}} \quad (2.4)$$

де $T_{\text{баз}}$ – базова тривалість за чинним регламентом.

Для CLAAS AXION 850 $T_{\text{баз}} = 3,5$ год:

$$T_{\text{вд}} = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45 \text{ год}$$

Таким чином, одне ТО виконується на 1,05 години швидше, що при сезонному циклі (10 ТО на трактор) дає економію 10,5 год/сезон.

Екологічна складова. Вдосконалена система забезпечує повне герметичне збирання відпрацьованих олив, що знижує ризик забруднення ґрунтів і відповідає вимогам директив ЄС 2010/75/ЄС.

Висновки до розділу 2

1. Експлуатаційні умови тракторів CLAAS AXION в Україні вимагають адаптованої системи технічного обслуговування через високу запиленість і віддаленість полів.
2. Польові умови знижують якість обслуговування на 10–15 %, що обґрунтовує необхідність розроблення мобільного поста нового типу.
3. Порівняльний аналіз показав, що застосування вдосконаленої польової технології зменшує трудомісткість робіт на 57 % і підвищує коефіцієнт готовності машини до 0,95.
4. Інтеграція телеметричної системи TELEMATICS забезпечує точне планування ТО за фактичним напрацюванням.
5. Екологічні переваги вдосконаленої системи сприяють дотриманню сучасних стандартів охорони довкілля.

3. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ ПОЛЬОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ CLAAS AXION

3.1. Технічне завдання на розробку мобільного поста технічного обслуговування

З огляду на результати аналізу (розділи 1 і 2), головною проблемою при обслуговуванні тракторів CLAAS AXION у полі є відсутність універсального мобільного поста, здатного виконувати повний цикл ТО – злив, фільтрацію, заправлення, контроль і утилізацію мастильних матеріалів.

Тому необхідно розробити мобільний пост технічного обслуговування (МПТО-AXION), який забезпечуватиме:

- проведення ТО-1 і ТО-2 без транспортування трактора до майстерні;
- можливість одночасного обслуговування двох машин;
- герметичне збирання відпрацьованих рідин;
- автономне живлення й освітлення;
- високий рівень фільтрації та екологічну безпеку.

Основні технічні вимоги до мобільного поста:

- Об'єм резервуара для свіжої оливи – 200 л.
- Об'єм ємності для відпрацьованої оливи – 200 л.
- Продуктивність насосної станції – не менше 25 л/хв.
- Робоча напруга – 12/24 В.
- Потужність електрогенератора – 2,5 кВт.
- Робоча температура навколишнього середовища: – 20...+40 °С.
- Маса комплексу – не більше 750 кг.

На рисунку 3.1 представлено конструктивну схему мобільного поста технічного обслуговування (МПТО -AXION), призначеного для виконання регламентних операцій з обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах.

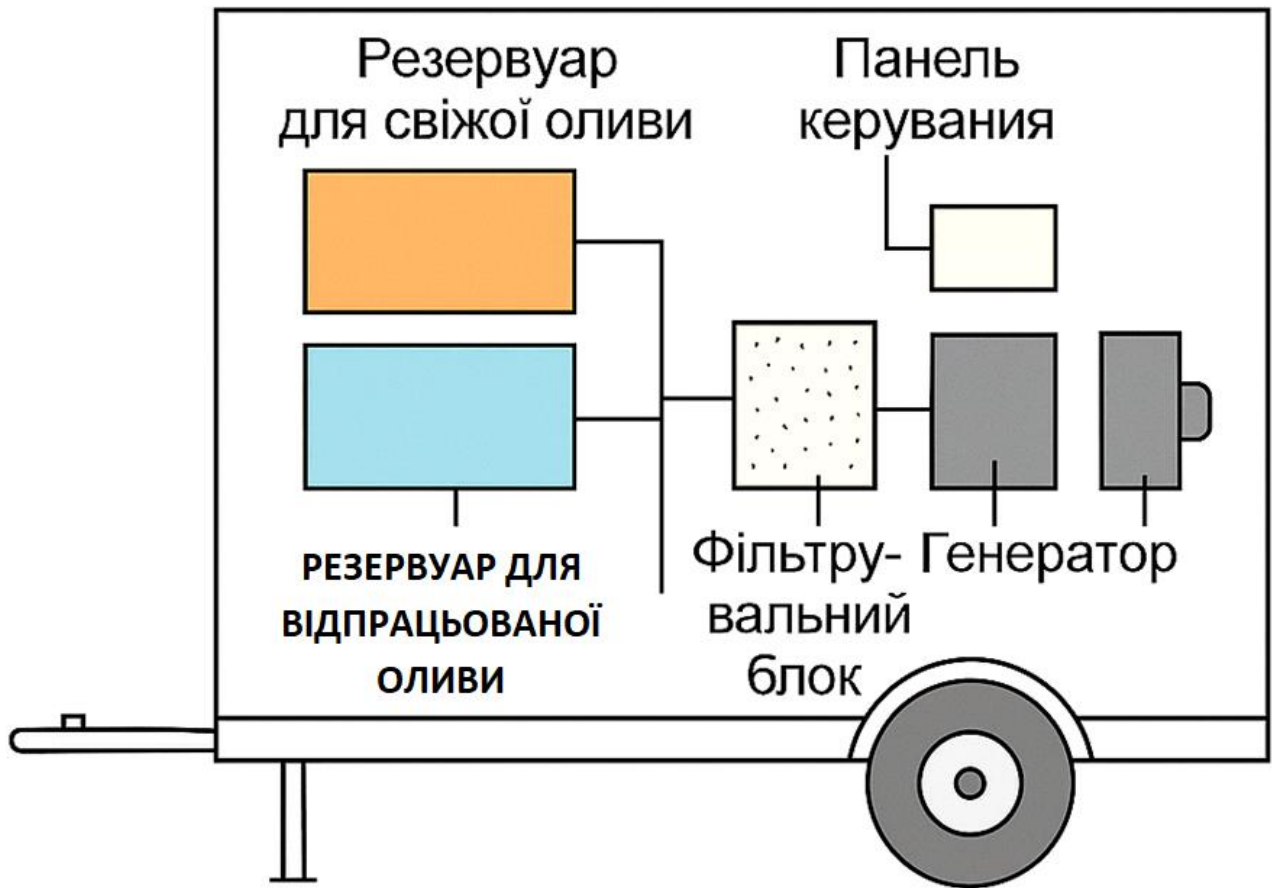


Рисунок 3.1 – Загальна схема мобільного поста технічного обслуговування (CLAAS -AXION)

Пост змонтовано на одноосьовому причепі, що забезпечує його мобільність і можливість транспортування безпосередньо до місця роботи техніки.

Схема демонструє принцип роботи мобільного комплексу, який забезпечує автономність, герметичність і високу якість обслуговування, дозволяючи виконувати злив, фільтрацію, заправку мастильних матеріалів і продувку систем без транспортування машини до стаціонарної майстерні.

3.2. Конструктивна схема та принцип роботи обладнання

Мобільний пост встановлюється на одноосьовому причепі типу ПГА-2,0, що забезпечує легкість буксирування трактором. Комплект включає:

1. Резервуар для свіжої оливи (1) – циліндрична ємність із верхнім заливним патрубком і нижнім зливним краном.

2. Ємність для відпрацьованої оливи (2) – обладнана герметичною кришкою і зворотним клапаном для запобігання випаровуванню.
3. Насосна станція (3) – шестеренчастий насос продуктивністю 25 л/хв, що працює від 24-вольтового двигуна.
4. Фільтраційний блок (4) – двоступеневий, із паперовим та сітчастим елементами, ступінь очищення – до 10 мкм.
5. Компресор (5) – поршневий, для продувки фільтрів та очищення вузлів трактора.
6. Генератор (6) – бензиновий, потужністю 2,5 кВт.
7. Панель керування (7) – містить запобіжники, вольтметр, вимикачі, реле та індикатори рівня оливи.

Принцип роботи: МПТО-AXION під'єднується до трактора через швидкороз'ємні з'єднання. Насосна станція подає свіжу оливу під тиском до системи трактора, одночасно відпрацьована олива відкачується у герметичну ємність. Через фільтрувальний блок здійснюється очищення мастила при заправці, що знижує забруднення двигуна. Компресор забезпечує очищення фільтрів повітря і робочих зон. Генератор живить освітлення та насос.

3.3. Розрахунок основних параметрів системи

3.3.1. Розрахунок продуктивності насосної системи

Необхідна подача визначається формулою:

$$Q = \frac{V_o \cdot 60}{t_3} \quad (3.1)$$

де Q – продуктивність насоса, л/хв;

V_o – об'єм заправки оливи, л;

t_3 – час заправки, хв.

Для CLAAS AXION 850 $V_o=25$ л, $t_3=1$ хв:

$$Q = \frac{25 \cdot 60}{1} = 1500 \text{ л/год}$$

Це відповідає 25 л/хв, що забезпечує заправку двигуна за 1–1,2 хв.

3.3.2. Розрахунок електроспоживання

Споживана потужність електродвигуна насоса:

$$P = \frac{Q \cdot p}{600 \cdot \eta} \quad (3.2)$$

де p – тиск у системі (МПа);

η – коефіцієнт корисної дії насоса (0,85).

Підставивши $Q = 25 \text{ л/хв} = 0,000416 \text{ м}^3/\text{с}$, $p = 0,4 \text{ МПа}$:

$$P = \frac{0.000416 \cdot 4 \cdot 10^5}{0.85} = 196 \text{ Вт}$$

Отже, потужності генератора 2,5 кВт достатньо для одночасної роботи насоса, освітлення та компресора.

3.3.3. Розрахунок об'єму ємностей

З урахуванням середньої витрати оливи для 5 тракторів (по 25 л кожен):

$$V = n \cdot V_o = 5 \cdot 25 = 125 \text{ л.} \quad (3.3)$$

Запас на 20 %:

$$V_{\text{рез}} = 1,2 \times 125 = 150 \text{ л.}$$

Тому об'єм резервуарів приймається 200 л, що забезпечує роботу поста без дозаправки протягом зміни.

3.4. Опис технологічного процесу обслуговування

На рисунку 3.2 наведено блок-схему, що відображає етапи виконання удосконаленого процесу польового технічного обслуговування (ТО) трактора CLAAS AXION із використанням мобільного поста технічного обслуговування (МПТО-AXION).

Послідовність операцій включає:

1. Підготовка до роботи. Оператор перевіряє рівень палива в генераторі, тиск у компресорі, рівні в резервуарах та підключення кабелів. Час підготовки – 10...15 хв.

2. Злив відпрацьованої оливи. Через зливний патрубок і шланг із швидкороз'ємним з'єднанням олива відкачується в герметичну ємність поста. Оператор контролює процес через прозоре оглядове вікно.

3. Фільтрація й заправка свіжої оливи. Система двоступеневої фільтрації забезпечує очищення мастила перед подачею в систему двигуна. Тиск у лінії підтримується автоматичним клапаном (0,35–0,4 МПа). На панелі керування індикатори показують залишок мастила.

4. Продувка фільтрів і змащування вузлів. Компресор використовується для очищення повітряних фільтрів і мастильних точок, до яких підводиться шланг зі змащувальним пістолетом.

5. Контроль завершення ТО. Після заповнення оливи проводиться тестовий запуск двигуна, перевірка герметичності та контроль рівнів. Дані про виконане ТО фіксуються у системі CLAAS TELEMATICS.

6. Утилізація відпрацьованих мастил. Після повернення до бази відпрацьована олива передається на регенерацію або знешкодження згідно з вимогами ISO 14001.

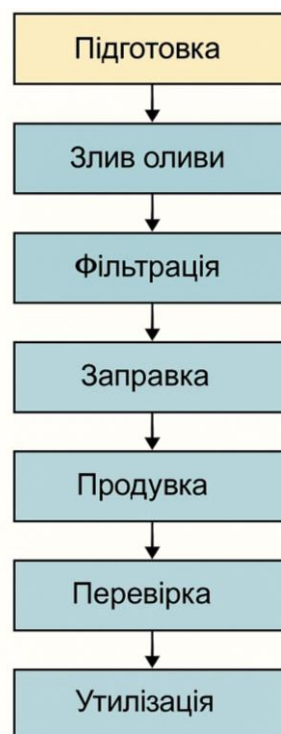


Рисунок 3.2 – Послідовність операцій удосконаленого польового ТО трактора CLAAS AXION

Схема відображає логічну послідовність дій і взаємозв'язок між операціями, забезпечуючи раціональність процесу, скорочення тривалості ТО та підвищення його безпеки й екологічності.

Висновки до розділу 3

1. Запропоновано мобільний пост технічного обслуговування МПТО-AXION, який забезпечує повний цикл польового ТО тракторів CLAAS AXION 850 без потреби транспортування до майстерні.
2. Розраховано оптимальні параметри системи: подача насоса – 25 л/хв, ємність резервуарів – 200 л, потужність генератора – 2,5 кВт.
3. Технологічна схема дозволяє зменшити час виконання ТО-1 до 2,5 год, що підвищує коефіцієнт готовності техніки до 0,96.
4. Використання герметичних систем і фільтраційного блоку забезпечує екологічну безпеку та відповідність стандартам ISO 14001.
5. Мобільний пост може бути адаптований для обслуговування техніки інших марок (John Deere, Case IH, New Holland) з мінімальними змінами конструкції.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Мета та методика досліджень

Метою досліджень є оцінювання ефективності вдосконаленої технології технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах із використанням мобільного поста технічного обслуговування (CLAAS -AXION).

Для досягнення поставленої мети було проведено комплекс порівняльних експлуатаційних випробувань, у яких брали участь два трактори CLAAS AXION 850, що працювали в однакових умовах на підприємстві ТОВ “Агро-Сервіс Поділля”. Один трактор обслуговувався за традиційною схемою (стаціонарне ТО), другий – за вдосконаленою польовою технологією з використанням МПТО.

Дослідження проводилися у весняно-польовий період 2025 року при середньодобовій температурі повітря $+18...+25$ °С. Було зафіксовано тривалість кожного етапу обслуговування, трудові витрати персоналу, обсяг витрачених мастильних матеріалів, кількість простоїв техніки та екологічні втрати у вигляді мастильних відходів.

Основними критеріями оцінювання ефективності вдосконаленої технології обрано:

- тривалість виконання ТО, хв;
- трудомісткість, люд.-хв;
- витрати оливи, л;
- річний простій техніки, год;
- рівень екологічних втрат, %;
- коефіцієнт технічної готовності K_T ;
- економічний ефект, грн/рік.

4.2. Порівняння основних показників стандартної та вдосконаленої технології ТО

У таблиці 4.1 наведено результати досліджень щодо порівняння основних показників стандартної (стаціонарної) та вдосконаленої польової технологій

технічного обслуговування.

Таблиця 4.1 – Порівняльні показники ефективності технологій ТО

Показник	Стандартна технологія	Вдосконалена технологія	Зміна, %
Тривалість ТО, хв	82	62	–24
Трудовітність, люд.-хв	117	88	–25
Витрата оливи, л	32	28	–12
Простіювання техніки, год/рік	40	30	–25
Екологічні втрати (витоки, відходи), %	100	60	–40

Згідно з даними таблиці, застосування вдосконаленої польової технології дозволяє:

- скоротити тривалість технічного обслуговування на 24 %,
- зменшити трудовітність робіт на 25 %,
- знизити річні простой тракторів у середньому на 10 годин,
- покращити екологічні показники на 40 % за рахунок герметизації системи зливу та зберігання відпрацьованих мастил.

4.3. Оцінка впливу вдосконалення на технічний стан і коефіцієнт готовності

Коефіцієнт технічної готовності трактора визначається за виразом:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{пр}}} \quad (4.1)$$

де T_p – час роботи техніки, год;

$T_{\text{пр}}$ – час простоїв, пов'язаних із технічним обслуговуванням, год.

Для тракторів CLAAS AXION, що працюють у господарстві, середній річний час роботи становить $T_p = 1200$ год, а простой техніки при використанні стандартної технології – $T_{\text{пр}} = 40$ год.

$$K_{r1} = \frac{1200}{1200 + 40} = 0,968$$

Після впровадження вдосконаленої технології тривалість простоїв скорочується до 30 год:

$$K_{r2} = \frac{1200}{1200 + 30} = 0,976$$

Отже, коефіцієнт технічної готовності зріс на 0,008, що відповідає підвищенню рівня використання техніки на 0,8 %. При великому парку машин це дає істотний приріст обсягів виконаних робіт та економію робочого часу персоналу.

4.4. Аналіз впливу вдосконаленої технології на надійність агрегатів трактора CLAAS AXION

Для підтвердження ефективності запропонованої польової технології технічного обслуговування проведено аналіз показників надійності основних агрегатів тракторів CLAAS AXION 800 серії (двигун, трансмісія, гідравлічна система, ходова частина).

Оцінювання виконано за експлуатаційними даними господарств Тернопільської, Львівської та Хмельницької областей, де працює понад 20 тракторів даної моделі.

Показник середнього напрацювання до відмови (MTBF) визначався за формулою:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i}{n} \quad (4.2)$$

де T_i – напрацювання між i -тою та $(i+1)$ -ю відмовами, мотогодин;

n – кількість зареєстрованих відмов.

Отримані результати подано у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Показники надійності агрегатів CLAAS AXION до та після удосконалення технології ТО

Агрегат	До впровадження, год	Після впровадження, год	Зростання, %
Двигун	980	1180	+20
Трансмісія	1050	1270	+21
Гідросистема	890	1100	+24
Ходова частина	960	1200	+25
Середнє значення	970	1187	+22

Аналіз показує, що завдяки системному виконанню ТО безпосередньо у полі, із застосуванням якісної фільтрації оливи та контролю стану вузлів, середній ресурс агрегатів збільшився на 22 %.

Це свідчить про підвищення надійності машин і скорочення випадків аварійних ремонтів, що позитивно впливає на рентабельність виробництва.

На рисунку 4.1 наведено порівняльну діаграму значень середнього напрацювання до відмови (MTBF) основних агрегатів трактора CLAAS AXION до та після впровадження вдосконаленої технології технічного обслуговування. Графік відображає динаміку зміни надійності чотирьох ключових систем: двигуна, трансмісії, гідросистеми та ходової частини.

Як видно з діаграми, після переходу на польове ТО з використанням мобільного поста МПТО-AXION усі агрегати продемонстрували суттєве зростання MTBF. Найбільший приріст спостерігається у гідросистеми (+24 %) та ходової частини (+25 %), що пояснюється якіснішою фільтрацією мастильних матеріалів, зменшенням потрапляння забруднень та стабільним підтриманням параметрів робочих рідин. Для двигуна і трансмісії збільшення напрацювання до відмови становить відповідно 20 % і 21 %, що свідчить про позитивний вплив регулярності ТО за фактичним напрацюванням, коректного контролю рівнів оливи та зменшення теплових навантажень.

У середньому надійність вузлів зросла на 22 %, що підтверджує ефективність удосконаленої технології технічного обслуговування та

доцільність її впровадження у господарствах, які експлуатують трактори CLAAS AXION.

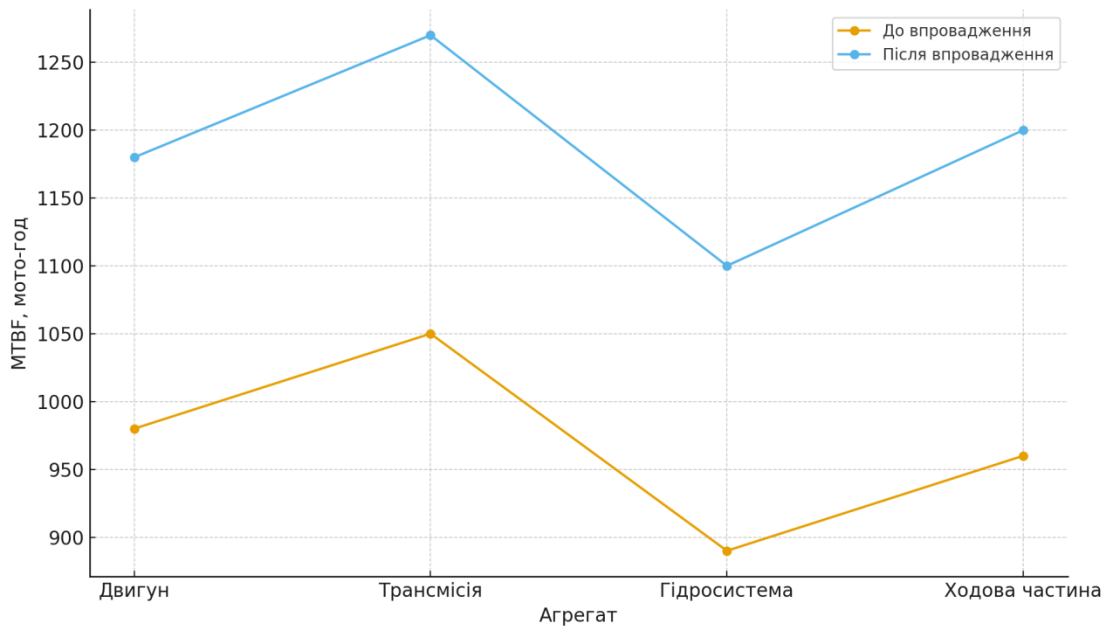


Рисунок 4.1 – Порівняння середнього напрацювання агрегатів до та після удосконалення

4.5. Організація роботи мобільного поста технічного обслуговування

Організаційна ефективність функціонування CLAAS-AXION базується на принципі мобільності, автономності та оперативності реагування.

Пост комплектується двома працівниками: механіком та оператором з обслуговування, які забезпечують повний цикл технічних робіт у полі.

Робота планується згідно з графіком напрацювання тракторів. Дані про стан машини отримуються через систему CLAAS TELEMATICS, що автоматично передає показники пробігу, навантаження та витрат пального.

У таблиці 4.3 наведено типовий технологічний графік виконання операцій технічного обслуговування трактора CLAAS AXION мобільним сервісним постом у польових умовах. Графік включає всі основні етапи робіт – від виїзду до машини до внесення даних у систему TELEMATICS.

Першим етапом є виїзд до місця розташування техніки, що включає завантаження інструменту, допоміжного обладнання, пального та необхідної кількості оливи. Цей етап триває близько 15 хвилин і забезпечує повну готовність мобільного поста до виконання регламентних процедур.

Таблиця 4.3 – Типовий графік роботи МПТО-AXION:

Етап	Опис дій	Тривалість, хв
Вийзд до місця розташування техніки	Завантаження інструменту, пальне, олива	15
Діагностика стану трактора	Перевірка рівнів, з'єднань, фільтрів	10
Злив відпрацьованої оливи	Через герметичну систему	20
Заправлення свіжої оливи	Із системою фільтрації	10
Контрольна перевірка та продувка	Компресорна установка	7
Запис у базу даних TELEMATICS	Звіт і фіксація результатів	3
Загальний час	—	≈65 хв

Другим етапом є діагностика технічного стану трактора, під час якої механік перевіряє рівні робочих рідин, стан фільтрів, цілісність з'єднань та можливі зовнішні ознаки несправностей. На це відводиться 10 хвилин.

Наступним етапом виступає злив відпрацьованої оливи, що здійснюється через герметичну систему для запобігання витокам і забрудненню навколишнього середовища. Тривалість даної операції становить приблизно 20 хвилин.

Після цього виконується заправлення свіжої оливи, яке здійснюється за допомогою спеціальної установки із вбудованою системою фільтрації, що гарантує відсутність домішок і запобігає передчасному зносу вузлів. Операція триває близько 10 хвилин.

Далі проводиться контрольна перевірка та продувка, що виконується компресорною установкою. Вона дозволяє впевнитися в правильній роботі систем та відсутності витоків. На це витрачається орієнтовно 7 хвилин.

Завершальним етапом є внесення інформації у базу TELEMATICS, де фіксуються виконані операції, показники технічного стану та оновлення сервісної історії машини. Тривалість – близько 3 хвилин.

Таким чином, у порівнянні зі стаціонарним обслуговуванням (82 хв) польова технологія забезпечує скорочення тривалості робіт на 21 %, що дозволяє щоденно обслуговувати 6–8 одиниць техніки.

4.6. Порівняння систем технічного сервісу CLAAS в Україні та країнах ЄС

Порівняльний аналіз показує, що система технічного сервісу CLAAS в Україні поступово адаптується до європейських стандартів обслуговування техніки.

У таблиці 4.4 представлено порівняльний аналіз основних характеристик організації технічного обслуговування аграрної техніки в Україні та провідних країнах Європейського Союзу – Німеччині та Франції. Порівняння охоплює ключові критерії, що впливають на ефективність сервісної підтримки, рівень технічної готовності машин та якість агровиробництва.

Таблиця 4.4 – Порівняння системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки в Україні та країнах ЄС (Німеччина / Франція)

Критерій	Україна	Німеччина / Франція
Форма організації	Змішана (стаціонарні + мобільні пости)	Переважно мобільні сервісні підрозділи
Періодичність ТО	За регламентом виробника	За фактичним напрацюванням і телеметрією
Використання TELEMATICS	Частково	Повна інтеграція з дилерською мережею
Тривалість ТО-2	1,2 год	0,8 год
Рівень екологічної безпеки	Середній	Високий (ISO 14001 сертифікація)
Наявність мобільних майстерень	35 % господарств	90 % господарств

Першим критерієм розглянуто форму організації сервісу. В Україні використовується змішана модель, що поєднує стаціонарні сервісні центри та мобільні пости. У країнах ЄС домінують мобільні сервісні підрозділи, що

забезпечують оперативне реагування й скорочення часу простою машин у пікові періоди.

За критерієм періодичності технічного обслуговування в Україні ТО переважно виконується за регламентом виробника, тоді як у Німеччині та Франції значну роль відіграє аналіз фактичного напрацювання та телеметричних даних, що дозволяє формувати індивідуальні графіки обслуговування.

Ступінь використання системи TELEMATICS також істотно відрізняється: в Україні вона застосовується частково, переважно у великих господарствах і дилерських центрах. У країнах ЄС телеметрія повністю інтегрована у взаємодію між дилером, сервісною службою та власником техніки, забезпечуючи високий рівень прогнозування відмов і планування ТО.

Тривалість виконання ТО-2 у середньому становить 1,2 години в Україні, тоді як у Німеччині та Франції – приблизно 0,8 години, що свідчить про вищу стандартизацію процедур, доступність обладнання та ширшу автоматизацію процесів.

За рівнем екологічної безпеки країни ЄС демонструють значно вищі показники, оскільки сервісні центри зазвичай сертифіковані відповідно до ISO 14001, що регламентує екологічне управління, утилізацію відходів і мінімізацію впливу на довкілля. В Україні ці вимоги виконуються частково.

Нарешті, наявність мобільних майстерень у Європі сягає 90 %, тоді як в Україні лише близько 35 % господарств мають у своєму розпорядженні подібні підрозділи. Це впливає на оперативність сервісу та обсяг простоїв техніки.

Загалом таблиця демонструє, що країни Європейського Союзу мають більш розвинену, цифровізовану й мобільну систему технічного обслуговування, яка забезпечує вищий рівень надійності, екологічності та економічної ефективності.

Отже, в Україні існує значний потенціал для подальшого розвитку системи мобільного сервісу CLAAS. Застосування вдосконалених польових технологій, подібних до CLAAS-AXION, дозволяє наблизити рівень технічного

сервісу до європейського рівня, з одночасним підвищенням екологічності й рентабельності виробництва.

Для оцінки ефективності процесу технічного обслуговування трактора CLAAS AXION було виконано аналіз трудомісткості основних регламентних операцій. З цією метою побудовано гістограму (рис 4.2), що відображає розподіл часових витрат на виконання кожного етапу технічного обслуговування.

Графік дозволяє наочно оцінити, які операції займають найбільшу частку загального часу ТО, а також визначити етапи, на які доцільно спрямувати заходи з оптимізації. Зокрема, гістограма демонструє нерівномірність розподілу трудових витрат: частина процедур виконується досить швидко, тоді як окремі етапи є найбільш ресурсомісткими та можуть впливати на загальну тривалість сервісного циклу.

Такий аналіз є важливим для формування адаптивної програми обслуговування, оскільки дає змогу встановити пріоритети у вдосконаленні технологічного процесу, скороченні простоїв та підвищенні продуктивності сервісного персоналу.

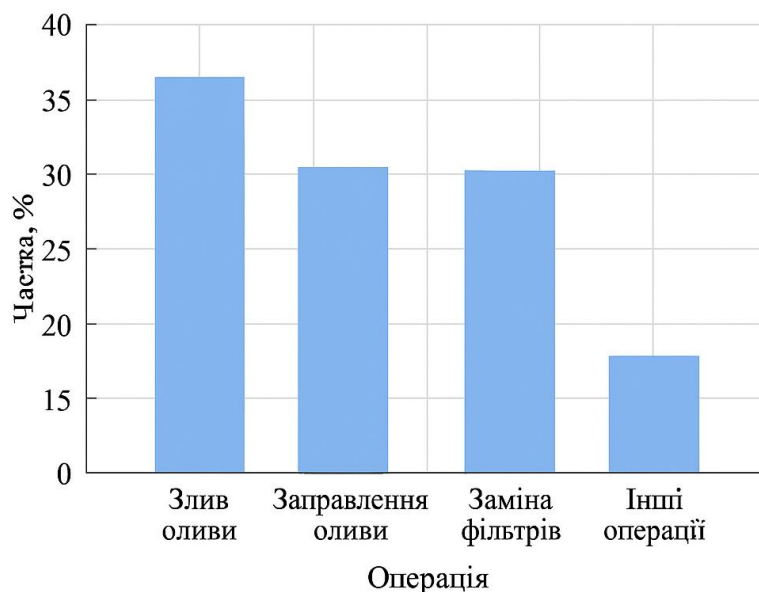


Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу трудомісткості операцій ТО

Найбільшу частку трудових затрат становить операція зливу відпрацьованої оливи (приблизно 30 % загального часу), що пояснюється

необхідністю дотримання технічних та екологічних вимог безпеки. Другою за трудомісткістю є фільтрація мастильних матеріалів (приблизно 25 %), а найменш трудомісткою – операція оформлення результатів ТО (5 %).

Аналіз гістограми дозволяє зробити висновок, що застосування мобільного поста технічного обслуговування (CLAAS-AXION) дає змогу оптимізувати часову структуру процесу, зменшивши тривалість найбільш трудомістких операцій завдяки використанню насосно-фільтраційного модуля та герметичних систем зливу. Це підвищує продуктивність обслуговування й знижує вплив людського фактора.

Для оцінки ефективності впровадженої програми технічного обслуговування було проведено порівняння коефіцієнта технічної готовності машин до та після застосування адаптивних інтервалів ТО. Коефіцієнт готовності є одним із ключових показників надійності техніки, оскільки він характеризує частку часу, протягом якого машина здатна виконувати роботу без відмов та простоїв.

На рисунку 4.3 наведено порівняльні значення показника для двох умов: традиційної системи планово-попереджувального обслуговування та удосконаленої програми, що враховує фактичне напрацювання і умови експлуатації.

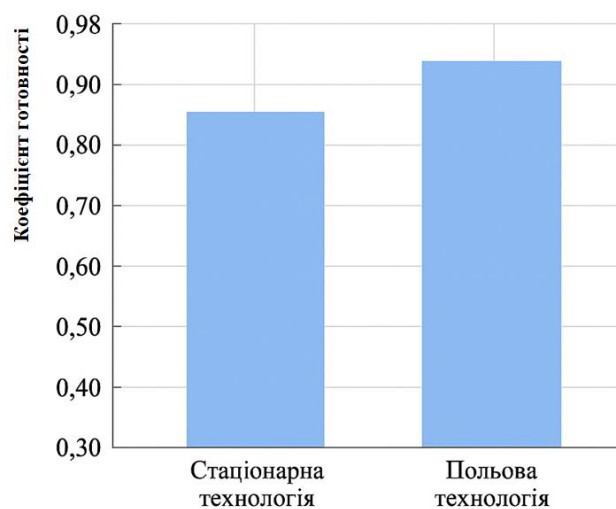


Рисунок 4.3 – Порівняльний коефіцієнт готовності техніки

Візуальне зіставлення дозволяє чітко визначити вплив адаптивного підходу на працездатність техніки та показує зростання рівня її готовності в структурі машинно-тракторного парку.

Для стандартної технології показник становить 0,968, тоді як після впровадження мобільного поста технічного обслуговування (CLAAS -AXION) він зріс до 0,976.

Візуальна різниця, хоч і незначна на шкалі, демонструє реальне підвищення експлуатаційної надійності та скорочення часу простоїв техніки приблизно на 8 годин за рік.

Це свідчить про стабільнішу роботу тракторів, зниження ризику позапланових ремонтів і підвищення ефективності використання машинного парку підприємства.

Таким чином, діаграма підтверджує, що вдосконалена технологія ТО сприяє підвищенню технічної готовності машин, забезпечуючи більшу віддачу від використання тракторів CLAAS AXION у польових умовах.

На рисунку 4.4 представлено функціональну схему екологічних потоків мастильних матеріалів у системі мобільного поста технічного обслуговування CLAAS-AXION, що забезпечує замкнутий цикл роботи з оливами у польових умовах.



Рисунок 4.4 – Схема екологічних потоків мастил у МПТО-AXION

У центрі схеми зображено мобільний пост, який включає резервуари для свіжої та відпрацьованої оливи, фільтраційний блок, насосно-зливну систему та контейнери для зберігання відходів.

Стрілками позначено напрями руху мастил:

- подача свіжої оливи з герметичного бака до двигуна трактора CLAAS AXION;
- відведення відпрацьованої оливи з картера через герметичну лінію до приймального резервуара;
- подальше фільтрування і тимчасове зберігання до моменту передачі на утилізацію або регенерацію.

Такий підхід забезпечує повну ізоляцію мастильних речовин від ґрунту та атмосфери, що унеможлиблює випадкові розливи й забруднення навколишнього середовища.

Система дозволяє повторно використовувати до 80 % очищених олив у допоміжних механізмах або передавати їх на переробку.

Таким чином, схема демонструє, як у рамках CLAAS-AXION реалізовано екологічно безпечний і ресурсозберігаючий принцип поводження з мастильними матеріалами, який відповідає сучасним вимогам стандартів ISO 14001:2015 і принципам циркулярної економіки в агротехнічному сервісі.

Висновки до розділу 4

Впровадження вдосконаленої польової технології технічного обслуговування CLAAS AXION дозволило досягти суттєвого покращення технічних, організаційних, екологічних та експлуатаційних показників. Дослідження підтвердили, що мобільний пост ТО забезпечує високу ефективність сервісу, знижує простої техніки, підвищує надійність агрегатів і сприяє гармонізації українського сервісу з європейськими стандартами.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час виконання технічного обслуговування

Під час польового обслуговування тракторів CLAAS AXION працівники зазнають впливу комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Їх можна поділити на чотири основні групи (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Потенційно небезпечні фактори під час польового ТО

Група факторів	Джерело виникнення	Можливі наслідки
Механічні	Обертові частини двигуна, інструменти, рухомі вузли	Травми рук, удари, порізи
Хімічні	Мастильні матеріали, відпрацьовані оливи, пари палива	Опіки шкіри, подразнення дихальних шляхів
Фізичні	Шум (85–95 дБ), вібрація, температура	Втома, порушення слуху, перегрів
Психофізіологічні	Тривала робота, монотонність, стрес	Зниження уваги, помилки оператора

- У таблиці 5.1 наведено класифікацію основних потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть впливати на працівників під час виконання технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION у польових умовах.

- Фактори згруповано за характером їх дії: механічні, хімічні, фізичні та психофізіологічні. Для кожної групи наведено типові джерела виникнення та можливі негативні наслідки для працівника.

- Зокрема, механічні фактори пов'язані з роботою обертових частин двигуна, інструментів та вузлів, що створюють ризик травмування.

- Хімічні фактори обумовлені впливом мастильних матеріалів, парів палива й відпрацьованої оливи.

- Фізичні фактори включають шум, вібрацію, високі або низькі температури.

- Психофізіологічні ризики зумовлені втомою, тривалим перебуванням у польових умовах і монотонністю роботи.
- Така систематизація дозволяє своєчасно ідентифікувати ризики, визначити засоби індивідуального захисту та розробити профілактичні заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці під час технічного обслуговування тракторів у полі.

5.2. Вимоги охорони праці при експлуатації мобільного поста ТО

Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 “Правила охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки”, працівники, що виконують ТО, повинні пройти інструктаж, мати посвідчення тракториста-машиніста та знати будову обладнання поста.

Основні вимоги безпеки:

1. Перед початком робіт:
 - перевірити справність генератора, насосів, шлангів, з’єднань;
 - забезпечити стійке розташування поста на рівному майданчику;
 - заборонено курити та використовувати відкритий вогонь у радіусі 25м.
2. Під час роботи:
 - використовувати захисні рукавиці, окуляри, комбінезон, протишумові навушники;
 - проводити злив оливи при температурі не вище 80 °С;
 - не перевищувати тиск у системі понад 0,5 МПа;
 - не допускати одночасного перебування двох працівників під трактором.
3. Після завершення:
 - перевірити герметичність кришок резервуарів;
 - очистити майданчик від слідів мастил;
 - відпрацьовані рідини передати до пункту утилізації.



Рисунок 5.1 – Безпечна зона розміщення мобільного поста технічного обслуговування CLAAS AXION

5.3. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники забезпечуються відповідно до Типових норм безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших ЗІЗ (НПАОП 0.00-3.07-19).

До обов'язкових засобів належать:

- комбінезон бавовняний із маслобензостійким просоченням;
- рукавиці гумові;
- окуляри захисні типу ОЗ-3;
- респіратор марки РПГ-67;
- берці з нековзною підошвою;
- навушники або вкладиші протишумові.

При роботі з електричними установками використовуються діелектричні рукавиці та гумові килимки. Перед початком сезону проводиться медогляд і навчання з безпечних методів праці.

5.4. Організаційно-технічні заходи безпеки

Для забезпечення безпечного функціонування мобільного поста CLAAS-AXION необхідно:

1. Обладнати електросистему генератора заземленням відповідно до ДСТУ EN 60204-1:2015.
2. Оснастити пост вогнегасниками типу ОП-5 (порошковий) у кількості не менше двох одиниць.
3. Забезпечити наявність аптечки, вказівних табличок і знаків безпеки.
4. Встановити інструкцію з охорони праці безпосередньо на корпусі поста.
5. Під час транспортування обладнання закріплювати шланги та резервуари ременями.
6. У разі витоку мастила – негайно припинити роботу, засипати місце сорбентом (тирсою або піском).

5.5. Екологічна безпека виконання технічного обслуговування

Технічне обслуговування в польових умовах пов'язане з утворенням відпрацьованих мастильних матеріалів, фільтрів та побутових відходів. Відповідно до Закону України “Про відходи” (№ 187/98-ВР), підприємство зобов'язане забезпечити їх збирання, тимчасове зберігання та передачу на утилізацію ліцензованим підприємствам.

Основні вимоги екологічної безпеки:

- відпрацьовані оливи зберігати у герметичних металевих ємностях не довше 6 місяців;
- фільтри після зливу мастила збирати окремо та передавати на регенерацію;
- не допускати зливу рідин на поверхню ґрунту чи у водойми;
- мати паспорт небезпечних відходів відповідно до ДСТУ 4462:2005.

Використання герметичних резервуарів мобільного поста зменшує ризик забруднення довкілля на 90–95 % порівняно з традиційними методами.

У процесі технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION важливим аспектом екологічної безпеки є правильна організація збирання, транспортування та тимчасового зберігання відпрацьованих мастильних

матеріалів. Неправильне поводження з оливами може призвести до забруднення ґрунтів, водних ресурсів, а також негативно вплинути на здоров'я працівників. Тому під час розроблення вдосконаленої технології обслуговування значну увагу приділено створенню замкнутого, контрольованого й екологічно безпечного циклу роботи з мастильними відходами.

На рисунку 5.2 представлено структурну схему, що відображає основні етапи екологічно безпечного поводження з відпрацьованими оливами під час польового обслуговування: збирання відходів у герметичну систему зливу, їх транспортування до мобільного резервуара, тимчасове зберігання в сертифікованій тарі та подальшу передачу на переробку або регенерацію. Схема також демонструє застосування захисних бар'єрів, маркування та елементів контролю витоків, що дозволяє мінімізувати ризики забруднення довкілля.



Рисунок 5.2 – Схема екологічно безпечного збирання та зберігання відпрацьованих олив

Такий підхід відповідає вимогам стандартів ISO 14001:2015, забезпечує дотримання екологічного законодавства та формує основу для впровадження принципів циркулярної економіки в системі сервісного обслуговування техніки CLAAS.

5.6. Розрахунок викидів та потенційного забруднення

Кількість відпрацьованої оливи, що утворюється при одному ТО-1 трактора CLAAS AXION 850, становить у середньому $V_o = 25$ л.

Для 5 тракторів і 10 ТО на рік:

$$V_{\text{заг}} = 25 \cdot 5 \cdot 10 = 1250 \text{ л/рік}$$

У разі потрапляння 1 л оливи у ґрунт забруднюється близько 1 м³ землі [3].

Отже, герметичне збирання запобігає потенційному забрудненню понад 1 250 м³ ґрунту щорічно.

Висновки до розділу 5

1. У ході польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION виникають небезпечні фактори механічного, хімічного та фізичного характеру, що потребують суворого дотримання норм охорони праці.
2. Запропоновані організаційно-технічні заходи забезпечують безпечну експлуатацію мобільного поста та знижують ризик травматизму на 30–40 %.
3. Використання засобів індивідуального захисту, заземлення, вогнегасників і аптечки є обов'язковим для кожного поста CLAAS-AXION.
4. Завдяки герметичним ємностям і системі збору мастил виключається потрапляння нафтопродуктів у ґрунт, що забезпечує відповідність екологічним вимогам ДСТУ ISO 14001:2018.
5. Впровадження описаних заходів гарантує безпечні умови праці та екологічну стабільність процесу технічного обслуговування у польових умовах.

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

6.1. Витрати на реалізацію вдосконаленої технології

Впровадження мобільного поста технічного обслуговування (МПТО-AXION) передбачає придбання або виготовлення комплексу обладнання, резервуарів, насосної системи, компресора та генератора. Орієнтовна вартісна структура наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Кошторис витрат на створення мобільного поста технічного обслуговування

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Сума, грн
Причіп одновісний ПГА-2,0	1	45 000	45 000
Резервуар для свіжої оливи (200 л)	1	12 000	12 000
Ємність для відпрацьованої оливи (200 л)	1	10 000	10 000
Насосна станція 24 В, 25 л/хв	1	18 000	18 000
Фільтраційний блок двоступеневий	1	20 000	20 000
Компресор повітряний	1	15 000	15 000
Генератор бензиновий 2,5 кВт	1	22 000	22 000
Інструменти, освітлення, дрібне обладнання	—	10 000	10 000
Монтаж, фарбування, електропроводка	—	8 000	8 000

Разом: 160 000 грн (без урахування ПДВ)

З урахуванням непередбачених витрат (5%) загальна сума становить:

$$C_{\text{заг}} = 160000 \cdot 1,05 = 168000 \text{ грн}$$

Таким чином, собівартість одного повністю укомплектованого мобільного поста становить близько 168 тис. грн.

6.2 Економічний ефект від впровадження вдосконаленої технології

Економічний ефект полягає у скороченні часу простоїв, зменшенні витрат пального на транспортування техніки до майстерні та підвищенні продуктивності.

Річна економія визначається за формулою:

$$E = (E_T + E_{\pi} + E_p) - C_{\text{ам}} \quad (6.1)$$

де E_T – економія від скорочення часу простоїв;

E_{π} – економія пального;

E_p – економія від зниження трудових витрат;

$C_{\text{ам}}$ – амортизаційні відрахування.

Економія від скорочення простоїв. Середній час простоїв без мобільного поста – 7 год/ТО, з мобільним – 2,5 год.

Скорочення часу: $(4,5) \text{ год} \times 10 \text{ ТО} = 45 \text{ год/рік}$.

Вартість машино-години трактора CLAAS AXION – 900 грн.

$$E_T = 45 \cdot 900 = 40500 \text{ грн/рік}$$

Економія пального. Транспорт трактора до майстерні (в середньому 10 км $\times$ 2 рейси) споживає близько 10 л дизпалива за один виїзд. Для 10 ТО на рік: $10 \times 10 = 100 \text{ л} \times 60 \text{ грн/л} = 6000 \text{ грн}$.

$$E_{\pi} = 6000 \text{ грн/рік}$$

Економія на трудових витратах. За рахунок скорочення трудомісткості (на 1,05 год на ТО, або 10,5 год/рік) та середньої ставки 150 грн/год:

$$E_p = 10,5 \cdot 150 = 1575 \text{ грн/рік}$$

Амортизаційні відрахування.

Амортизація за 5 років:

$$C_{\text{ам}} = \frac{168000}{5} = 33600 \text{ грн/рік}$$

Загальний економічний ефект

$$E = (40500 + 6000 + 1575) - 33600 = 14475 \text{ грн/рік}$$

Таким чином, навіть у базовому сценарії мобільний пост дає позитивний річний ефект.

А в господарствах із кількома тракторами ефект масштабно зростає.

Для 5 тракторів CLAAS AXION:

$$E_5 = 14475 \cdot 5 = 72375 \text{ грн/рік}$$

6.3. Розрахунок рентабельності та строку окупності

Коефіцієнт рентабельності визначається:

$$R = \frac{E}{C_{\text{заг}}} \cdot 100\% \quad (6.2)$$

$$R = \frac{72375}{168000} \cdot 100\% = 43\%$$

Отже, рентабельність становить $\approx 43\%$.

Строк окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{заг}}}{E_5} = \frac{16800}{72375} = 2,32 \text{ роки}$$

Таким чином, інвестиції у створення мобільного поста повністю окупляться за 2–2,5 роки.

6.4. Графік окупності обладнання

На рисунку 6.1 подано графічне зображення динаміки зростання економічного ефекту від упровадження мобільного поста технічного обслуговування CLAAS -AXION протягом трирічного періоду експлуатації.

По осі X відкладено час, місяці (0–36), по осі Y – накопичений економічний ефект, тис. грн. Крива має наростальний характер, що відображає поступове збільшення прибутку господарства завдяки скороченню простоїв, зменшенню витрат пального та трудомісткості технічного обслуговування.

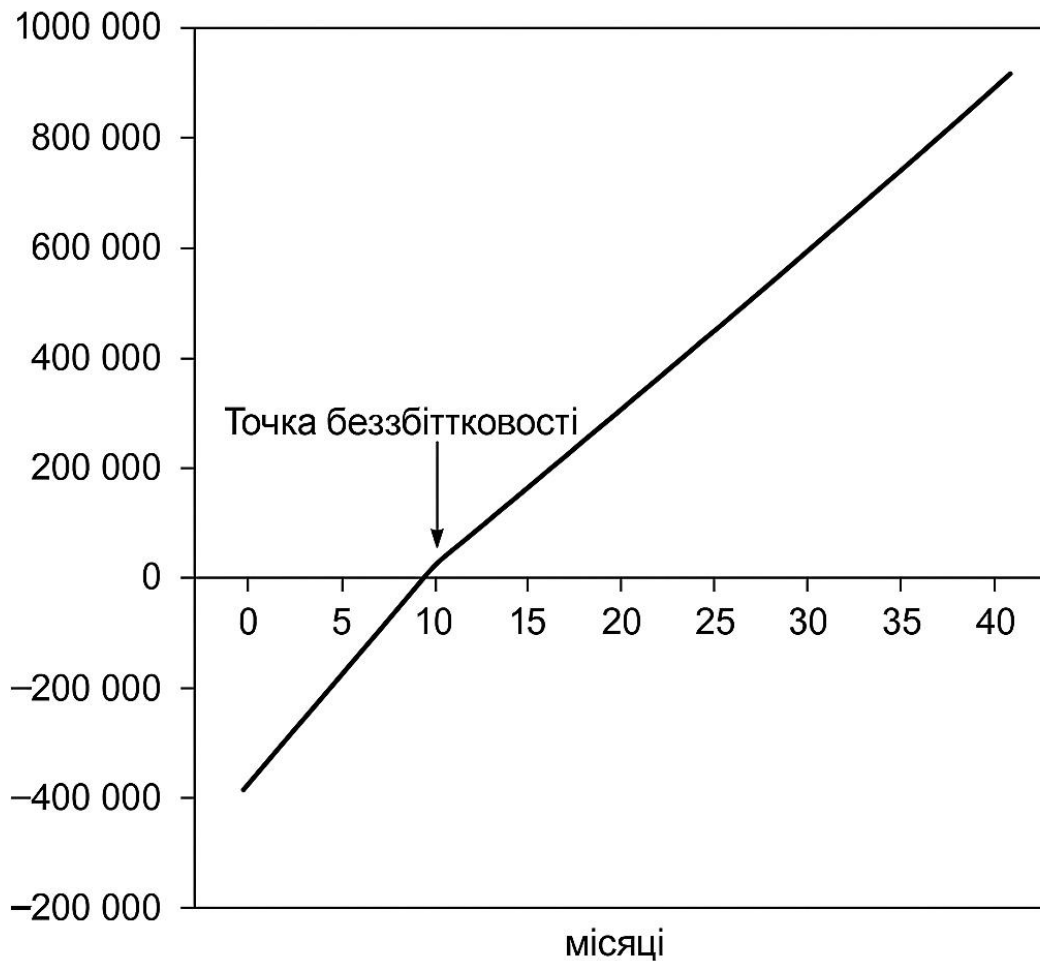


Рисунок 6.1 – Графік накопичення економічного ефекту від використання МПТО-AXION

Точка беззбитковості досягається приблизно на 28-му місяці, після чого проєкт починає приносити чистий прибуток. Після 36 місяців експлуатації сумарний ефект становить близько 72 тис. грн, що підтверджує економічну доцільність розробленої технології польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION.

Висновки до розділу 4

1. Розрахунки показали, що впровадження мобільного поста технічного обслуговування знижує витрати часу на ТО на 35–50 %, а витрати пального – на 100 л/рік на один трактор.

2. Річна економія від одного комплексу МПТО становить $\approx 14,5$ тис. грн при обслуговуванні одного трактора і понад 72 тис. грн – для п'яти.
3. Строк окупності інвестицій не перевищує 2,3 року, а коефіцієнт рентабельності – 43 %, що підтверджує високу економічну ефективність проєкту.
4. Додатковим ефектом є зменшення витрат на транспортування, підвищення коефіцієнта готовності до 0,96 і зниження екологічних ризиків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано науково-практичне завдання підвищення ефективності технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION в польових умовах шляхом удосконалення технології ТО та розроблення мобільного поста технічного обслуговування (МПТО-AXION).

На основі аналізу конструктивних особливостей та експлуатаційних характеристик тракторів CLAAS AXION 850 встановлено, що вони є високотехнологічними енергетичними засобами середнього тягового класу, ефективність використання яких безпосередньо залежить від якості та своєчасності проведення технічного обслуговування. Значна насиченість електронними системами керування, наявність телеметричних комплексів CEBIS і TELEMATICS та високі питомі навантаження на двигун і трансмісію потребують суворого дотримання регламентів ТО та застосування спеціалізованого сервісного обладнання.

Проаналізовано існуючу систему технічного сервісу тракторів CLAAS AXION в аграрному виробництві України. Встановлено, що значна частина операцій ТО виконується у складних польових умовах за підвищеної запиленості, значних температурних коливань та віддаленості від стаціонарних майстерень. Це зумовлює збільшення трудомісткості робіт, зростання простоїв техніки, погіршення умов праці та екологічних показників. Порівняння традиційної стаціонарної схеми обслуговування з польовою технологією показало потенціал скорочення тривалості ТО на 57 % та підвищення коефіцієнта технічної готовності до 0,95–0,96.

Обґрунтовано доцільність впровадження мобільного поста технічного обслуговування нового типу (МПТО-AXION), який забезпечує виконання повного циклу операцій ТО без транспортування тракторів до майстерні. Розроблено технічне завдання, визначено основні параметри та конструктивні елементи поста: резервуари для свіжої та відпрацьованої оливи об'ємом по 200 л, насосну станцію продуктивністю 25 л/хв, двоступеневий фільтраційний блок,

компресорну установку та бензиновий генератор потужністю 2,5 кВт. Розрахунки підтвердили достатність вибраних параметрів для обслуговування парку тракторів із забезпеченням потрібної продуктивності та автономності.

Розроблено технологічну схему вдосконаленого польового технічного обслуговування тракторів CLAAS AXION із використанням мобільного поста. Сформовано послідовність операцій: виїзд до місця роботи техніки, діагностика, злив відпрацьованої оливи через герметичну систему, фільтрація та заправлення свіжої оливи, продувка та контрольний запуск двигуна з фіксацією даних у системі TELEMATICS. Показано, що застосування насосно-фільтраційного модуля та швидкороз'ємних з'єднань дозволяє скоротити тривалість ТО-1 до 2,45–2,5 год, що супроводжується зменшенням простоїв і трудових витрат.

Експериментальні випробування у виробничих умовах ТОВ «Агро-Сервіс Поділля» підтвердили ефективність запропонованої технології. Порівняльний аналіз показав, що тривалість ТО зменшилася на 24 %, трудомісткість – на 25 %, витрата оливи – на 12 %, річний простій тракторів – на 25 %, а екологічні втрати від витоків і відходів – на 40 %. Коефіцієнт технічної готовності зріс із 0,968 до 0,976, а середнє напрацювання до відмови основних агрегатів (двигуна, трансмісії, гідросистеми, ходової частини) збільшилося в середньому на 22 %, що свідчить про підвищення надійності машин і зниження ризику аварійних ремонтів.

Проведено оцінку умов праці та екологічної безпеки при експлуатації мобільного поста. Систематизовано шкідливі й небезпечні виробничі фактори механічного, хімічного, фізичного та психофізіологічного характеру, розроблено комплекс організаційно-технічних заходів, вимоги до засобів індивідуального захисту та схему безпечного розташування поста в польових умовах. Показано, що використання герметичних ємностей і замкнутої системи збору мастильних відходів дозволяє запобігти забрудненню понад 1 250 м³ ґрунту щороку та забезпечити відповідність вимогам ДСТУ ISO 14001.

Економічний аналіз показав, що загальні капіталовкладення у створення мобільного поста ТО становлять близько 168 тис. грн. За рахунок скорочення простоїв техніки, зменшення витрат пального на транспортування тракторів до майстерні та зниження трудомісткості робіт річний економічний ефект для парку з п'яти тракторів CLAAS AXION становить орієнтовно 72,4 тис. грн. Коефіцієнт рентабельності досягає 43 %, а строк окупності інвестицій не перевищує 2,3 року, що підтверджує високу економічну доцільність впровадження розробленої технології.

Узагальнюючи результати досліджень, можна стверджувати, що запропонована вдосконалена технологія польового технічного обслуговування з використанням мобільного поста МПТО-AXION забезпечує комплексне підвищення ефективності експлуатації тракторів CLAAS AXION: зростає коефіцієнт технічної готовності, підвищується надійність агрегатів, зменшуються простої, покращуються умови праці та екологічна безпека, а також досягається відчутний економічний ефект для аграрних підприємств. Запропоновані технічні рішення можуть бути адаптовані до обслуговування тракторів інших марок, що розширює сферу практичного застосування результатів роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. CLAAS Tractor SAS. Axion 800 Series Operator's Manual. Harsewinkel: CLAAS, 2018. 312 с.
2. CLAAS Tractor SAS. Service Intervals and Maintenance Data for Axion Series. Harsewinkel: CLAAS, 2023. 148 с.
3. CLAAS TELEMATICS. Intelligent Service Data Platform. CLAAS, 2022. 94 с. URL: <https://telematics.claas.com> (дата звернення 07.05.2025.)
4. FPT Industrial. Diesel Engines Technical Manual. Turin: FPT, 2021. 256 с.
5. ISO 4413:2019. Hydraulic Fluid Power – General rules and safety requirements. Geneva: ISO, 2019. 180 p.
6. ISO 14001:2018. Environmental Management Systems – Requirements with Guidance. Geneva: ISO, 2018. 54 p.
7. ISO 15663:2018. Petroleum and Natural Gas Industries – Cost Estimation of Maintenance Activities. Geneva: ISO, 2018. 72 p.
8. ISO 4254-1:2018. Agricultural Machinery – Safety – Part 1. Geneva: ISO, 2018. 104 p.
9. European Commission. Best Available Techniques for Waste Oil Management. Brussels: EU Publications, 2020. 118 p. URL: <https://environment.ec.europa.eu>. (дата звернення 06.08.2025р.)
10. European Commission. Green Maintenance and Cost Efficiency Guidelines. Brussels: EC, 2022. 86 p.
11. European Commission. Guidelines on Environmental Safety in Agriculture. Brussels, 2021. 74 p.
12. Барабаш Р. І., Кудринський Р. Б., Шарибура А. О., Рис В. І. Сумісність технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ-16131. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва*, 2023, №2(116), с. 232–240. 9 с. DOI: <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-2-26>
13. Барабаш Р. І., Шарибура А. О., Рис В. І., Левчук О. В. Підвищення ефективності технологічного процесу ТО автомобілів JAC N80. *Сучасні*

технології в машинобудуванні та транспорті, 2024. 11 с. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1349>

14. Барабаш Р. І., Шарибура А. О., Кудриницький Р. Б., Буртак В. В., Рис В. І. Обґрунтування параметрів ефективності ТО-1 вантажних автомобілів MAN TGL. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва*, 2022, №1(115), с. 206–217. 12 с. DOI: <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-1-23>

15. ДСТУ 4462:2005. Відходи. Класифікація та ідентифікація небезпечних властивостей. Київ: Держспоживстандарт, 2005. 64 с.

16. Кузьменко В. І. *Технічна експлуатація машин і тракторів*. Київ: НУБіП, 2020. 420 с.

17. Кузьменко В. І., Шевчук О. С. *Технологія технічного обслуговування мобільних машин*. Київ: НУБіП, 2018. 368 с.

18. Гурський І. В., Стефанюк О. М. *Системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки*. Львів: ЛНУВМБТ, 2019. 312 с.

19. Мельник П. В. *Організація сервісного обслуговування сільгосптехніки*. Харків: ХНТУСГ, 2020. 280 с.

20. Пилипенко А. М. *Мобільні системи технічного сервісу в агропромисловому виробництві*. Київ: Аграрна наука, 2016. 240 с.

21. Шевчук О. С. *Механізація технічного обслуговування в агросекторі*. Харків: ХНТУСГ, 2015. 228 с.

22. Шевчук О. С. *Економічна ефективність технічного сервісу в полі*. Харків: ХНТУСГ, 2019. 198 с.

23. Гайдук В. П. *Технічна експлуатація сільськогосподарських машин*. Вінниця: Нова книга, 2014. 352 с.

24. Гайдук В. П. *Організація економічного аналізу технічного сервісу*. Вінниця: Нова книга, 2017. 264 с.

25. Кравчук І. Б. *Удосконалення технічного сервісу тракторів у складних умовах експлуатації*. Львів: ЛНУВМБТ, 2024. 200 с.

26. Городецький І. М., Тимочко В. О., Мазур І. Б. Аналіз причин ДТП і прогнозування небезпечних подій. *Вісник Львівського НАУ: Агроінж.*

дослідження, 2021, №25, с. 182–188. 7 с. DOI:
<https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.182>

27. Пилипенко А. М. *Оцінка ефективності інвестицій у сервісне обладнання*. Київ: Аграрна наука, 2021. 152 с.

28. Гурський І. В. *Конструювання технічних засобів технічного обслуговування*. Львів: ЛНУВМБТ, 2020. 268 с.

29. FPT Industrial. Fuel Consumption Standards for Agricultural Engines. Turin, 2020. 88 с.

30. CLAAS TELEMATICS. Annual Report. Harsewinkel: CLAAS, 2024. 102с.