

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 ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ СТРУКТУРИ
ПУНКТІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТРАКТОРІВ ХТЗ КЛАСУ 0,9»

Виконав: студент групи Аін-61
Спеціальності 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

Кручак Михайло Ігорович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Барабаш Р.І.
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

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 ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

к.т.н., доц. А.О. Шарибура

“ ____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту
Кручаку Михайлові Ігоровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9»

Керівник роботи: к.т.н., доцент Барабаш Руслан Іванович

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

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Рекомендації по використанню тракторів сімейства ХТЗ; технічні карти на передпродажне і технічне обслуговування тракторів ХТЗ; рекомендації по експлуатації тракторів сімейства ХТЗ; каталог деталей тракторів сімейства ХТЗ; типові норми часу на ремонт та обслуговування тракторів ХТЗ.

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

1. Аналіз стану технічного обслуговування тракторів ХТЗ

2. Обґрунтування виробничої програми ПТО

3. Проектування виробничої структури пункту ТО

4. Охорона праці та захист навколишнього середовища

5. Техніко-економічне обґрунтування проєкту

Висновки та пропозиції

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Тема, мета, об'єкт дослідження, предмет дослідження та задачі дослідження; 2. Аналіз та вибір оптимального типу ПТО; 3. Проектування виробничої структури пункту ТО; 4. Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності тракторів ХТЗ класу 0,9 для боронування; 5. Графіки залежності коефіцієнта технічної готовності та річної

продуктивності від напрацювання для боронування; 6. Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності тракторів ХТЗ класу 0,9 для міжрядного обробітку; 7. Графіки залежності коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності від напрацювання для міжрядного обробітку; 8. Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності тракторів ХТЗ класу 0,9 для сівби; 9. Графіки залежності коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності від напрацювання для сівби; 10. Висновки та пропозиції.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Барабаш Р.І., к.т.н., доцент, кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича		
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		
5	Барабаш Р.І., к.т.н., доцент, кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича		

7. Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання розділу: «Аналіз стану технічного обслуговування тракторів ХТЗ»	28.02.25-31.03.25	
2	Виконання другого розділу: «Обґрунтування виробничої програми ПТО»	01.04.25-10.05.25	
3	Виконання третього розділу: «Проектування виробничої структури пункту ТО»	11.05.25-30.06.25	
4	Написання розділу: «Охорона праці та захист навколишнього середовища»	01.07.25-10.08.25	
5	Оцінка ефективності впровадження результатів дослідження у виробництво	11.08.25-30.09.25	
6	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та мультимедійної презентації	01.10.25-31.10.25	
7	Завершення роботи в цілому	01.11.25-01.12.25	

Студент _____ Кручак М.І.
(підпис)

Керівник роботи _____ Барабаш Р.І.
(підпис)

УДК: 631.372.004

Кручак М.І. «Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9». Дипломна робота. Дубляни. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2025. 73 с.

табл. 42; рис. 15; бібліогр. джерел 40.

Магістерська робота присвячена дослідженню та обґрунтуванню виробничої структури пункту технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 з урахуванням вимог сучасного аграрного виробництва. У роботі проаналізовано стан машинно-тракторного парку, особливості конструкції тракторів досліджуваного класу, а також сучасні підходи до організації технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

На основі аналізу експлуатаційних даних та нормативної документації визначено річну програму технічного обслуговування, розраховано періодичність регламентних робіт, їх трудомісткість та необхідні виробничі ресурси. Запропоновано структуру комбінованого пункту технічного обслуговування, що включає стаціонарні та мобільні елементи сервісу, визначено склад виробничих підрозділів, чисельність персоналу та потребу в технологічному обладнанні.

У роботі наведено заходи щодо забезпечення безпеки праці та мінімізації впливу виробничих процесів на навколишнє середовище. Застосовано логікоімітаційні методи та експертні процедури для виявлення небезпечних факторів під час проведення операцій технічного обслуговування та визначення пріоритетності заходів захисту.

Проведено техніко-економічну оцінку ефективності проєкту. Розраховано капітальні вкладення, експлуатаційні витрати, собівартість і вартість технічного обслуговування. Визначено рентабельність діяльності, операційний прибуток та строк окупності інвестицій. Отримані результати підтверджують економічну доцільність впровадження запропонованої структури ПТО та її ефективність для аграрних підприємств.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ ХТЗ	8
1.1 Сучасний стан парку тракторів ХТЗ класу 0,9 в аграрному виробництві	8
1.2 Аналіз системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки	10
1.3 Особливості конструкції та експлуатації тракторів ХТЗ класу 0,9	13
1.4 Вимоги до організації пунктів технічного обслуговування	17
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	21
2.1 Вихідні дані для розрахунків	21
2.2 Визначення кількості тракторів, що обслуговуються	23
2.3 Розрахунок періодичності та трудомісткості видів ТО	26
2.4 Розрахунок річного обсягу робіт пункту ТО	28
3. ПРОЄКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ СТРУКТУРИ ПУНКТУ ТО	31
3.1 Вибір типу пункту технічного обслуговування (стаціонарний, пересувний, комбінований)	31
3.2 Визначення виробничих підрозділів і постів	33
3.3 Розрахунок кількості робочих місць і персоналу	37
3.4 Підбір основного технологічного обладнання	39
3.5 Розрахунок площі виробничих приміщень	41
3.6 Аналіз технічної готовності та виробничої продуктивності трактора	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54
4.1 Загальні положення	54
4.2 Логікоімітаційне моделювання	55
4.3 Метод експертного оцінювання операцій ТО тракторів	57

	5
<i>4.4 Методом експертного ранжирування операцій ТО тракторів</i>	60
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	63
<i>5.1 Розрахунок капітальних вкладень на організацію пункту ТО</i>	63
<i>5.2 Визначення собівартості технічного обслуговування</i>	65
<i>5.3 Оцінка економічної ефективності впровадження запропонованої структури</i>	
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	
71	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток агропромислового комплексу України вимагає підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку, що є одним із ключових факторів збільшення продуктивності праці та зниження собівартості сільськогосподарської продукції. Значну частку цього парку становлять трактори Харківського тракторного заводу (ХТЗ) класу 0,9, які широко застосовуються для виконання основних і допоміжних польових робіт.

Рациональна організація технічного обслуговування зазначених машин має вирішальне значення для забезпечення їх надійної експлуатації, зменшення простоїв та продовження строку служби. Водночас існуюча система технічного обслуговування потребує вдосконалення з урахуванням сучасних технологічних можливостей, техніко-економічних умов і тенденцій розвитку сервісної інфраструктури.

Тому наукове обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності роботи технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

Метою роботи є обґрунтування раціональної виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9, яка забезпечує оптимальне використання трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан системи технічного обслуговування тракторів у сільському господарстві.
2. Дослідити конструктивні та експлуатаційні особливості тракторів ХТЗ класу 0,9.
3. Визначити виробничу програму пункту технічного обслуговування з урахуванням обсягів робіт і режиму експлуатації техніки.
4. Розробити оптимальну виробничу структуру пункту технічного обслуговування та підібрати необхідне технологічне обладнання.

5. Провести техніко-економічне обґрунтування ефективності запропонованої структури пункту.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 у системі технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

Предметом дослідження є виробнича структура пунктів технічного обслуговування, її організаційно-технологічні параметри та вплив на ефективність технічного сервісу.

Методи дослідження

У роботі використано комплекс методів дослідження:

- аналітичний – для узагальнення теоретичних положень і аналізу науково-технічної літератури;
- розрахунково-аналітичний – для визначення виробничої програми, трудомісткості та обсягів робіт;
- порівняльний – для оцінювання ефективності різних варіантів виробничих структур;
- графоаналітичний – для побудови планувальних схем пунктів технічного обслуговування;
- економічний аналіз – для визначення економічної доцільності запропонованих рішень.

Наукова новизна

У результаті виконання роботи розроблено методичні підходи до обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 з урахуванням реальних експлуатаційних умов і вимог сучасного технічного сервісу. Запропоновано оптимальне співвідношення між кількістю постів, персоналу та технічного обладнання, що забезпечує мінімізацію витрат при збереженні високої якості обслуговування.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ ХТЗ

1.1. Сучасний стан парку тракторів ХТЗ класу 0,9 в аграрному виробництві

Парк тракторів Харківського тракторного заводу (ХТЗ) тягового класу 0,9 (далі – ТК 0,9) зберігає істотну роль у машинно-тракторному забезпеченні дрібних і середніх агровиробників. Ці машини орієнтовані на виконання широкого спектра технологічних операцій малої та середньої енергоємності (передпосівний і міжрядний обробіток ґрунту, транспортні роботи, легкі збиральні та допоміжні операції), що зумовлює їхню затребуваність у структурі механізованих робіт.

Структура та віковий склад. Для зазначеного сегмента характерний змішаний парк: поряд із відносно новими одиницями експлуатується значна кількість машин із тривалим строком служби. Переважає «розшарування» за напрацюванням: частина тракторів працює епізодично (сезонно), тоді як інша частина має високі річні навантаження, виконуючи транспортні та допоміжні операції протягом усього року. Вікове «старіння» парку супроводжується ростом питомої трудомісткості технічного обслуговування (ТО) та ремонтів, а також збільшенням номенклатури дрібних відмов.

Умови та режими експлуатації. Особливістю використання тракторів ТК 0,9 є висока сезонність і нерівномірність завантаження: пікові інтервали навантаження припадають на весняно-польові та жнивварські кампанії. У міжсезоння трактори залучаються до транспортних і підсобних робіт, що створює змінні термодинамічні та вібраційні навантаження на вузли, підвищуючи вимоги до профілактичних операцій і мастильного обслуговування.

Надійність і безвідмовність. Для машин із великим напрацюванням характерна підвищена частота відмов елементів паливної апаратури, гідросистеми, електрообладнання та широкого спектра ущільнень. Типові «слабкі місця» зумовлені як конструктивними особливостями (простота й ремонтпридатність за одночасно невисокої віброізоляції), так і умовами експлуатації (пил, перепади температур, неякісні ПММ). Інтенсивність відмов

доцільно характеризувати показником (λ) (відмов/1000 мото-год), а загальний рівень експлуатаційної готовності – коефіцієнтом технічної готовності:

$$K_{TG} = \frac{T_{роб}}{T_{роб} + T_{простоїв}}, \quad (1.1)$$

де $T_{роб}$ – календарний фонд часу роботи, $T_{простоїв}$ – сумарні простої через ТО і ремонт. Для «здорового» парку дрібних тракторів цільовим вважається $K_{TG} \geq 0,92-0,95$ за умови дотримання регламентів ТО.

Технічне обслуговування та сервісна інфраструктура. Переважає змішана модель сервісу: планово-попереджувальне ТО на базі господарств поєднується з виїзними роботами сервісних бригад і залученням приватних майстерень. Практика свідчить, що для ТК 0,9 економічно доцільні мобільні форми обслуговування (пересувні пости, мікро-СТО), оскільки вони мінімізують логістичні втрати та простої в пікові періоди. Водночас низька стандартизованість обладнання на таких постах і нерівномірність їхнього завантаження потребують кращого планування виробничих програм і уніфікації технологічного оснащення.

Матеріально-технічне забезпечення та запасні частини. Доступність оригінальних і ліцензованих комплектувальних поєднується з широким використанням аналогів. Це знижує прямі витрати, але створює ризики розбіжностей у ресурсі та якості. Організаційно виправданою є система «мінімально необхідного складу» швидкозношуваних елементів і вузлів (фільтри, ремені, ущільнення, наконечники тяг, електрокомпоненти), що дозволяє скоротити час простою під час ТО-1/ТО-2 і ТО-3.

Економічні аспекти експлуатації. Для тракторів ТК 0,9 значну питому вагу становлять витрати на ПММ і профілактичні операції. Оптимізація інтервалів заміни мастил і фільтрів, застосування регламентних діагностичних перевірок (компресія, параметри ТНВД, тиск і витрата в гідросистемі, перевірка генератора та стартерної ланки) дають відчутний ефект зниження експлуатаційних витрат, особливо на тлі старіння парку.

Тенденції модернізації та цифровізації. У сегмент поступово впроваджуються недорогі телематичні рішення (облік мото-годин, моніторинг витрати ПММ, геозонування), спрощені датчики стану (вібрації, температури, тиску), а також регламенти «обслуговування за станом» для критичних вузлів. Це створює передумови для переходу від суто планового ТО до комбінованої моделі, коли частина операцій виконується за фактичними показниками зношування.

Ключові показники для подальших розрахунків. Для обґрунтування виробничої структури пунктів ТО доцільно зафіксувати і надалі використовувати такі індикатори:

- середнє річне напрацювання одного трактора, H_p мото-год/рік;
- коефіцієнт використання парку за часом, $K_{вч} = T_{факт} / T_{календар}$;
- середня трудомісткість ТО-1/ТО-2/ТО-32, $t_{ТО1}$, $t_{ТО2}$, $t_{ТО3}$ (люд-год);
- інтенсивність відмов λ (відмов/1000 мото-год) та середній час відновлення $T_{відн}$;
- коефіцієнт оновлення парку $K_{он} = N_{введ} / N_{серед}$.

Систематизація зазначених характеристик дозволить у розділах 2–3 сформулювати виробничу програму пункту ТО (обсяг операцій, норми часу, сезонні піки), визначити оптимальну кількість постів і персоналу, підібрати технологічне обладнання та обґрунтувати площі. З урахуванням сезонності, вікового складу та реальних режимів експлуатації тракторів ХТЗ ТК 0,9 раціональною є гнучка сервісна інфраструктура, що поєднує стаціонарні й мобільні елементи, підтримує високий $K_{тг}$ і мінімізує непродуктивні простой техніки.

1.2. Аналіз системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки

Ефективність функціонування машинно-тракторного парку аграрного виробництва значною мірою залежить від рівня організації та якості технічного обслуговування (ТО). Система ТО є сукупністю взаємопов'язаних технічних, організаційних і економічних заходів, спрямованих на підтримання техніки в

працездатному стані протягом усього періоду експлуатації. Вона визначає не лише рівень надійності машин, а й економічні показники діяльності господарств.

Система технічного обслуговування сільськогосподарської техніки базується на принципах планово-попереджувального обслуговування, яке передбачає проведення регламентних робіт через певні інтервали напрацювання машин. Основною метою системи є запобігання відмовам, зниження інтенсивності зносу вузлів і агрегатів, продовження ресурсу та зменшення простоїв техніки.

Залежно від виду та періодичності розрізняють такі форми ТО:

- Щоденне технічне обслуговування (ЩТО) – виконується перед або після роботи й передбачає контроль рівнів рідин, стану кріплень, мастило рухомих з'єднань.
- ТО-1 – спрямоване на забезпечення справності агрегатів, змащування, очищення та регулювання механізмів, перевірку гальмівної та паливної систем.
- ТО-2 – передбачає більш глибоке втручання: діагностику, часткове розбирання вузлів, заміну окремих елементів.
- Сезонне технічне обслуговування (СТО) – проводиться під час переходу техніки з літнього на зимовий режим експлуатації та навпаки.

Для складних і енергонасичених машин система ТО передбачає також технічну діагностику – визначення технічного стану агрегатів без розбирання. Сучасні методи діагностики включають віброакустичний, температурний, електротестовий і спектральний аналіз мастил.

Організаційно система ТО в сільському господарстві реалізується через мережу стаціонарних і пересувних пунктів технічного обслуговування, ремонтно-обслуговуючих підприємств, сервісних станцій і фірмових центрів виробників техніки.

- Стаціонарні пункти ТО функціонують на базі великих агропідприємств і забезпечують повний цикл обслуговування машин: від діагностики до ремонту середньої складності.

- Пересувні пункти (мобільні бригади) застосовуються для оперативного обслуговування машин безпосередньо на місці їх експлуатації, що особливо важливо в період сезонних польових робіт.

- Фірмові сервісні центри виконують гарантійне та післягарантійне обслуговування нової техніки відповідно до стандартів виробника.

Таке поєднання забезпечує комплексний підхід до обслуговування машин різних типів і вікових груп, проте вимагає координації між суб'єктами технічного сервісу.

Основою функціонування системи є нормативно-технічна база, до якої входять ДСТУ, технічні умови, методики проведення ТО та ремонту, інструкції заводів-виробників. Нормативи визначають періодичність обслуговувань, трудомісткість операцій, перелік інструментів і технологічних карт.

Крім того, впроваджуються елементи інформаційно-аналітичних систем управління ТО, які дозволяють вести електронний облік машин, контролювати напруження, своєчасність проведення обслуговувань і витрати матеріалів.

Незважаючи на формальну наявність розгалуженої мережі сервісних структур, на практиці в Україні спостерігаються такі проблеми:

- зниження технічного рівня обслуговуючих пунктів, нестача сучасного діагностичного обладнання;
- низька кваліфікація персоналу та порушення регламентів обслуговування;
- дефіцит оригінальних запасних частин, що спричиняє використання несертифікованих аналогів;
- відсутність єдиної інформаційної системи обліку та планування технічних робіт;
- нерівномірне завантаження пунктів ТО через сезонність робіт.

Такі недоліки призводять до зниження коефіцієнта технічної готовності машинно-тракторного парку та зростання непродуктивних простоїв.

Сучасний етап розвитку системи технічного обслуговування характеризується переходом до комбінованої моделі сервісу, що поєднує

планово-попереджувальні заходи з елементами обслуговування за технічним станом. Активно впроваджуються:

- комп'ютерні системи діагностики та моніторингу технічного стану;
- телематичні платформи для дистанційного контролю за експлуатаційними параметрами тракторів;
- технології ресурсозбереження, зокрема оптимізація інтервалів заміни мастил;
- автоматизоване планування завантаження постів і персоналу на базі цифрових моделей пунктів ТО.

Впровадження таких рішень сприяє зменшенню трудомісткості обслуговувань, скороченню часу простоїв техніки та підвищенню економічної ефективності виробничих процесів.

Система технічного обслуговування сільськогосподарської техніки перебуває в процесі трансформації – від традиційної планово-попереджувальної до інтегрованої сервісно-аналітичної моделі. Її розвиток має ґрунтуватися на принципах діагностування за станом, цифрового моніторингу, мобільності обслуговуючих підрозділів та оптимального використання ресурсів. Подальше вдосконалення системи вимагає наукового обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування, що є предметом наступних розділів даної магістерської роботи.

1.3. Особливості конструкції та експлуатації тракторів ХТЗ класу 0,9

Трактори Харківського тракторного заводу (ХТЗ) класу 0,9 належать до малогабаритних енергетичних засобів універсально-просапного типу, призначених для виконання широкого спектра сільськогосподарських робіт у фермерських господарствах і на допоміжних ділянках великих агропідприємств. Їхні конструктивні особливості визначаються поєднанням достатньої потужності, компактності, високої маневреності та економічності.

Трактори класу 0,9 застосовуються для оранки легких і середніх ґрунтів, передпосівного обробітку, сівби, догляду за культурами, транспортування

вантажів і приводження навісних чи причіпних машин. Основним представником цього класу є ХТЗ-3510 та його модифікації (ХТЗ-3512, ХТЗ-3521, ХТЗ-3532), які оснащуються дизельними двигунами внутрішнього згоряння потужністю від 35 до 50 к.с.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика тракторів ХТЗ класу 0,9

Показник	Одиниця виміру	ХТЗ-3510	ХТЗ-3521	ХТЗ-3532
Потужність двигуна, N_e	к.с.	35	40	50
Робочий об'єм двигуна	л	2,7	2,9	3,2
Маса експлуатаційна	кг	2 000	2 150	2 300
Колісна формула	–	4×2	4×2	4×4
Довжина / ширина / висота	мм	3150 / 1650 / 2300	3200 / 1700 / 2350	3250 / 1800 / 2400
Радіус розвороту	м	3,6	3,8	4,0
Тягове зусилля номінальне	кН	9,0	9,5	10,2
Витрата пального, g_e	г/кВт·год	235	230	225

Двигун. Трактори ХТЗ класу 0,9 оснащуються чотирициліндровими дизелями з рідинним охолодженням, безпосереднім упорскуванням і механічним паливним насосом високого тиску (ПНВТ). Конструкція двигуна забезпечує стабільну роботу при зміні навантажень та економічну витрату палива.

Питома витрата пального визначається за формулою:

$$g_e = \frac{G_f}{N_e \cdot t}, \quad (1.2)$$

де g_e – питома витрата палива, г/кВт·год;

G_f – витрата палива за час t , г;

N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Трансмсія. Багатоступінчаста механічна коробка передач (КПП) забезпечує від 8 до 12 передніх і 2 задні передачі, що дозволяє працювати у швидкісному діапазоні 2–25 км/год. Для підвищення прохідності у складних умовах застосовується знижувальний редуктор і блокування диференціала.

Ходова частина. Конструкція ходової системи передбачає можливість агрегування як із двоколісним (4×2), так і повнопривідним (4×4) виконанням.

Задні колеса мають регульований колісний розвал, що забезпечує пристосованість до міжрядних обробітків культур із шириною 600–700 мм.

Гідросистема. Гідросистема з розподільником секційного типу виконує функції керування навісним обладнанням і піднімальною системою. Робочий тиск у системі становить 12–16 МПа. Продуктивність насоса визначається залежністю:

$$Q = V_n \cdot n \cdot \eta_v, \quad (1.3)$$

де Q – подача насоса, л/хв;

V_n – робочий об'єм насоса, л/об;

n – частота обертання вала насоса, об/хв;

η_v – коефіцієнт об'ємного ККД.

Електрообладнання. Система живлення – 12-вольтна, із генератором постійного струму потужністю 0,8–1,0 кВт. Для полегшення запуску двигуна в холодну пору року передбачено підігрів повітря у впускному колекторі.

Режим роботи тракторів ХТЗ класу 0,9 характеризується високою змінністю навантаження, що потребує своєчасного технічного обслуговування систем змащення, охолодження та паливної апаратури.

Типові несправності, що виявляються під час експлуатації, наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Типові відмови та причини їх виникнення

Вузол	Типова несправність	Ймовірна причина	Рекомендований захід
Паливна система	Порушення подачі палива	Засмічення фільтра або знос плунжера ПНВТ	Очищення або заміна елементів
Гідросистема	Зниження тиску	Зношення насоса, витік через ущільнення	Перевірка і заміна ущільнень
Система охолодження	Перегрів двигуна	Недостатній рівень охолоджувальної рідини, несправність термостата	Долив рідини, заміна термостата
Трансмісія	Підвищений шум у КПП	Знос зубчастих коліс або підшипників	Ремонт або заміна деталей
Електрообладнання	Поганий запуск двигуна	Слабкий заряд АКБ, окиснення контактів	Перевірка акумулятора, очищення контактів

Основними інтегральними показниками ефективності тракторів є коефіцієнт використання потужності двигуна K_N , коефіцієнт технічної готовності $K_{mг}$ і паливна економічність E_f :

$$K_N = \frac{N_{cp}}{N_{ном}}; K_{ТГ} = \frac{T_{роб}}{T_{роб} + T_{пр}}; E_f = \frac{W}{G_f}, \quad (1.4)$$

де N_{cp} – середня експлуатаційна потужність, кВт;

$N_{ном}$ – номінальна потужність, кВт;

$T_{роб}$ – час роботи;

$T_{пр}$ – простої;

W – виконаний обсяг робіт, га або ткм;

G_f – витрата палива, кг.

Схематична структура трактора ХТЗ класу 0,9

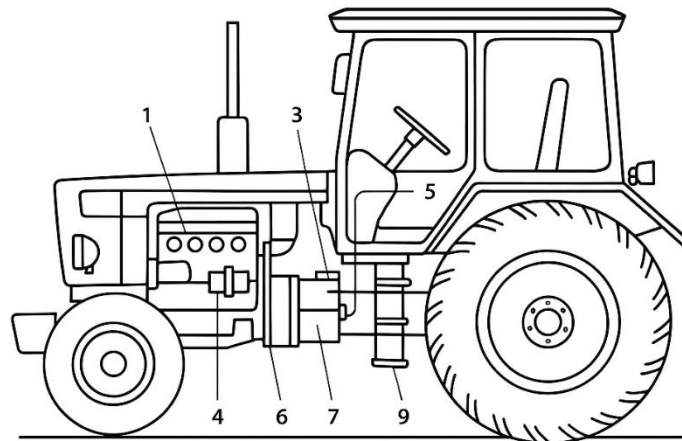


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема трактора ХТЗ класу 0,9

1 – двигун; 2 – муфта зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – карданна передача; 5 – задній міст; 6 – навісна система; 7 – гідронасос; 8 – бак пального; 9 – рама; 10 – кабіна оператора.

Трактори ХТЗ класу 0,9 характеризуються поєднанням універсальності, простоти конструкції, високої ремонтпридатності та низьких експлуатаційних витрат. Їхні основні конструктивні особливості – компактна рама, ефективна гідросистема, економічний дизельний двигун і регульована колісна база – забезпечують універсальність застосування в агровиробництві.

Однак тривала експлуатація машин цієї категорії без удосконаленої системи технічного обслуговування призводить до підвищення безвідмовності, що підкреслює необхідність наукового обґрунтування структури пунктів ТО, здатних забезпечити надійну роботу тракторів ХТЗ у реальних виробничих умовах.

1.4. Вимоги до організації пунктів технічного обслуговування

Рациональна організація пунктів технічного обслуговування (ТО) сільськогосподарської техніки є важливою умовою забезпечення її надійної роботи, скорочення простоїв і підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку. Пункти ТО мають відповідати комплексу технічних, організаційних, санітарних та економічних вимог, визначених чинними нормативними документами (ДСТУ, СНіП, НПАОП тощо), а також враховувати місцеві виробничо-технологічні особливості.

Пункт технічного обслуговування має забезпечувати:

- виконання всіх видів ТО (ЩТО, ТО-1, ТО-2, сезонного обслуговування);
- мінімальні простої машин під час обслуговування;
- раціональне розміщення постів, обладнання та інженерних мереж;
- дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки й екологічних норм;
- можливість розширення виробничої потужності при збільшенні парку техніки.

Функціональна схема пункту наведена на рисунку 1.2.

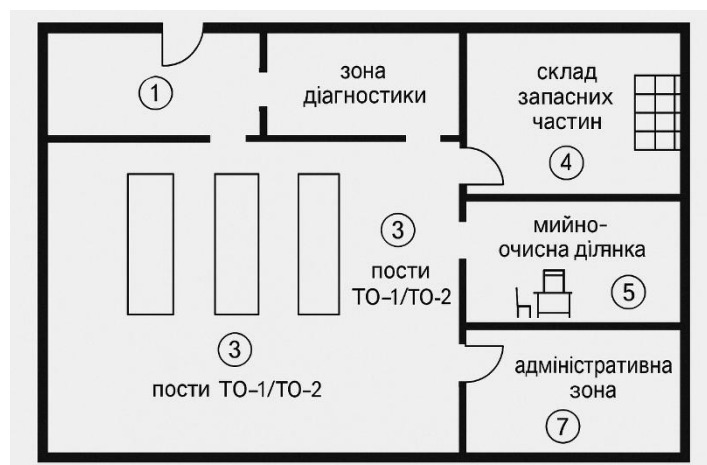


Рисунок 1.2 – Узагальнена схема виробничої структури пункту технічного обслуговування

1 – зона приймання; 2 – зона діагностики; 3 – пости ТО-1/ТО-2; 4 – склад запасних частин; 5 – мийно-очисна ділянка; 6 – побутові приміщення персоналу; 7 – адміністративна зона

Виробнича структура пункту технічного обслуговування складається з трьох основних груп приміщень (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Функціональний склад пункту технічного обслуговування

Група приміщень	Основне призначення	Типові елементи
Виробнича зона	Виконання робіт з ТО і дрібного ремонту	пости ТО-1, ТО-2, мийна ділянка, діагностика
Допоміжна зона	Забезпечення матеріалами, інструментами, енергією	склад запасних частин, компресорна, насосна
Адміністративно-побутова зона	Управління та відпочинок персоналу	контора, роздягальні, душові, кімната приймання їжі

Загальна площа пункту визначається залежно від кількості постів та нормативної площі одного поста F_n , м²:

$$F_{\text{заг}} = n_n \times F_n + F_{\text{дон}} + F_{\text{адм.}} \quad (1.5)$$

де n_n – кількість постів;

F_n – площа одного поста (30–45 м² для тракторів класу 0,9);

$F_{\text{дон}}, F_{\text{адм.}}$ – площі допоміжних і побутових приміщень.

При проектуванні пунктів ТО необхідно дотримуватися таких вимог:

- забезпечення прямолінійного руху машин без маневрування;
- мінімізація перетину потоків чистих і забруднених тракторів;
- розташування мийної ділянки перед зонами обслуговування;
- організація природного освітлення, вентиляції та відведення стічних вод;
- наявність майданчика для короткочасного зберігання техніки.

Таблиця 1.4 – Орієнтовні відстані між елементами пункту ТО

Елемент	Мінімальна відстань, м	Примітка
Між осями сусідніх постів	4,0–4,5	Для зручності маневрування
Від стіни до осі поста	2,0–2,5	Для забезпечення безпеки
Від воріт до першого поста	3,0–4,0	Зона очікування
Висота воріт	3,0–3,5	Для тракторів з кабіною
Мінімальна ширина проїзду	4,5	Для тракторів ХТЗ-0,9

Пости технічного обслуговування обладнуються універсальними та спеціальними пристроями: підйомними механізмами, стендами для перевірки паливної апаратури, компресорами, мастильними установками, мийними апаратами, діагностичними приладами.

Потужність компресорної установки розраховується за формулою:

$$N_k = \frac{Q_{нов} \cdot (p_2 - p_1)}{102 \cdot \eta_k}, \quad (1.6)$$

де N_k – потужність компресора, кВт;

$Q_{нов}$ – подача повітря, м³/хв;

p_1, p_2 – тиски на вході й виході, МПа;

η_k – коефіцієнт корисної дії компресора.

Для обслуговування тракторів класу 0,9 необхідна потужність $N_k = 2,5-3,0$ кВт при подачі $Q_{нов} = 0,4-0,5$ м³/хв.

До організації пунктів ТО висуваються обов'язкові вимоги безпеки:

- забезпечення освітленості робочих місць не менше 300 лк;
- температурний режим у холодний період – не нижче +10 °С;
- рівень шуму – не вище 80 дБ;
- обладнання мийних установок системами очищення стічних вод від мастил і твердих часток;
- наявність засобів пожежогасіння, аварійного освітлення та вентиляції.

Виробнича потужність пункту технічного обслуговування визначається добовою кількістю тракторів, що можуть бути обслужені, за формулою:

$$Q_o = \frac{T_{зм} \cdot n_n \cdot \eta_v}{t_{обс}}, \quad (1.7)$$

де Q_o – добова потужність, од./зміну;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

n_n – кількість постів;

η_v – коефіцієнт використання часу поста (0,85–0,9);

$t_{обс}$ – середня тривалість обслуговування одного трактора, год.

Наприклад, при $T_{зм}=8$ год, $n_n=3$, $\eta_v=0,9$ і $t_{обс}=2$ год:

$$Q_o = \frac{8 \cdot 3 \cdot 0,9}{2} = 10,8 \approx 11 \text{ тракторів за зміну.}$$

Організація пунктів технічного обслуговування тракторів повинна ґрунтуватися на принципах функціональної раціональності, безпечності, технологічності та економічної ефективності. Оптимальне планування виробничих зон, забезпечення сучасним обладнанням і дотримання норм охорони праці створюють умови для своєчасного та якісного проведення всіх видів ТО, підвищення технічної готовності машинно-тракторного парку і скорочення непродуктивних простоїв.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

2.1. Вихідні дані для розрахунків

Обґрунтування виробничої програми пункту технічного обслуговування (ПТО) ґрунтується на вихідних даних, що характеризують склад машинно-тракторного парку, режими експлуатації техніки, періодичність обслуговувань та нормативну трудомісткість виконання операцій. Правильне формування вихідних параметрів дає змогу забезпечити достовірність подальших техніко-економічних розрахунків та проектних рішень.

Характеристика машинно-тракторного парку

До складу машин, що обслуговуються у пункті ТО, входять трактори ХТЗ класу 0,9 різних модифікацій (ХТЗ-3510, ХТЗ-3521, ХТЗ-3532), які виконують основні та допоміжні технологічні операції в аграрному циклі.

Таблиця 2.1 – Склад тракторного парку, що підлягає технічному обслуговуванню

Модель трактора	Кількість, од.	Середньорічне напрацювання, мото-год	Умовний коефіцієнт навантаження K_n
ХТЗ-3510	12	720	0,85
ХТЗ-3521	8	800	0,90
ХТЗ-3532	5	900	0,92
Разом	25	—	—

Сумарний річний фонд напрацювання тракторного парку визначається:

$$H_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n (N_i \cdot h_i), \quad (2.1)$$

де N_i – кількість тракторів i -ї моделі,

h_i – середньорічне напрацювання трактора i -ї моделі.

Для вихідних даних таблиці 2.1:

$$H_{\text{заг}} = 12 \times 720 + 8 \times 800 + 5 \times 900 = 8640 + 6400 + 4500 = 19540 \text{ мото-год/рік.}$$

Нормативи періодичності технічних обслуговувань

Періодичність ТО визначається регламентами експлуатації тракторів ХТЗ і наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Періодичність технічних обслуговувань тракторів ХТЗ класу 0,9

Вид обслуговування	Позначення	Періодичність, мото-год	Кількість ТО на 2000 мото-год
Щоденне обслуговування	ЩТО	щозміни	–
ТО-1	ТО ₁	250	4
ТО-2	ТО ₂	500	2
ТО-3	ТО ₃	1000	2
Сезонне ТО	СТО	2 рази/рік	–

Кількість планових ТО для одного трактора:

$$n_{TO1} = \frac{H_{\text{річ}}}{250}. \quad (2.2)$$

$$n_{TO2} = \frac{H_{\text{річ}}}{500}. \quad (2.3)$$

Нормативи трудомісткості технічних обслуговувань

Орієнтовні значення трудомісткості регламентних робіт подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Трудомісткість виконання технічних обслуговувань

Вид робіт	Позначення	Трудомісткість, люд.-год
ЩТО	–	0,3
ТО-1	t_{TO1}	5
ТО-2	t_{TO2}	9
СТО	–	4,0–5,0

Для розрахунків у подальших підрозділах приймаємо середні значення:

$$t_{TO1} = 5,0 \text{ люд.-год}$$

$$t_{TO2} = 9,0 \text{ люд.-год.}$$

Коефіцієнти умов експлуатації та сезонності

Для аграрних підприємств характерна нерівномірність навантаження техніки за сезонами. Це враховується коефіцієнтом сезонної нерівномірності:

$$K_{\text{сез}} = \frac{H_{\text{макс}}}{H_{\text{сер}}}, \quad (2.4)$$

де $H_{\text{макс}}$ – максимальне місячне напрацювання,

$H_{сер}$ – середнє місячне напрацювання.

Для тракторів ХТЗ класу 0,9 зазвичай:

$$K_{сез} = 1,35-1,45.$$

Усі вихідні параметри, необхідні для подальших розрахунків, наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Узагальнена характеристика вихідних даних для розрахунку виробничої програми

Показник	Значення
Загальна кількість тракторів	25
Річний фонд напрацювання	19540 мото-год
Періодичність ТО-1	250 мото-год
Періодичність ТО-2	500 мото-год
Трудомісткість ТО-1	5,0 люд.-год
Трудомісткість ТО-2	9,0 люд.-год
Коефіцієнт сезонності	1,4
Тривалість зміни	8 год
Коефіцієнт використання поста	0,85–0,9

Сформовані вихідні дані забезпечують основу для подальших розрахунків виробничої програми пункту ТО, визначення кількості технічних обслуговувань, трудомісткості робіт і потреби у виробничих потужностях. Отримані значення є ключовими для проектування структури та визначення оптимальної кількості постів обслуговування, персоналу та графіка роботи ПТО.

2.2. Визначення кількості тракторів, що обслуговуються

Кількість тракторів, що підлягають обслуговуванню у пункті технічного обслуговування, є основним параметром для формування виробничої програми ПТО. Вона залежить від загального парку машин, режиму їх експлуатації, коефіцієнта навантаження та частки техніки, яка реально обслуговується на даному пункті (коефіцієнт охоплення сервісом).

Початкові дані щодо складу парку тракторів ХТЗ класу 0,9 наведені у табл. 2.1 (підрозд. 2.1). Для подальших розрахунків доцільно ввести поняття приведеної кількості тракторів, що враховує різний режим їх завантаження:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot K_{ni}, \quad (2.5)$$

де N_{np} – приведена кількість тракторів, од.;

N_i – фактична кількість тракторів i -ї моделі, од.;

K_{ni} – умовний коефіцієнт навантаження i -ї моделі.

На основі вихідних даних сформовано табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок приведеної кількості тракторів

Модель трактора	Кількість тракторів N_i , од.	Коефіцієнт навантаження K_{ni}	Приведена кількість $N_i K_{ni}$, од.
ХТЗ-3510	12	0,85	10,2
ХТЗ-3521	8	0,90	7,2
ХТЗ-3532	5	0,92	4,6
Разом	25	—	22,0

Тоді: $N_{np} = 10,2 + 7,2 + 4,6 = 22,0$ умовних тракторів.

Частина тракторів може обслуговуватися в інших сервісних структурах (фірмові СТО, власні майстерні фермерських господарств). Це враховується коефіцієнтом охоплення сервісом K_{ox} :

$$K_{ox} = \frac{N_{обс}}{N_{np}}, \quad (2.6)$$

де $N_{обс}$ – кількість тракторів, що фактично обслуговуються на проектованому ПТО, од.

Для більшості районних пунктів ТО доцільно приймати $K_{ox} = 0,80-0,90$.
Прийmemo $K_{ox} = 0,85$.

Тоді розрахункова кількість тракторів, що обслуговуються:

$$N_{обс} = N_{np} \times K_{ox}. \quad (2.7)$$

$$N_{обс} = 22,0 \times 0,85 = 18,7 \approx 19 \text{ тракторів.}$$

Отже, виробнича програма ПТО формується для 19 умовних тракторів ХТЗ класу 0,9, що відповідає фактичному парку з урахуванням режимів навантаження та реальної частки обслуговуваної техніки.

За необхідності для уточнення завантаження ПТО виконується розподіл тракторів за господарствами, що обслуговуються, та основними видами робіт (польові, транспортні, допоміжні). Приклад такого розподілу наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Орієнтовний розподіл тракторів за видами робіт

Вид робіт	Частка від загальної кількості, %	Кількість тракторів, од.
Польові роботи (оранка, передпосівний обробіток, сівба)	45	9
Транспортні роботи	30	6
Допоміжні роботи (підвезення матеріалів, внутрішньогосподарські перевезення)	25	4
Разом	100	19

Такий розподіл використовується далі для визначення режимів напруження та сезонної нерівномірності завантаження ПТО.

Для наочності результати розрахунку кількості тракторів, що обслуговуються, можуть бути подані у вигляді діаграми.

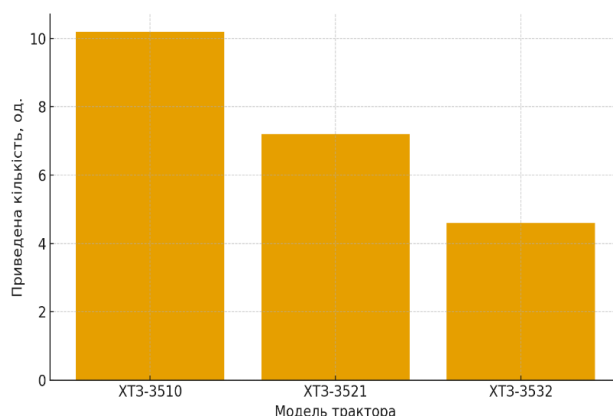


Рисунок 2.1 – Структура тракторів, що обслуговуються ПТО, за моделями та умовною кількістю

На підставі аналізу складу та режимів експлуатації тракторів ХТЗ класу 0,9 визначено, що приведена кількість техніки, закріпленої за пунктом технічного обслуговування, становить $N_{np}=22$ умовних трактори. З урахуванням коефіцієнта охоплення сервісом $K_{ox}=0,85$ розрахункова кількість тракторів, що обслуговуються ПТО, дорівнює 19 одиниць.

Отриманий показник є вихідною базою для подальшого визначення річної кількості технічних обслуговувань, обсягу робіт і необхідної виробничої потужності пункту ТО у наступних підрозділах.

2.3. Розрахунок періодичності та трудомісткості видів ТО

Розрахунок періодичності та трудомісткості технічних обслуговувань є ключовим етапом формування виробничої програми пункту технічного обслуговування (ПТО). На основі вихідних даних підрозділу 2.1 виконується визначення річної кількості ТО кожного виду та відповідної трудомісткості робіт.

Періодичність технічних обслуговувань для тракторів ХТЗ класу 0,9 приймається за експлуатаційними регламентами (табл. 2.2 розд. 2.1):

- ТО-1 – через $T_{TO1} = 250$ мото-год;
- ТО-2 – через $T_{TO2} = 500$ мото-год;

Кількість ТО кожного виду для *одного* трактора за рік:

$$n_{TO1i} = \frac{H_i}{T_{TO1}}, n_{TO2i} = \frac{H_i}{T_{TO2}}, \quad (2.8)$$

де H_i – річне напрацювання трактора i -ї моделі, мото-год.

Річна кількість ТО по всьому парку:

$$N_{TO1} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot n_{TO1,i}, N_{TO2} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot n_{TO2,i}, \quad (2.9)$$

де N_i – кількість тракторів i -ї моделі.

Розрахунок кількості ТО для парку тракторів

Використовуючи дані щодо парку (табл. 2.1), одержуємо розрахунок, наведений у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок річної кількості ТО-1 та ТО-2 по парку тракторів

Модель трактора	Кількість тракторів N_i , од.	Річне напрацювання H_i , мото-год	Кількість ТО-1 для одного трактора $n_{TO1,i}$	Річна кількість ТО-1 $N_i \cdot n_{TO1,i}$	Кількість ТО-2 для одного трактора $n_{TO2,i}$	Річна кількість ТО-2 $N_i \cdot n_{TO2,i}$
ХТЗ-3510	12	720	5,76	69,12	1,44	17,28
ХТЗ-3521	8	800	6,40	51,20	1,60	12,80
ХТЗ-3532	5	900	7,20	36,00	1,80	9,00
Разом	25	—	—	156,32≈156	—	39,08≈39

У подальших розрахунках річну кількість обслуговувань приймаємо з округленням до цілих значень: $N_{TO1} = 156$ обслуговувань/рік; $N_{TO2} = 39$ обслуговувань/рік.

Нормативна трудомісткість робіт: $t_{TO1} = 5,0$ люд.-год; $t_{TO2} = 9,0$ люд.-год;

Річна трудомісткість кожного виду ТО:

$$T_{TO1}^{річ} = N_{TO1} \cdot t_{TO1}, T_{TO2}^{річ} = N_{TO2} \cdot t_{TO2}. \quad (2.10)$$

Підставивши значення:

$$T_{TO1}^{річ} = 156 \times 5,0 = 780 \text{ люд.-год},$$

$$T_{TO2}^{річ} = 39 \times 9,0 = 351 \text{ люд.-год}.$$

Сумарна річна трудомісткість робіт з ТО:

$$T_{\Sigma}^{річ} = T_{TO1}^{річ} + T_{TO2}^{річ}. \quad (2.11)$$

$$T_{\Sigma}^{річ} = 780 + 351 = 1131 \text{ люд.-год}.$$

Результати зведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Річна трудомісткість робіт з ТО для парку тракторів

Вид технічного обслуговування	Річна кількість ТО, од.	Трудомісткість одного ТО, люд.-год	Річна трудомісткість, люд.-год	Частка у загальній трудомісткості, %
ТО-1	156	5,0	780	58,3
ТО-2	39	9,0	351	41,7
Разом	—	—	1131	100

Для наочного відображення розподілу трудових витрат між видами обслуговування доцільно використати діаграму.

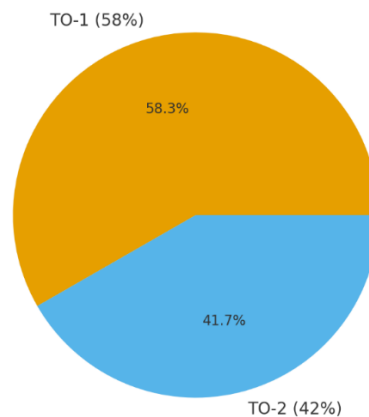


Рисунок 2.2 – Структура річної трудомісткості робіт ТО по парку тракторів ХТЗ класу 0,9

Виконаний розрахунок показав, що основний обсяг робіт на пункті технічного обслуговування припадає на ТО-1 (понад 58% річної трудомісткості), тоді як ТО-2 забезпечує близько 42%. Отримані величини річної кількості обслуговувань та їх трудомісткості є базовими для подальшого визначення чисельності виконавців, кількості постів та режиму роботи ПТО у наступних підрозділах.

2.4. Розрахунок річного обсягу робіт пункту ТО

Річний обсяг робіт пункту технічного обслуговування (ПТО) визначається на основі кількості тракторів, що обслуговуються (підрозд. 2.2), періодичності проведення технічних обслуговувань та їх нормативної трудомісткості (підрозд. 2.3), а також з урахуванням додаткових робіт (діагностика, дрібні ремонти, регулювання тощо).

Базовий річний обсяг робіт з регламентних технічних обслуговувань у людино-годинах обчислюється за формулою:

$$T_{TO}^{piv} = N_{TO1} \cdot t_{TO1} + N_{TO2} \cdot t_{TO2}, \quad (2.12)$$

де N_{TO1} , N_{TO2} – річна кількість ТО-1 і ТО-2 відповідно, од.;

t_{TO1} , t_{TO2} – трудомісткість одного ТО-1 і ТО-2, люд.-год.

У підрозділі 2.3 отримано для всього парку тракторів:

$$N_{TO1}=156, N_{TO2}=39,$$

$$t_{TO1}=5,0 \text{ люд.-год.}, t_{TO2}=9,0 \text{ люд.-год.}$$

Тоді базова річна трудомісткість:

$$T_{TO}^{piv}=156 \times 5,0 + 39 \times 9,0 = 780 + 351 = 1131 \text{ люд.-год.}$$

З урахуванням того, що проектований ПТО обслуговує частину парку, описану коефіцієнтом охоплення $K_{ox}=0,85$ (підрозд. 2.2), річна трудомісткість робіт саме ПТО становитиме:

$$T_{ПТО} = T_{TO}^{piv} \cdot K_{ox}. \quad (2.13)$$

$$T_{ПТО}=1131 \times 0,85 = 961,35 \approx 961 \text{ люд.-год.}$$

Реальна трудомісткість виробничої програми завжди перевищує суму нормативів ТО за рахунок:

- усунення виявлених при ТО несправностей;
- додаткових регулювань і перевірок;
- підготовчо-заклучних операцій.

Це враховується коефіцієнтом додаткових робіт $K_{дон}$, який для тракторів даного класу доцільно прийняти в межах 1,15–1,25. Прийmemo $K_{дон} = 1,20$.

Тоді повний річний обсяг робіт ПТО:

$$T_{річ} = T_{ПТО} \times K_{дон}. \quad (2.14)$$

$$T_{річ} = 961 \times 1,20 = 1153,2 \approx 1154 \text{ люд.-год.}$$

Частку додаткових робіт можна виділити окремо:

$$T_{рем} = T_{річ} - T_{ПТО}. \quad (2.15)$$

$$T_{рем} = 1154 - 961 \approx 193 \text{ люд.-год.}$$

де $T_{рем}$ – трудомісткість діагностичних і ремонтних операцій.

Для ТО-1 та ТО-2 використано значення:

$$T_{ТО1} = 780 \times 0,85 \approx 663 \text{ люд.-год.}$$

$$T_{ТО2} = 351 \times 0,85 \approx 298 \text{ люд.-год.}$$

Розподіл річної трудомісткості робіт за видами операцій наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Структура річного обсягу робіт пункту ТО

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год	Частка від загального обсягу, %
ТО-1	663	48,6
ТО-2	298	34,7
Діагностика та дрібні ремонти	193	16,7
Усього річний обсяг робіт $T_{річ}$	1154	100

Для подальшого визначення чисельності персоналу та кількості постів необхідно перейти від річної трудомісткості до добового й змінного обсягу робіт.

Середньомісячна трудомісткість:

$$T_{міс}^{сер} = \frac{T_{річ}}{12}. \quad (2.16)$$

$$T_{міс}^{сер} = 1154/12 \approx 97 \text{ люд.-год./міс.}$$

З урахуванням коефіцієнта сезонної нерівномірності $K_{сез} = 1,4$ максимальна місячна трудомісткість у період пікового навантаження:

$$T_{міс}^{макс} = T_{міс}^{сер} \cdot K_{сез} . \quad (2.17)$$

$$T_{міс}^{макс} = 97 \times 1,4 \approx 136 \text{ люд.-год./міс.}$$

Якщо прийняти кількість робочих днів у місяці $D_{міс} = 22$, то максимальний добовий обсяг робіт:

$$T_{доб}^{макс} = \frac{T_{міс}^{макс}}{22} . \quad (2.18)$$

$$T_{доб}^{макс} = 136 / 22 \approx 6,2 \text{ люд.-год./доб.}$$

Отримане значення буде використано в наступних підрозділах для вибору кількості постів обслуговування та чисельності ремонтного персоналу.

Для наочного аналізу доцільно побудувати діаграму розподілу трудомісткості за видами робіт.

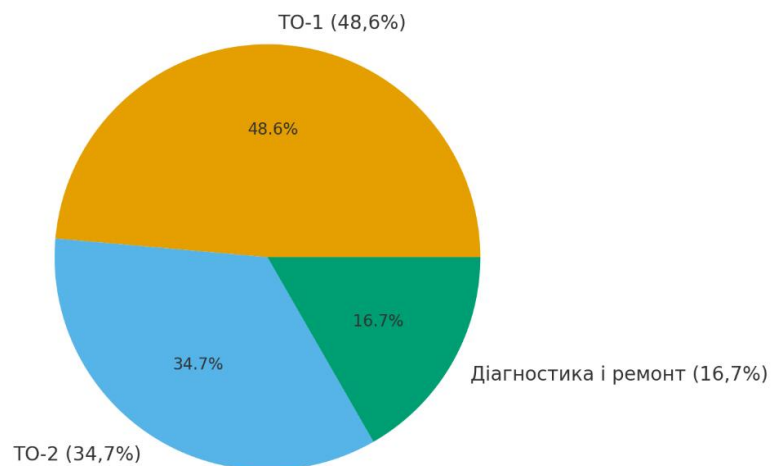


Рисунок 2.3 – Розподіл річного обсягу робіт пункту ТО за видами операцій

На основі вихідних даних, періодичності та трудомісткості технічних обслуговувань визначено, що річний обсяг робіт пункту ТО для тракторів ХТЗ класу 0,9 становить приблизно 1154 люд.-год, з яких близько 83 % припадає на планові обслуговування (ТО-1, ТО-2) і 17 % – на діагностику та дрібні ремонти. Розрахований максимально можливий добовий обсяг робіт у піковий період ($\approx 6,2$ люд.-год/добу) є основою для подальшого обґрунтування виробничої потужності пункту та визначення необхідної кількості постів і персоналу.

3. ПРОЄКТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ СТРУКТУРИ ПУНКТУ ТО

3.1. Вибір типу пункту технічного обслуговування (стаціонарний, пересувний, комбінований)

Раціональний вибір типу пункту технічного обслуговування (ПТО) є ключовою умовою забезпечення ефективного, безперебійного та економічно доцільного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9. Контекст функціонування ПТО визначається низкою факторів: величиною машинно-тракторного парку, відстанню між господарствами, характером виконуваних робіт, сезонною нерівномірністю навантаження, організаційною структурою агропідприємства та техніко-економічними параметрами.

Критерії вибору типу ПТО. Для визначення оптимального типу пункту ТО використовують такі критерії:

1. Кількість машин, що обслуговуються
 - якщо парк перевищує 15–20 тракторів, стаціонарний пункт є доцільнішим;
 - за невеликої кількості машин (<10) – економічно вигідніший пересувний.
2. Географічне розміщення господарств
 - компактне розміщення – на користь стаціонарного ПТО;
 - значні відстані між полями – на користь пересувного або комбінованого.
3. Характер виконуваних робіт
 - ТО-1, ТО-2 оптимально виконувати на стаціонарних пунктах;
 - ЩТО і сезонні роботи доцільні на пересувних ПТО.
4. Інфраструктурні можливості
 - доступ до електроенергії, води, діагностичного обладнання.
5. Коефіцієнт сезонної нерівномірності навантаження
 - при високих значеннях (>1,3) комбіновані схеми забезпечують гнучкість.

3.1.2. Характеристика типів пунктів ТО

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики типів пунктів ТО

Показник	Стаціонарний ПТО	Пересувний ПТО	Комбінований ПТО
Охоплення техніки	Високе	Середнє	Високе
Мобільність	Низька	Висока	Середня
Обсяг робіт	Повний спектр ТО	ЩТО, частково ТО-1	Усі види ТО
Вартість створення	Висока	Низька	Середня
Потреба в обладнанні	Максимальна	Мінімальна	Середня
Продуктивність	Висока	Середня	Висока
Територіальні вимоги	Постійне приміщення	Мінімальні	Помірні
Доцільність застосування	Великі господарства	Дрібні фермерські господарства	Господарства зі змішаною структурою

Формалізована модель вибору типу ПТО. Для об'єктивного обґрунтування використовують метод бальної оцінки:

$$K = \sum_{i=1}^n W_i \cdot B_i, \quad (3.1)$$

де W_i – ваговий коефіцієнт i -го критерію ($0 \dots 1$),

B_i – бальна оцінка варіанта за i -м критерієм ($1 \dots 5$).

Таблиця 3.2 – Бальна оцінка варіантів ПТО

Критерій	Вага W_i	Стаціонарний	Пересувний	Комбінований
Кількість техніки	0,25	5	3	5
Віддаленість робіт	0,20	3	5	4
Сезонність	0,15	3	4	5
Інвестиції	0,20	2	5	4
Обсяг робіт	0,20	5	3	5
Сумарний показник K	—	3,80	4,05	4,65

Аналіз та вибір оптимального типу ПТО. За результатами формалізованої оцінки:

- Стаціонарний ПТО забезпечує високу продуктивність, але потребує значних капіталовкладень.
- Пересувний ПТО дешевший і мобільний, але не може виконувати повний спектр робіт.
- Комбінований ПТО отримав найвищий інтегральний показник

$$K_{комб} = 4,65.$$

і поєднує переваги двох інших варіантів.

Для умов господарства (обсяг робіт ≈ 1154 люд.-год/рік; максимальне добове навантаження 6,2 люд.-год; 19 умовних тракторів) найбільш доцільним є комбінований тип пункту технічного обслуговування.

Це дозволяє виконувати частину робіт у стаціонарних умовах (ТО-1, ТО-2, діагностика) та забезпечувати оперативне обслуговування техніки у польових умовах через пересувний модуль.

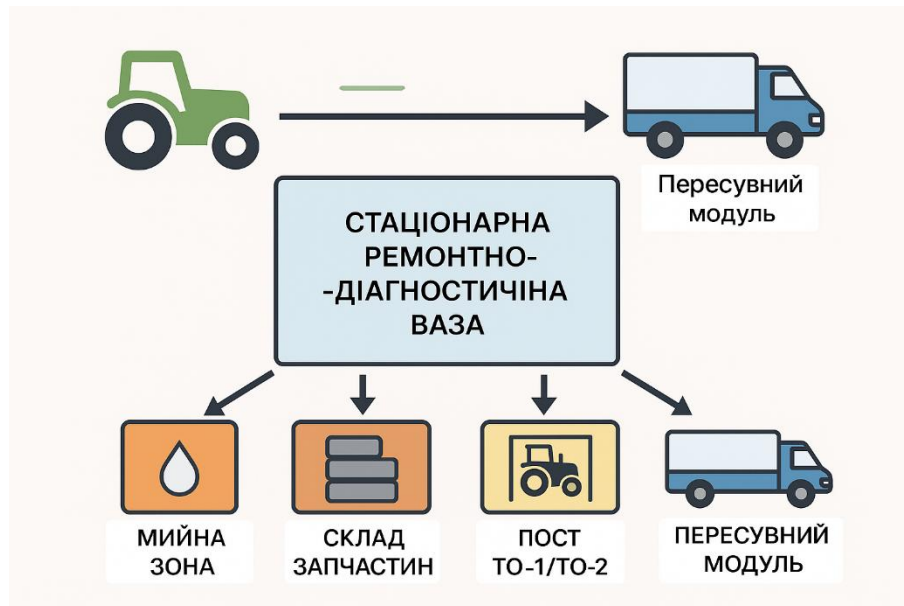


Рисунок 3.1 – Концептуальна схема комбінованого пункту технічного обслуговування

На основі багатофакторного аналізу, техніко-економічної оцінки та врахування специфіки роботи тракторів ХТЗ класу 0,9 обґрунтовано вибір комбінованого пункту технічного обслуговування, який забезпечує максимальну гнучкість, доступність і ефективність сервісного процесу.

3.2. Визначення виробничих підрозділів і постів

Правильне формування виробничої структури пункту технічного обслуговування (ПТО) є ключовою умовою забезпечення високої продуктивності, ритмічності та якості робіт. На основі визначеного типу ПТО (комбінований) та розрахованого річного обсягу робіт (≈ 1154 люд.-год, розд. 2.4) необхідно встановити склад виробничих підрозділів, їх функціональне призначення та кількість спеціалізованих постів.

Методичні положення формування виробничої структури ПТО. Структура ПТО повинна:

- відповідати технології технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9;
- забезпечувати виконання повного спектра робіт ТО-1, ТО-2, діагностики та дрібного ремонту;
- гарантувати мінімальні простой техніки;
- враховувати пропускну спроможність та максимальний добовий обсяг робіт ($\approx 6,2$ люд.-год/добу).

Згідно з нормативними рекомендаціями, типовий ПТО включає такі групи приміщень:

1. Виробничі зони і пости ТО
2. Допоміжні приміщення
3. Складські зони
4. Адміністративно-побутовий блок

Виробничі підрозділи ПТО. На основі аналізу технології ТО тракторів ХТЗ доцільно сформувати такі підрозділи:

1. Зона приймання та оформлення робіт

Функції: реєстрація техніки, первинна оцінка стану, оформлення документації. Оснащення: ПК, діагностичний планшет, оглядова яма (за потреби).

2. Діагностична зона

Функції: пошук несправностей, перевірка параметрів двигуна, гідросистеми, електрообладнання. Оснащення: мотор-тестер, газоаналізатор, стенд гідросистем, мультиметр.

3. Пости ТО-1

Функції: регламентне обслуговування малої трудомісткості (мастила, фільтри, регулювання).

Трудомісткість: 5 люд.-год (розд. 2.3).

Кількість постів визначається в підрозд. 3.3.

4. Пости ТО-2

Функції: роботи середньої трудомісткості (перевірки вузлів, очищення, регулювання).

Трудомісткість: 9 люд.-год.

5. Мийно-очисна дільниця

Функції: очищення тракторів перед ТО, промивання деталей.

Окремий пост з гідромийкою та системою очищення стоків.

6. Дільниця дрібного ремонту

Функції: усунення виявлених поломок, заміна шин, дрібні зварювальні роботи.

Оснащення: слюсарний пост, зварювальний апарат, прес.

7. Склад запасних частин та витратних матеріалів

8. Пересувний модуль (мобільний пост)

Функції: виїзні роботи в полі (ЩТО, частина операцій ТО-1).

Оснащення: генератор, компресор, інструментальна шафа.

3.2.3. Обґрунтування кількості постів

Вихідні дані:

- Максимальний добовий обсяг робіт:

$$T_{\text{доб}}^{\text{max}} = 6,2 \text{ люд.-год/добу}$$

- Умовна тривалість зміни: $t_{\text{зм}} = 8 \text{ год}$;
- Коефіцієнт завантаження поста: $k_{\text{з}} = 0,85$.

Продуктивність одного поста:

$$P = t_{\text{зм}} \times k_{\text{з}}. \quad (3.2)$$

$$P = 8 \times 0,85 = 6,8 \text{ люд.-год/добу.}$$

Необхідна кількість постів:

$$n = \frac{T_{\text{доб}}^{\text{max}}}{P}. \quad (3.3)$$

$$n = \frac{6,2}{6,8} = 0,91.$$

Отже, приймаємо:

- 2 робочі пости (ТО-1/ТО-2) – основні;
- 1 пост діагностики – спеціалізований;
- 1 мийний пост;
- 1 пересувний пост.

Підсумок вибраних постів:

Тип поста	Кількість	Обґрунтування
Пост ТО-1/ТО-2	2	Забезпечують пропускну здатність 10 люд.-год/добу
Діагностичний пост	1	Висока технологічна значимість
Мийний пост	1	Нормативна вимога перед ТО
Пересувний пост	1	Для польових умов

Структурна схема виробничих підрозділів ПТО



Рисунок 3.2 – Структурна схема виробничих підрозділів комбінованого ПТО

Таблиця виробничих підрозділів ПТО

Таблиця 3.3 – Склад виробничих підрозділів та їх призначення

Підрозділ	Кількість постів	Основні функції
Зона приймання	–	Реєстрація, оформлення
Діагностична зона	1	Комплексна діагностика
Пост ТО-1	1	Регламентні роботи малої трудомісткості
Пост ТО-2	1	Регламентні роботи середньої трудомісткості
Мийна дільниця	1	Очищення техніки
Дрібний ремонт	–	Усунення несправностей
Складська зона	–	Зберігання матеріалів
Пересувний модуль	1	Польові роботи

У результаті аналізу технології ТО, обсягу робіт і типу ПТО сформовано раціональну виробничу структуру, що включає 8 функціональних підрозділів та

5 спеціалізованих постів, здатних забезпечити продуктивність комбінованого сервісного центру. Обґрунтований склад забезпечує гнучкість, ефективність та відповідність нормативним вимогам експлуатації тракторів ХТЗ.

3.3. Розрахунок кількості робочих місць і персоналу

Ефективність роботи комбінованого пункту технічного обслуговування (ПТО) значною мірою визначається правильним розрахунком чисельності персоналу та кількості робочих місць. Чисельність виконавців повинна забезпечувати виконання річного обсягу робіт $T_{річ}$ з урахуванням режиму роботи ПТО, фонду робочого часу одного працівника та коефіцієнта завантаження постів.

Визначення фонду робочого часу одного працівника

Режим роботи ПТО: однозмінний, тривалість зміни $t_{зм} = 8$ год, кількість робочих днів на рік $D_p = 250$.

Номінальний фонд робочого часу:

$$F_{ном} = D_p \times t_{зм}. \quad (3.4)$$

$$F_{ном} = 250 \times 8 = 2000 \text{ год/рік.}$$

З урахуванням втрат часу (відпустки, лікарняні, простої) приймається коефіцієнт корисного використання робочого часу $k_q = 0,9$. Тоді дійсний фонд:

$$F_{\partial} = F_{ном} \times k_q. \quad (3.5)$$

$$F_{\partial} = 2000 \times 0,9 = 1800 \text{ год/рік.}$$

Таблиця 3.4 – Фонд робочого часу одного працівника ПТО

Показник	Позначення	Значення
Кількість робочих днів на рік	D_p	250 діб
Тривалість зміни	$t_{зм}$	8 год
Номінальний фонд часу	$F_{ном}$	2000 год/рік
Коефіцієнт використання часу	k_q	0,9
Дійсний фонд часу	F_{∂}	1800 год/рік

Розподіл річної трудомісткості за видами робіт

Річний обсяг робіт ПТО (підрозд. 2.4):

$$T_{річ} = 1154 \text{ люд.-год.}$$

Приймемо розподіл трудомісткості:

• роботи на постах ТО-1 і ТО-2 (слюсарні): $T_{сл}=0,85 \times T_{річ}=980,9 \approx 981$ люд.-год;

• діагностика: $T_{діаг} = 0,10 \times T_{річ} = 115,4 \approx 115$ люд.-год;

• мийно-очисні роботи: $T_{мий} = 0,05 \times T_{річ} = 57,7 \approx 58$ люд.-год.

Таблиця 3.5 – Розподіл річної трудомісткості за видами робіт

Вид робіт	Позначення	Трудомісткість, люд.-год	Частка, %
Роботи на постах ТО-1/ТО-2	$T_{сл}$	981	85
Діагностичні роботи	$T_{діаг}$	116	10
Мийно-очисні роботи	$T_{мий}$	58	5
Разом	$T_{річ}$	1154	100

Розрахунок чисельності основних робітників. Загальна чисельність працівників певного профілю визначається:

$$N_i = \frac{T_i}{F_{\partial} \cdot k_{вн}}, \quad (3.6)$$

де T_i – річна трудомісткість робіт i -го виду, люд.-год;

F_{∂} – дійсний фонд часу одного працівника, год/рік;

$k_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм (прийmemo $k_{вн} = 1,0$).

Слюсарі з ТО і ремонту тракторів:

$$N_{сл} = \frac{T_{сл}}{F_{\partial}}. \quad (3.7)$$

$$N_{сл} = 1624 / 1800 = 0,9 \rightarrow \text{приймаємо 1 особу.}$$

Діагност:

$$N_{діаг} = \frac{T_{діаг}}{F_{\partial}}. \quad (3.8)$$

$$N_{діаг} = 116 / 1800 = 0,06 \rightarrow \text{приймаємо 1 особу.}$$

Оператор мийної дільниці:

$$N_{мий} = \frac{T_{мий}}{F_{\partial}}. \quad (3.9)$$

$$N_{мий} = 56 / 1800 = 0,03 \rightarrow \text{приймаємо 1 особу.}$$

З урахуванням необхідності безперервного забезпечення роботи пересувного модуля та організаційно-керівних функцій додатково передбачаємо:

• водій-механік пересувного модуля – 1 особа;

- майстер (інженер ПТО) – 1 особа.

Підсумковий розрахунок чисельності персоналу

Таблиця 3.6 – Чисельність персоналу комбінованого ПТО

Категорія персоналу	Посада / спеціальність	Розрахункова чисельність, осіб	Прийнято, осіб
Основні робітники	Слюсар з ремонту тракторів (пости ТО-1/ТО-2)	0,90	1
	Слюсар-діагност	0,11	1
	Оператор мийної дільниці	0,05	1
Допоміжні робітники	Водій-механік пересувного модуля	–	1
ІТП (інженерно-технічний персонал)	Майстер (керівник ПТО)	–	1
Усього персоналу ПТО	–	–	5

Отже, загальна чисельність персоналу комбінованого пункту ТО становить 5 осіб, з яких 3 – основні виробничі робітники, 1 – допоміжний робітник (водій пересувного модуля) і 1 – інженерно-технічний працівник.

Для наочності доцільно зобразити структуру персоналу у вигляді діаграми.



Рисунок 3.3 – Структура персоналу комбінованого пункту технічного обслуговування

3.4. Підбір основного технологічного обладнання

Підбір технологічного обладнання для комбінованого пункту технічного обслуговування (ПТО) є важливим етапом проектування виробничої структури. Обладнання повинно забезпечувати виконання всіх регламентних операцій ТО-1, ТО-2, діагностики, мийних та допоміжних робіт згідно з нормативами для тракторів ХТЗ класу 0,9.

Методика визначення потреби в обладнанні. Потреба в технологічному обладнанні визначається шляхом:

1. Аналізу технологічного процесу ТО.

Кожна операція потребує відповідного оснащення (підйомні механізми, діагностичні стенди, інструменти).

2. Урахуванням кількості постів: 2 пости ТО-1/ТО-2; 1 діагностичний пост; 1 мийний пост; 1 пересувний модуль.

3. Врахуванням пропускної здатності обладнання.

Наприклад, один компресор може обслуговувати 2–3 пости; один мотор-тестер – весь ПТО.

4. Нормативними вимогами до оснащення ПТО за ДСТУ, НАПБ, БНіП, галузевими регламентами, для виконання регламентних робіт необхідно таке оснащення:

Таблиця 3.7 – Перелік ключових одиниць обладнання

№	Найменування обладнання	Технічні характеристики	Кількість
1	Домкрати гідравлічні 10 т	хід штока 150–300 мм	2
2	Пневмогайковерт ударний	момент ≥ 1500 Н·м	2
3	Компресор повітряний	1,0–1,5 м³/хв; 8–10 бар	1
4	Набір слюсарного інструменту	216 од.	2
5	Верстак слюсарний	стілниця 1500×750 мм	2
6	Підставки під трактор	вантажність 6–10 т	4
7	Обладнання для заміни мастил	насос, ємність 50–100 л	1
8	Лінійка регульовальна, динамометричний ключ	150–350 Н·м	2

Обладнання діагностичної зони. Для повної перевірки технічного стану тракторів ХТЗ необхідні такі прилади:

Таблиця 3.8 – Діагностичне обладнання

№	Найменування	Призначення	Кількість
1	Мотор-тестер	аналіз системи живлення, запалювання, інжектора	1
2	Газоаналізатор	контроль токсичності	1
3	Стенд діагностики гідросистем	вимір тиску 0–25 МПа	1
4	Манометри та перехідники	для вузлів гідравліки	1 комплект
5	Електронний мультиметр	заміри напруг, опорів	2
6	Ендоскоп технічний	огляд важкодоступних зон	1

Обладнання мийної зони. Використовується перед ТО-2 та діагностикою.

Таблиця 3.9 – Обладнання мийної дільниці

Обладнання	Характеристика	Кількість
Мийка високого тиску	150–200 бар, 12–15 л/хв	1
Мийна ванна для деталей	200–300 л	1
Система очищення стоків	масловідділювач, фільтри	1

Пересувний пост повинен мати автономність та можливість виконувати ЩТО і часткові роботи ТО-1.

Таблиця 3.10 – Оснащення мобільного ПТО

Найменування	Характеристика
Бензогенератор	3–5 кВт
Компресор переносний	0,3–0,5 м³/хв
Набір інструментів	150–200 од.
Домкрат 5 т	механічний або гідравлічний
Лампи переносні	світлодіодні, IP65
Ємність для мастил	20–40 л

3.5 Розрахунок площі виробничих приміщень

Розрахунок площі виробничих приміщень комбінованого пункту технічного обслуговування (ПТО) виконується з урахуванням кількості постів, габаритів тракторів ХТЗ класу 0,9, вимог безпеки руху та нормативних відстаней між обладнанням і огорожувальними конструкціями. Метою розрахунку є визначення раціональних розмірів будівлі ПТО та окремих функціональних зон.

Основні вихідні параметри:

- кількість постів ТО-1/ТО-2 – $n_{ТО} = 2$;
- кількість діагностичних постів – $n_{\partial} = 1$;
- кількість мийних постів – $n_{м} = 1$;
- дільниця дрібного ремонту – 1 зона;
- габарити трактора ХТЗ класу 0,9: довжина $L_{mp} = 3,5$ м, ширина $B_{mp} = 1,8$ м;
- мінімальні бокові проходи між трактором та огороженням – 0,8–1,0 м;
- відстань між осями постів – 4,0–4,5 м.

Площа одного поста визначається за формулою

$$F_n = (L_{mp} + a) \times (B_{mp} + b), \quad (3.10)$$

де a – запас по довжині (1,5–2,0 м),

b – запас по ширині (1,2–1,5 м).

Для постів ТО приймаємо: $a = 2,0$ м, $b = 1,5$ м:

$$F_{n,TO} = (3,5 + 2,0) \times (1,8 + 1,5) = 5,5 \times 3,3 \approx 18,15 \text{ м}^2.$$

З урахуванням технологічних проходів та місця для обладнання реальна нормативна площа одного поста збільшується до 40–45 м². Для подальших розрахунків приймаємо:

$$F_{n,TO} = 42 \text{ м}^2.$$

Площа виробничої частини визначається як сума площ усіх постів та спеціалізованих дільниць:

$$F_{вир} = \sum_{i=1}^k n_i \cdot F_{n,i}, \quad (3.11)$$

де n_i – кількість постів i -го виду,

$F_{n,i}$ – площа одного поста i -го виду.

Таблиця 3.11 – Розрахунок площі виробничих постів ПТО

Виробнича зона / пост	Кількість, n_i	Площа одного поста $F_{n,i}, \text{ м}^2$	Загальна площа, м ²
Пости ТО-1/ТО-2	2	42	84
Діагностичний пост	1	36	36
Мийно-очисна дільниця	1	35	35
Дільниця дрібного ремонту	1	30	30
Разом виробнича площа	—	—	185

Отже,

$$F_{вир} = 84 + 36 + 35 + 30 = 185 \text{ м}^2.$$

Площа допоміжних та адміністративно-побутових приміщень визначається у відсотках від виробничої площі за коефіцієнтами:

$$F_{дон} = k_{дон} \times F_{вир}, \quad F_{адм} = k_{адм} \times F_{вир}, \quad (3.12)$$

де $k_{дон} = 0,25-0,30$ – для складських і технічних приміщень;

$k_{адм} = 0,18-0,22$ – для побутових і адміністративних приміщень.

Прийmemo: $k_{дон} = 0,25$, $k_{адм} = 0,20$.

Тоді:

$$F_{дон} = 0,25 \times 185 = 46,25 \approx 46 \text{ м}^2,$$

$$F_{адм} = 0,20 \times 185 = 37 \text{ м}^2.$$

Таблиця 3.12 – Структура площі приміщень ПТО

Група приміщень	Формула розрахунку	Площа, м ²	Частка, %
Виробнича зона	$F_{вир}$	185	69
Допоміжні (склад, технічні кімнати)	$F_{дон} = 0,25F_{вир}$	46	17
Адмін.-побутові приміщення	$F_{адм} = 0,20F_{вир}$	37	14
Усього	$F_{заг} = F_{вир} + F_{дон} + F_{адм}$	268	100

Отже, розрахункова загальна площа будівлі ПТО:

$$F_{заг} = 185 + 46 + 37 = 268 \text{ м}^2.$$

Планувальні розміри будівлі вибираються з урахуванням розміщення постів, проїздів і проходів. Площа будівлі:

$$F_{буд} = L \times B, \quad (3.13)$$

де L – довжина, B – ширина.

Як орієнтир приймаємо:

- ширина будівлі $B = 12$ м (розміщення двох постів у ширину з проходами);
- довжина будівлі $L = 24$ м.

Тоді:

$$F_{буд} = 12 \times 24 = 288 \text{ м}^2.$$

Площа будівлі перевищує розрахункову $F_{заг}$, що забезпечує резерв для розміщення інженерних комунікацій, евакуаційних проходів та можливого розширення виробництва.

Для наочного відображення результатів доцільно побудувати план-схему будівлі ПТО.

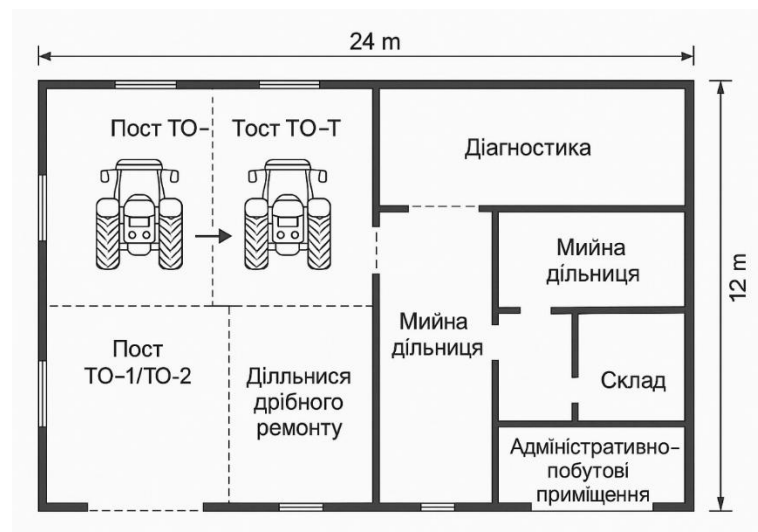


Рисунок 3.4 – Планувальна схема виробничих приміщень комбінованого ПТО

Запропоновані планувальні розміри будівлі 12×24 м забезпечують необхідні умови для безпечного та ефективного виконання технічного обслуговування тракторів та відповідають вимогам технологічного планування сервісних підприємств.

3.6 Аналіз технічної готовності та виробничої продуктивності трактора

У сучасних умовах ефективність використання тракторного парку сільськогосподарських підприємств значною мірою визначається технічним станом машин та організацією їх технічного обслуговування й ремонту. Одним із ключових показників працездатності тракторної техніки є коефіцієнт технічної готовності, який характеризує здатність трактора своєчасно та безперебійно виконувати механізовані роботи протягом календарного періоду.

У цьому розділі виконується комплексний аналіз технічного стану та річної продуктивності трактора ХТЗ класу 0,9, який широко застосовується в господарствах для виконання легких і середніх технологічних операцій: передпосівного обробітку, культивації, сівби, міжрядного догляду тощо.

Трактори мають такі експлуатаційними характеристиками:

- робота за змінною технологічною продуктивністю (га/год);
- наявність сезонності – періоди максимального навантаження та простоїв;
- різні режими роботи двигуна, пов'язані з типом виконуваної операції;
- інтенсивне зношування робочих органів і навісного обладнання;
- складні умови експлуатації (грунтові умови, пил, змінні навантаження).

Тому оцінка технічної готовності трактора потребує врахування річної напруженості (мото-годин), коефіцієнтів коригування ремонтів, сезонності та продуктивності агрегату.

Основними показниками працездатності тракторів є:

- коефіцієнт технічної готовності;
- коефіцієнт використання змінного часу;
- коефіцієнт використання потужності та робочої ширини агрегату;
- річна (сезонна) продуктивність.

Одним із ключових комплексних показників, що характеризують працездатність тракторів у сільськогосподарському виробництві, є коефіцієнт технічної готовності. Він визначає частку календарного часу, протягом якого трактор перебуває у справному стані та спроможний виконувати механізовані роботи. Чим вищим є значення цього коефіцієнта, тим стабільніше організовано технічне обслуговування та ремонт у господарстві, і тим рівномірніше трактор забезпечує виконання виробничих операцій.

У цьому підрозділі виконується аналіз технічної готовності на прикладі трактора ХТЗ класу 0,9, який є широко застосовуваною моделлю для легких та середніх сільськогосподарських робіт (культивуація, боронування, сівба, міжрядний обробіток тощо).

Коефіцієнт технічної готовності визначається:

$$\alpha_m = \frac{D_e}{D_e + D_{pc}}, \quad (3.14)$$

де: D_e – кількість днів експлуатації за цикл;

D_{pc} – кількість днів простою у ТО та ремонтах.

Кількість днів експлуатації

$$D_e = D_{cy} - D_{pc}. \quad (3.15)$$

Приймається цикл тривалістю:

$$D_{cy} = 145 \text{ днів.}$$

Кількість днів простою в ремонтах та ТО

Для тракторів приймається:

$$D_{pc} = D_{kp} + D_{TO, PR} \cdot k_{кор} \cdot \frac{H_{cy}}{100}, \quad (3.16)$$

де: D_{kp} – простій у капітальному ремонті (для тракторів класу 0,9 – 12 днів, приймаємо),

$D_{TO, PR}$ – питомий простій у ТО і поточних ремонтах, стандартно 4–6 днів / 100 мото-годин (приймаємо 5 днів);

H_{cy} – річне напрацювання трактора, мото-год;

$k_{кор}$ – коефіцієнт коригування залежно від напрацювання з початку експлуатації:

Частка ресурсу	0...0,25	0,25...0,5	0,5...0,75	0,75...1
$k_{кор}$	0,7	0,7	1,0	1,2

Для аналізу беремо середньодобові напрацювання:

- 4 м·г/добу $\rightarrow H=1460$
- 6 м·г/добу $\rightarrow H=2190$
- 8 м·г/добу $\rightarrow H=2920$
- 10 м·г/добу $\rightarrow H=3650$

Річне напрацювання:

$H = 580, 870, 1160, 1450$ мото-годин відповідно.

Річна продуктивність трактора у польових роботах визначається:

$$W_p = 145 \alpha_n \times \alpha_m \times W_d \times \gamma_m \times \beta_m, \quad (3.17)$$

де $\alpha_n = 0,91$ – коефіцієнт неробочих днів;

$\alpha_m = 0,91$ – коефіцієнт технічної готовності;

W_d – добова продуктивність агрегату (га/добу);

$\gamma_m = 0,8$ – коефіцієнт використання агрегату,

$\beta_m = 0,75$ – коефіцієнт використання часу зміни,

$$W_d = B \times v \times \eta \times T_{зм}. \quad (3.18)$$

Годинна продуктивність:

$$W_{год} = \frac{B \cdot v \cdot \eta}{10}. \quad (3.19)$$

Річна продуктивність трактора при виконанні боронування визначається залежно від технічної готовності, параметрів агрегату та коефіцієнтів використання часу. Боронування – це операція з широкозахватними знаряддями (БЗТС, БЗСС, зубові/дискові борони). Для боронування на тракторах ХТЗ класу 0,9 най частіше застосовують борону БЗСС-1.0×6.

Типові значення для боронування бороною БЗСС-1.0×6:

Ширина захвату: $B = 6$ м;

Швидкість: $v = 8$ км/год;

Коефіцієнт часу: $\eta = 0,8$.

Підставимо:

$$W_{\text{год}} = \frac{6 \cdot 8 \cdot 0,8}{10} = 3,84, \text{ га/год.}$$

Добова продуктивність агрегату (боронування)

де $T_{\text{зм}}=8$ год – тривалість зміни.

$$W_{\text{д}}=3,84 \cdot 8=30,72 \text{ га/доб.}$$

Прийmemo: $\alpha_n=0,91$; $\gamma_m=0,8$; $\beta_m=0,75$.

Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності трактора під час боронування виробляються для середньодобових напрацювань 4, 6, 8 та 10 мото-год/доб.

Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності трактора під час боронування опрацьовано за допомогою програми *Excel*, а їх результати представлені у таблицях (табл. 3.13 – 3.16) та графічній формі (рисунки 3.5 та 3.6).

Таблиця 3.13 - Результати розрахунків для $l_c = 4$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{\text{кор}}$	$D_{\text{рц}}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	28,4	116,6	0,804	2461,12
0,25...0,5	0,7	31,3	113,7	0,784	2399,9
0,5...0,75	1	40	105	0,724	2216,23
0,75...1	1,2	45,8	99,2	0,684	2093,79

Таблиця 3.14 - Результати розрахунків для $l_c = 6$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{\text{кор}}$	$D_{\text{рц}}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	37,1	107,9	0,744	3416,18
0,25...0,5	0,7	41,45	103,55	0,714	3278,43
0,5...0,75	1	54,5	90,5	0,624	2865,18
0,75...1	1,2	63,2	81,8	0,564	2589,69

Таблиця 3.15 - Результати розрахунків для $l_c = 8$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{\text{кор}}$	$D_{\text{рц}}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	45,8	99,2	0,684	4187,58
0,25...0,5	0,7	51,6	93,4	0,644	3942,69
0,5...0,75	1	69	76	0,524	3208,03
0,75...1	1,2	80,6	64,4	0,444	2718,25

Таблиця 3.16 - Результати розрахунків для $l_c = 10$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	54,5	90,5	0,624	4775,31
0,25...0,5	0,7	61,75	83,25	0,574	4392,67
0,5...0,75	1	83,5	61,5	0,424	3244,76
0,75...1	1,2	98	47	0,324	2479,49

На рисунку 3.5 представлено залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції боронування.

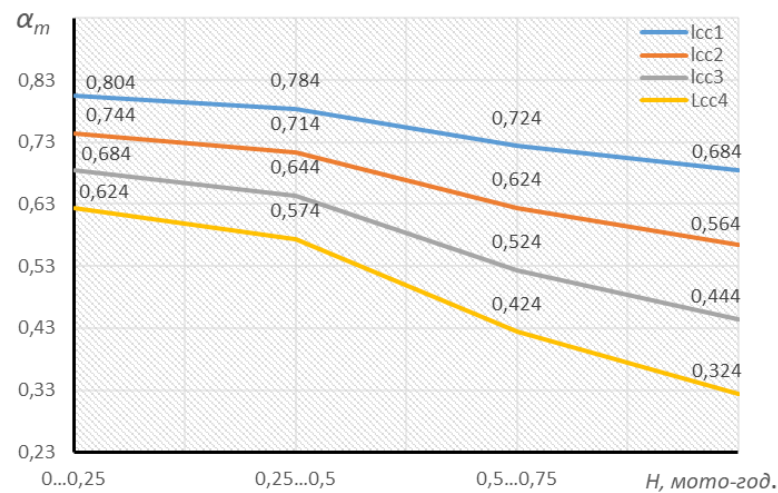


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції боронування

На рисунку 3.6 представлено залежність річної продуктивності від напруження для операції боронування.

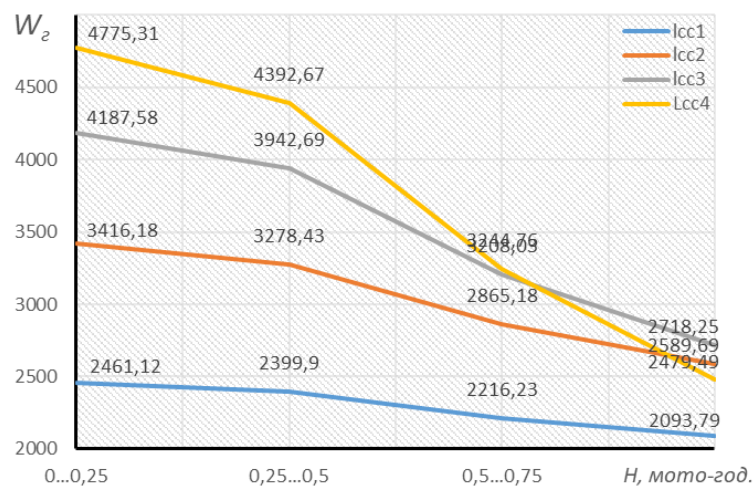


Рисунок 3.6 – Залежність річної продуктивності від напруження для операції боронування

Річну продуктивність трактора при міжрядному обробітку рахують так само, як і для інших польових робіт, тільки з урахуванням параметрів культиватора для міжряддя. Для міжрядного обробітку на тракторі ХТЗ класу 0,9 найчастіше застосовують спеціалізовані культиватори-рослинопідживлювачі КРН-4,2.

Типові значення для міжрядного обробітку на культиваторі КРН-4,2:

Ширина захвату: $B = 4,2$ м; Швидкість: $v = 6$ км/год; Коефіцієнт часу: $\eta = 0,8$.

Підставимо:

$$W_{\text{год}} = \frac{4,2 \cdot 6 \cdot 0,8}{10} = 2,02, \text{ га/год.}$$

Добова продуктивність агрегату (боронування)

де $T_{\text{зм}}=8$ год – тривалість зміни.

$$W_{\text{д}}=2,02 \cdot 8=16,16 \text{ га/доб.}$$

Розрахунок річної продуктивності трактора при міжрядному обробітку. Прийmemo: $\alpha_n=0,91$; $\gamma_m=0,8$; $\beta_m=0,75$.

Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності трактора під час міжрядного обробітку представлені у таблицях (табл. 3.17 – 3.20) та графічній формі (рис. 3.7 та 3.8).

Таблиця 3.17 - Результати розрахунків для $l_c = 4$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{\text{кор}}$	$D_{\text{рц}}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	25,92	119,08	0,821	1319,41
0,25...0,5	0,7	28,24	116,76	0,805	1293,7
0,5...0,75	1	35,2	109,8	0,757	1216,56
0,75...1	1,2	39,84	105,16	0,725	1165,13

Таблиця 3.18 - Результати розрахунків для $l_c = 6$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{\text{кор}}$	$D_{\text{рц}}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	32,88	112,12	0,773	1863,4
0,25...0,5	0,7	36,36	108,64	0,749	1805,55
0,5...0,75	1	46,8	98,2	0,677	1631,98
0,75...1	1,2	53,76	91,24	0,629	1516,27

Таблиця 3.19 - Результати розрахунків для $l_c = 8$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	39,84	105,16	0,725	2330,26
0,25...0,5	0,7	44,48	100,52	0,693	2227,41
0,5...0,75	1	58,4	86,6	0,597	1918,85
0,75...1	1,2	67,68	77,32	0,533	1713,14

Таблиця 3.20 - Результати розрахунків для $l_c = 10$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	46,8	98,2	0,677	2719,97
0,25...0,5	0,7	52,6	92,4	0,637	2559,27
0,5...0,75	1	70	75	0,517	2077,14
0,75...1	1,2	81,6	63,4	0,437	1755,73

На рисунку 3.7 представлено залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції міжрядного обробітку.

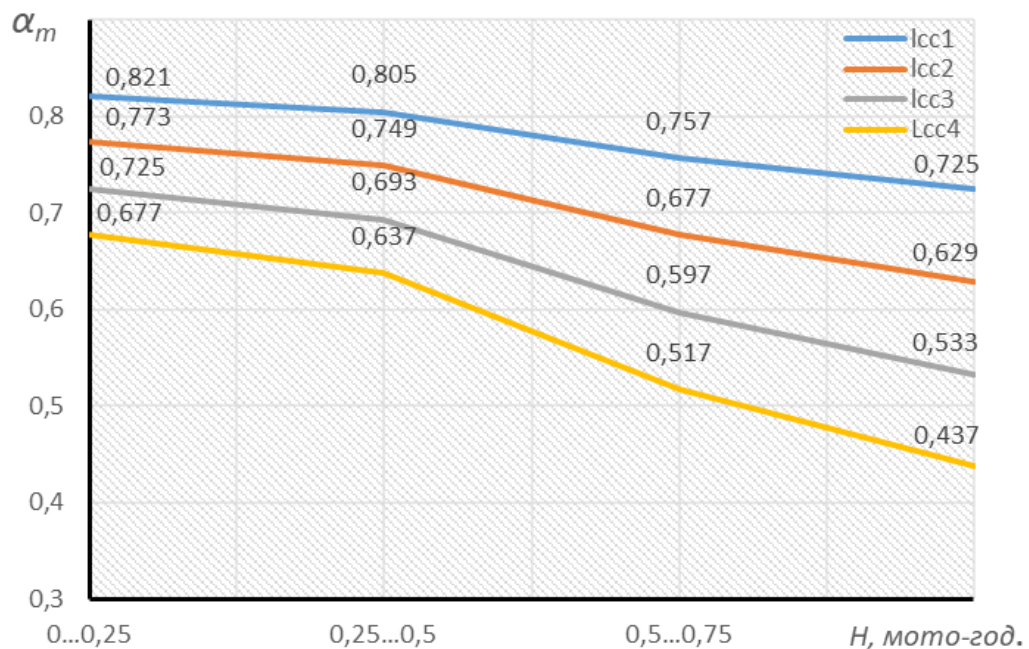


Рисунок 3.7 – Залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції міжрядного обробітку

На рисунку 3.8 представлено залежність річної продуктивності від напруження для операції міжрядного обробітку.

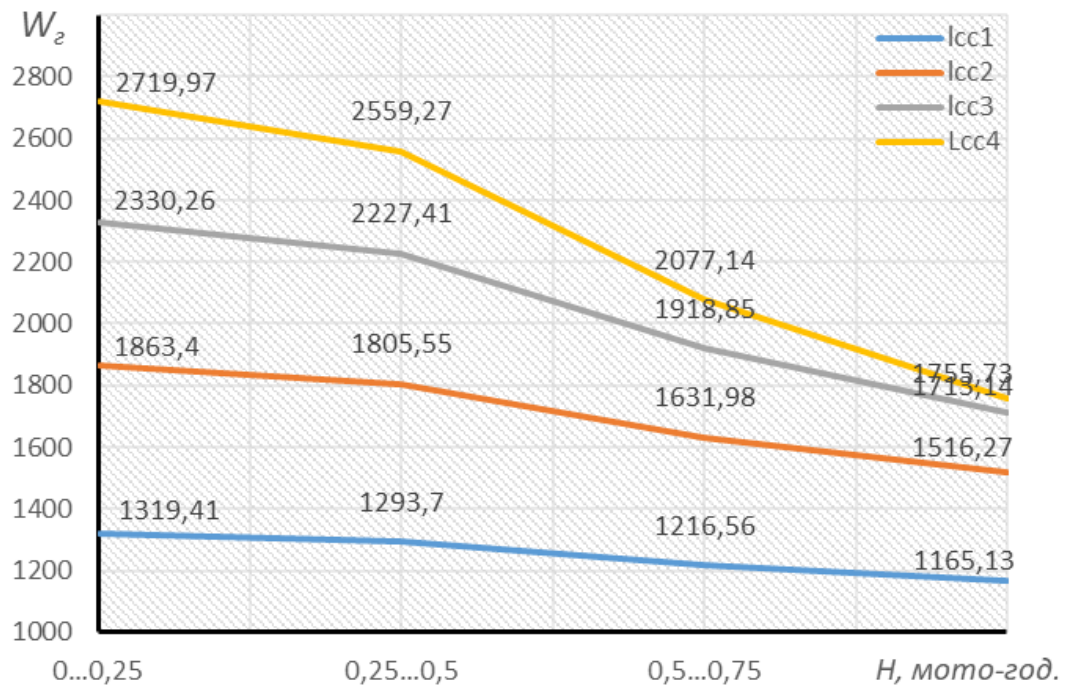


Рисунок 3.8 – Залежність річної продуктивності від напруження для операції міжрядного обробітку

Річну продуктивність трактора при сівбі рахують так само, як і для інших польових робіт, тільки з урахуванням параметрів сівалки. Для сівби на тракторі ХТЗ класу 0,9 найчастіше застосовують сівалки типу *Demetra* СЗД 4,2.

Типові значення для сівби на сівалці *Demetra* СЗД 4,2:

Ширина захвату: $B = 4,2$ м;

Швидкість: $v = 8$ км/год;

Коефіцієнт часу: $\eta = 0,8$.

Підставимо:

$$W_{год} = \frac{4,2 \cdot 8 \cdot 0,8}{10} = 2,69, \text{ га/год.}$$

Добова продуктивність агрегату (боронування)

де $T_{зм}=8$ год – тривалість зміни.

$$W_d = 2,69 \cdot 8 = 21,52 \text{ га/доб.}$$

Розрахунок річної продуктивності трактора при міжрядному обробітку.

Прийmemo: $\alpha_n=0,91$; $\gamma_m=0,8$; $\beta_m=0,75$.

Розрахунки коефіцієнта технічної готовності та річної продуктивності трактора під час сівби представлені у таблицях (табл. 3.21 – 3.24) та графічній формі (рис. 3.9 та 3.10).

Таблиця 3.21 - Результати розрахунків для $l_c = 4$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	23,92	121,08	0,835	2594,6
0,25...0,5	0,7	26,24	118,76	0,819	2544,88
0,5...0,75	1	33,2	111,8	0,771	2395,73
0,75...1	1,2	37,84	107,16	0,739	2296,3

Таблиця 3.22 - Результати розрахунків для $l_c = 6$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	30,88	114,12	0,787	3668,17
0,25...0,5	0,7	34,36	110,64	0,763	3556,31
0,5...0,75	1	44,8	100,2	0,691	3220,72
0,75...1	1,2	51,76	93,24	0,643	2997

Таблиця 3.23 - Результати розрахунків для $l_c = 8$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	37,84	107,16	0,739	4592,6
0,25...0,5	0,7	42,48	102,52	0,707	4393,73
0,5...0,75	1	56,4	88,6	0,611	3797,13
0,75...1	1,2	65,68	79,32	0,547	3399,39

Таблиця 3.24 - Результати розрахунків для $l_c = 10$ мото-год/доб.

Ресурс, частка	$k_{кор}$	$D_{рц}$, дні	D_e , дні	α_m	W_p
0...0,25	0,6	44,8	100,2	0,691	5367,87
0,25...0,5	0,7	50,6	94,4	0,651	5057,14
0,5...0,75	1	68	77	0,531	4124,95
0,75...1	1,2	79,6	65,4	0,451	3503,49

На рисунку 3.9 представлено залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції сівби.

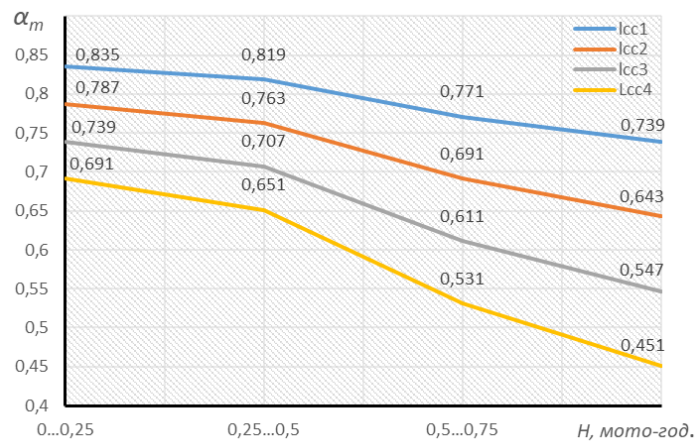


Рисунок 3.9 – Залежність коефіцієнта технічної готовності від напруження для операції сівби

На рисунку 3.10 представлено залежність річної продуктивності від напруження для операції сівби.

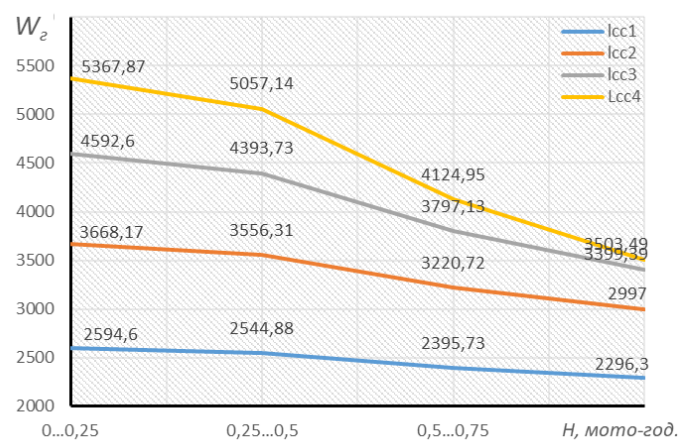


Рисунок 3.10 – Залежність річної продуктивності від напруження для операції сівби

Технічна готовність трактора ХТЗ класу 0,9 суттєво залежить від інтенсивності його використання та частки виробленого ресурсу. При річній напруженні понад 3000 мото-годин коефіцієнт технічної готовності знижується на 25–35%. Інтенсивні режими експлуатації (10–12 мото-годин /добу) потребують вдосконалення системи ТО і ПР. Річна продуктивність трактора прямо пропорційна коефіцієнту технічної готовності та значно знижується при зростанні ремонтних простоїв. Отримані залежності дозволяють оптимізувати режими експлуатації, планування технічного обслуговування та навантаження на трактора.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальні положення

Система охорони праці та захисту навколишнього середовища у пункті технічного обслуговування (ПТО) тракторів ХТЗ класу 0,9 є невід'ємною складовою організації виробничого процесу та спрямована на забезпечення безпечних умов праці, запобігання травматизму, зниження впливу шкідливих факторів на персонал і мінімізацію негативних екологічних наслідків. Особливість роботи ПТО полягає у поєднанні механічних, електротехнічних, діагностичних, ремонтних та мийно-очисних операцій, що, у свою чергу, формує комплексний вплив фізичних, хімічних та психофізіологічних факторів на працівників. Водночас значні обсяги використання паливно-мастильних матеріалів (ПММ), мийних розчинів, технічних рідин і обладнання підвищеної небезпеки потребують жорсткого контролю їх обігу та утилізації.

Основою організації охорони праці в ПТО є законодавчі та нормативно-правові акти України, зокрема Закон України «Про охорону праці», Кодекс цивільного захисту України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», а також державні стандарти й галузеві правила безпеки (НПАОП). Дані документи визначають обов'язки роботодавця щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці, впровадження системи управління ризиками, організації контролю за станом охорони праці та дотриманням екологічних норм. Важливе місце у системі займають також санітарні правила, будівельні норми (ДБН), норми освітлення, вентиляції та мікроклімату виробничих приміщень (ДСП, ДСН).

У сучасних умовах забезпечення охорони праці у ПТО тракторів повинно ґрунтуватися на превентивному підході, що передбачає не лише реагування на небезпечні ситуації, а й запобігання їх виникненню. Такий підхід реалізується шляхом:

- систематичного аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- оцінювання рівня професійного ризику;

- застосування інженерно-технічних рішень для усунення або зменшення небезпек;

- організаційних заходів (інструктажі, навчання, атестація робочих місць);
- використання засобів індивідуального та колективного захисту;
- автоматизації та механізації найбільш небезпечних процесів;
- контролю за дотриманням вимог охорони праці та екологічної безпеки.

Під час експлуатації ПТО основну увагу приділяють запобіганню травмам, які можуть виникати внаслідок роботи з рухомими частинами машин, обладнанням підвищеної потужності, дії електричного струму, високого тиску в гідравлічних системах, а також впливу токсичних речовин. Додатковими ризиками є підвищена вологість у мийній зоні, ризик ковзання, локальні температурні перепади та підвищені рівні шуму і вібрації. Систематичний моніторинг цих факторів створює підґрунтя для формування ефективної системи безпеки праці.

Важливим завданням сучасного ПТО є застосування технологій, що сприяють зменшенню негативного впливу на довкілля: використання екологічно безпечних мийних засобів, впровадження систем фільтрації та очищення повітря, утилізація вторинних ресурсів, зниження кількості шкідливих викидів за рахунок оптимізації режимів діагностики двигунів. Такі заходи сприяють підвищенню екологічної безпеки та відповідності діяльності ПТО міжнародним стандартам, зокрема ISO 14001.

4.2 Логікоімітаційне моделювання

Логікоімітаційне моделювання є одним із найбільш ефективних методів дослідження небезпечних виробничих ситуацій, що виникають під час виконання технічного обслуговування (ТО) тракторів ХТЗ класу 0,9. Сутність цього методу полягає у побудові логічних структур (дерев подій, дерев відмов, блок-схем причинно-наслідкових зв'язків), які дозволяють відтворити механізм формування небезпечної ситуації та оцінити її ймовірність. На відміну від статичних методів аналізу, логікоімітаційне моделювання забезпечує динамічне

простеження розвитку події з урахуванням взаємодії технічних, організаційних та людських факторів.

Основною метою логіко імітаційного моделювання у ПТО є встановлення критичних точок технологічного процесу ТО, які можуть бути джерелами травмування персоналу, аварійної відмови обладнання або негативного впливу на навколишнє середовище. На основі моделі формуються превентивні заходи, спрямовані на мінімізацію ризиків.

Методологія логіко імітаційного моделювання ґрунтується на використанні логічних операторів (І, АБО, НЕ), що дозволяють побудувати формалізований опис взаємозв'язків між факторами небезпеки. При цьому вихідними даними є:

- характер технологічної операції (діагностика, мийка, ТО-1, ТО-2, ремонт);
- технічний стан машин та обладнання;
- рівень кваліфікації та психофізіологічний стан оператора;
- умови виробничого середовища (освітлення, мікроклімат, концентрація шкідливих речовин);
- параметри механічної, електричної, хімічної та вібраційної дії.

Зазначені фактори утворюють вхідний стан моделі, який далі перетворюється у логічну структуру причинно-наслідкових взаємозалежностей. Кожен вузол моделі відповідає конкретній події або фактору, а логічні зв'язки враховують специфіку їх взаємодії.

Для ефективного аналізу небезпечних ситуацій у ПТО застосовується така послідовність моделювання:

1. Ідентифікація потенційно небезпечних операцій ТО

Встановлюються технологічні операції, під час яких імовірність виникнення небезпечних ситуацій є найвищою:

- діагностика двигуна з працюючою силовою установкою;
- регулювання гідросистеми під тиском;
- зняття важких агрегатів;
- зварювальні та шліфувальні роботи;

- мийно-очисні операції з аерозольними розчинами.

2. Формування переліку первинних подій

До первинних подій належать: відмова інструменту, помилка оператора, порушення технологічного регламенту, несправність вентиляції, перелив мастил, перевищення допустимих параметрів напруги чи тиску.

3. Побудова логічного дерева причин

Використовуючи оператори логіки, формують дерево подій, де кожна подія може бути зумовлена однією або кількома первинними причинами.

Наприклад, небезпечна ситуація «ураження оператора струмом» може бути представлена як:

- несправність ізоляції (І) контакт із вологими поверхнями;
- перевантаження мережі (АБО) порушення правил експлуатації обладнання;
- неправильне заземлення (І) ушкодження кабелю.

Загальний рівень ризику обчислюють за формулою:

$$R = P \times S, \quad (4.1)$$

де P – імовірність події;

S – тяжкість наслідків.

Особливістю ПТО є поєднання механічних, електричних і хімічних ризиків, що робить логікоімітаційне моделювання особливо ефективним. Воно дозволяє:

- визначити найбільш критичні ділянки (діагностична, ремонтна, мийна);
- виявити операції, що найчастіше призводять до небезпечних ситуацій;
- спрогнозувати наслідки відмов технічних систем;
- оцінити адекватність існуючих заходів захисту;
- оптимізувати систему організації робочих місць.

4.3 Метод експертного оцінювання операцій технічного обслуговування тракторів

Ефективне управління професійними ризиками у пункті технічного обслуговування тракторів потребує кількісного визначення небезпеки кожної

технологічної операції. Оскільки рівень небезпеки є складною інтегральною характеристикою, що залежить від технічних, організаційних та людських факторів, одним із найбільш результативних підходів до його визначення є метод експертного оцінювання. У сервісних системах агропромислового комплексу цей метод широко застосовується для аналізу технологічних процесів, визначення пріоритетних ризиків та формування заходів щодо їх мінімізації.

Метод експертного оцінювання ґрунтується на залученні групи професійно підготовлених фахівців, які шляхом індивідуального або колективного опитування надають оцінки небезпечності певних операцій технічного обслуговування. Експертиза дає можливість врахувати практичний досвід працівників ПТО, особливості виконання робіт, типові помилки операторів, поведінку техніки у нестандартних умовах та інші чинники, що складно врахувати аналітичними методами.

У рамках цього методу експерти здійснюють оцінювання за бальною шкалою, що характеризує:

- ймовірність виникнення небезпечної події;
- тяжкість можливих наслідків;
- частоту виконання операції;
- потенційну дію шкідливих виробничих факторів;
- ступінь залежності від людського чинника.

Таке багатокритеріальне оцінювання дозволяє отримати інтегральний показник небезпечності для кожної операції ТО.

Для забезпечення об'єктивності рекомендується формувати експертну групу з 5–7 фахівців, що мають:

- досвід роботи в ПТО не менше 3–5 років;
- знання з охорони праці та технічного сервісу;
- практичний досвід виконання регламентних робіт ТО;
- навички оцінювання ризиків.

Перелік операцій, що підлягають оцінюванню, формується на основі технологічного регламенту ТО-1, ТО-2 та ремонтних операцій. Типовими операціями є:

- перевірка та регулювання двигуна;
- діагностика гідросистеми;
- заміна мастил і фільтрів;
- роботи у зоні ходової частини;
- електротехнічні операції;
- мийно-очисні роботи;
- зварювальні та шліфувальні операції.

Методика проведення експертного оцінювання

1. Визначення критеріїв оцінювання

Найчастіше використовують такі критерії безпеки:

- K_1 – ймовірність небезпечної події;
- K_2 – тяжкість наслідків;
- K_3 – дія небезпечних факторів;
- K_4 – залежність від людського чинника;
- K_5 – частота виконання операції.

Кожен критерій оцінюється за 5-бальною шкалою.

2. Проведення індивідуального експертного опитування

Кожен експерт заповнює оціночну матрицю.

3. Оброблення результатів

Розраховується середньоарифметичний бал для кожного критерію:

$$\overline{K}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij}, \quad (4.2)$$

де n – кількість експертів,

K_{ij} – оцінка j -го експерта за i -м критерієм.

4. Розрахунок інтегрального показника небезпечності

Використовується формула:

$$I = \sum_{i=1}^m w_i \cdot \overline{K_{ij}}, \quad (4.3)$$

де m – кількість критеріїв,

w_i – вагові коефіцієнти (визначаються експертами або аналітично).

5. Класифікація небезпеки

На основі інтегрального показника виокремлюють рівні:

- $I \geq 18$ – високий рівень небезпеки;
- $12 \leq I < 18$ – середній рівень;
- $I < 12$ – низький рівень.

Застосування експертного оцінювання дає можливість:

- визначити найбільш небезпечні операції ТО;
- розподілити ресурси охорони праці за пріоритетними напрямками;
- сформувати цілеспрямовані заходи щодо зниження ризиків;
- оптимізувати структуру робочих місць;
- визначити потребу в засобах індивідуального захисту;
- сформувати навчальні програми для персоналу з урахуванням реальних загроз.

4.4 Метод експертного ранжування операцій технічного обслуговування тракторів

Метод експертного ранжування є подальшим етапом поглибленого аналізу ризиків після здійснення експертного оцінювання. Його основним завданням є визначення пріоритетності технологічних операцій технічного обслуговування (ТО) залежно від рівня небезпеки, ймовірності виникнення травмонезбезпечних ситуацій та потенційної шкоди для персоналу, обладнання та навколишнього середовища. Ранжування дозволяє сформувати чітку ієрархію операцій за ступенем ризику та оптимізувати розподіл заходів охорони праці відповідно до найбільш критичних точок виробничого процесу.

Експертне ранжування базується на порівняльному аналізі небезпеки операцій ТО та визначенні відносних коефіцієнтів їх пріоритетності. На відміну

від традиційного експертного оцінювання, яке дає абсолютні чисельні показники небезпечності, ранжування дозволяє оцінити структуру ризиків і розподілити операції за ступенем небезпечності від найвищого до найнижчого.

Основою методу є принцип попарного порівняння операцій, що дає змогу уникнути суб'єктивності та підвищує достовірність результатів. У класичному вигляді метод ґрунтується на ідеях аналітичної ієрархічної процедури (АНР) Сааті, хоча його застосування у ПТО може бути адаптоване до практичних умов підприємства.

Наприклад, порівнюючи операції «регулювання гідросистеми» та «заміна фільтрів», експерт може призначити бал 7, що означає значно більшу небезпеку першої операції.

Отримані оцінки формують матрицю:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 & \end{pmatrix},$$

де a_{ij} – відношення небезпеки i -ї операції до j -ї.

Для визначення пріоритетності операцій обчислюють власний вектор ваг:

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{kj}}}, \quad (4.4)$$

де w_i – вага (пріоритет) i -ї операції.

Отримані вагові коефіцієнти відображають частку ризику, яку формує кожна операція в загальній структурі небезпек.

Для забезпечення достовірності результатів обчислюють індекс узгодженості (CI) та коефіцієнт узгодженості (CR):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (4.5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (4.6)$$

де $\lambda_{\max}$ – максимальне власне число матриці,

RI – довідковий індекс випадкової узгодженості (за Сааті),

n – кількість операцій.

Рівень узгодженості вважається задовільним, якщо:

$$CR < 0,1.$$

У разі перевищення цього значення експерти повинні повторити оцінювання.

На основі аналізу типових технологічних процесів ПТО встановлено, що найбільш небезпечними операціями є:

1. Регулювання гідросистеми під тиском – найвищий пріоритет (вага 0,28–0,32).
2. Діагностика двигуна при працюючій силовій установці – ваговий коефіцієнт 0,22–0,25.
3. Зварювальні та різальні операції – 0,15–0,17.
4. Мийно-очисні роботи – 0,10–0,12.
5. Регламентні операції ТО-2 – 0,08–0,10.
6. Регламентні операції ТО-1 – 0,06–0,08.
7. Заміна мастил і фільтрів – найнижча небезпека (0,03–0,05).

Отримане ранжування дозволяє встановити, що контроль і оптимізація перших трьох груп операцій здатні суттєво знизити загальний рівень виробничих ризиків у ПТО.

Таким чином, метод експертного ранжування є важливим інструментом забезпечення системного підходу до управління професійними ризиками, дозволяє глибоко оцінити взаємозв'язок між операціями ТО і виробничою безпекою та створює науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень у сфері охорони праці.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1 Розрахунок капітальних вкладень на організацію пункту технічного обслуговування

Техніко-економічне обґрунтування створення пункту технічного обслуговування (ПТО) тракторів ХТЗ класу 0,9 базується на визначенні необхідного обсягу капітальних вкладень, що включають будівельні роботи, закупівлю технологічного обладнання, інженерно-технічну інфраструктуру, витрати на енергозабезпечення та організаційні витрати. Капітальні вкладення становлять основу для розрахунку економічної ефективності проєкту, його окупності та рентабельності.

Загальні капітальні вкладення K складаються з таких основних компонентів:

$$K = K_{\text{буд}} + K_{\text{обл}} + K_{\text{інфр}} + K_{\text{орг}} + K_{\text{рез}}, \quad (5.1)$$

де: $K_{\text{буд}}$ – витрати на будівництво або реконструкцію приміщень;

$K_{\text{обл}}$ – вартість технологічного обладнання;

$K_{\text{інфр}}$ – витрати на інженерні мережі (електрика, вентиляція, водопостачання, каналізація);

$K_{\text{орг}}$ – організаційні витрати (проєктування, дозвільна документація);

$K_{\text{рез}}$ – резерв витрат (5–10 % від суми для непередбачених робіт).

Будівельні витрати включають:

- спорудження виробничих приміщень;
- облаштування під'їзних шляхів;
- внутрішнє оздоблення;
- монтаж підлог під тракторні навантаження.

Площа ПТО:

$$S_{\text{ПТО}} = S_{\text{постів}} + S_{\text{допоміж}} = 210 + 140 = 350 \text{ м}^2. \quad (5.2)$$

Середня вартість будівництва 1 м² виробничого приміщення – 12000 грн.

$$K_{\text{буд}} = S_{\text{ПТО}} \times C_{\text{м}2} = 350 \times 12000 = 4200000 \text{ грн}. \quad (5.3)$$

Комплект обладнання для комбінованого ПТО включає:

- постові підйомні домкрати;

- компресорну станцію;
- установку для мийки високим тиском;
- діагностичний стенд ДВЗ;
- стенд перевірки гідросистем;
- комплект електроінструментів;
- зварювальне обладнання;
- верстати для слюсарної дільниці;
- складські стелажі.

Таблиця 5.1 – Вартість технологічного обладнання ПТО

№	Найменування обладнання	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1	Підйомні домкрати 5 т	2	45000	90000
2	Компресорна станція 10 бар	1	120000	120000
3	Мийка високого тиску	1	95000	95000
4	Стенд діагностики ДВЗ	1	350000	350000
5	Стенд перевірки гідросистем	1	280000	280000
6	Зварювальний апарат MIG/MAG	1	42000	42000
7	Гайковерти та електроінструмент	1 комплект	110000	110000
8	Верстат слюсарний	1	95000	95 000
9	Стелажі та шафи	комплект	60000	60 000
—	Разом $K_{обл}$	—	—	1242000

Отже:

$$K_{обл} = 1242000 \text{ грн.}$$

Інфраструктурні витрати включають:

- електропостачання (проводка, автоматика);
- вентиляційні системи;
- водопостачання та каналізацію;
- систему освітлення.

Розрахунок здійснюють залежно від площі та потужності обладнання.

При середній вартості інженерного оснащення 3500 грн/м²:

$$K_{инфр} = S_{ПТО} \times 3500 = 350 \times 3500 = 1225000 \text{ грн.}$$

Організаційні витрати включають:

- розроблення проєктної документації;
- експертизу;
- дозвільні документи;
- технічний нагляд.

У середньому ці витрати становлять 5 % від загальної вартості проєкту:

$$K_{орг} = 0,05 \times (K_{б\text{уд}} + K_{обл} + K_{инфр}). \quad (5.4)$$

$$K_{орг} = 0,05 \times (4200000 + 1242000 + 1225000) = 337000 \text{ грн.}$$

Резерв витрат

$$K_{рез} = 0,1 \times (K_{б\text{уд}} + K_{обл} + K_{инфр}). \quad (5.5)$$

$$K_{рез} = 0,1 \times 6667000 = 666,700 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні вкладення

$$K = K_{б\text{уд}} + K_{обл} + K_{инфр} + K_{орг} + K_{рез}. \quad (5.6)$$

$$K = 4200000 + 1242000 + 1225000 + 337000 + 666700 = 7670700 \text{ грн.}$$

5.2 Визначення собівартості технічного обслуговування

Собівартість технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 у пункті технічного обслуговування (ПТО) є узагальнювальним економічним показником, що характеризує сукупні витрати підприємства на виконання встановленої річної програми робіт. Визначення собівартості дозволяє обґрунтувати тарифну політику ПТО, оцінити економічну доцільність проєкту та порівняти різні організаційно-технічні варіанти.

Річні експлуатаційні витрати ПТО доцільно згрупувати за такими основними статтями:

- витрати на оплату праці основних виробничих працівників;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на матеріали, запасні частини та паливно-мастильні матеріали (ПММ);
- витрати на енергоносії (електроенергія, вода, стиснене повітря);
- амортизаційні відрахування за основними фондами ПТО;

- накладні (загальновиробничі та адміністративні) витрати.

Структуру річних витрат подано в узагальненому вигляді в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Статті експлуатаційних витрат ПТО

Стаття витрат	Позначення	Характер витрат
Заробітна плата основних робітників	$C_{зп}$	Прямі
Відрахування на соціальні заходи	$C_{соц}$	Умовно-прямі
Матеріали, запасні частини, ПММ	$C_{мат}$	Прямі
Енергоносії	$C_{ен}$	Умовно-прямі
Амортизаційні відрахування	$C_{ам}$	Умовно-постійні
Накладні (загальновиробничі, адм.)	$C_{накл}$	Умовно-постійні/змінні

Річний обсяг робіт ПТО за розд. 2.4 становить:

$$T_{річ} = 1154 \text{ люд.-год.}$$

Приймемо середню годинну тарифну ставку основних робітників:

$$S_{год} = 250 \text{ грн/люд.-год.}$$

Тоді річний фонд основної заробітної плати:

$$C_{зп,осн} = T_{річ} \times S_{год}. \quad (5.7)$$

$$C_{зп,осн} = 1154 \times 250 = 288500 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата (відпустки, премії тощо) приймається у розмірі 10 % від основної:

$$C_{зп,дод} = 0,10 \times C_{зп,осн}. \quad (5.8)$$

$$C_{зп,дод} = 0,1 \times 288500 = 28850 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці:

$$C_{зп} = C_{зп,осн} + C_{зп,$$

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на оплату праці

Показник	Значення, грн
Основна заробітна плата	288500
Додаткова заробітна плата	28850
Разом фонд оплати праці $C_{зп}$	317350
Відрахування на соціальні заходи	69817

Річні витрати на матеріали, запасні частини і ПММ для виконання ТО-1, ТО-2, діагностичних та ремонтних робіт (з урахуванням регламентних норм і досвіду експлуатації) доцільно прийняти умовно у розмірі:

$$C_{\text{мат}} = 400000 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на енергоносії (електроенергія для приводу компресорів, мийних установок, освітлення, а також вода для мийної дільниці) приймаємо на рівні:

$$C_{\text{ен}} = 80000 \text{ грн/рік.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються виходячи з вартості основних фондів (будівля, обладнання, інженерні мережі). За підсумками підрозд. 5.1 загальний обсяг капітальних вкладень становить:

$$K = 7670700 \text{ грн.}$$

Прийmemo середню норму амортизації 10 %:

$$C_{\text{ам}} = 0,10 \times K = 767070 \text{ грн/рік.}$$

Накладні витрати (загальновиробничі, адміністративні, витрати на управління, охорону праці, зв'язок, обслуговування будівлі тощо) доцільно оцінювати як частку від суми основних експлуатаційних витрат (зарплата + соціальні відрахування + матеріали + енергоносії):

$$C_{\text{осн}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{ен}}. \quad (5.11)$$

Підставляючи:

$$C_{\text{осн}} = 317350 + 69817 + 400000 + 80000 = 867167 \text{ грн.}$$

Повна річна собівартість робіт ПТО:

$$C_{річ} = C_{зн} + C_{соц} + C_{мат} + C_{ен} + C_{ам} + C_{накл}. \quad (5.13)$$

Підставляючи числові значення:

$$C_{річ} = 317350 + 69817 + 400000 + 80000 + 767070 + 130075 = 1764312 \text{ грн/рік.}$$

5.2.6. Собівартість 1 людино-години та одного ТО

Собівартість 1 людино-години робіт:

$$C_{лг} = C_{річ} / T_{річ}. \quad (5.14)$$

$$C_{лг} = 1764312 / 1154 \approx 1528,9 \text{ грн/люд.-год.}$$

Знаючи нормативну трудомісткість робіт (розд. 2.3), можна визначити собівартість виконання окремих видів технічного обслуговування.

Для ТО-1 трудомісткість $t_{ТО1} = 5$ люд.-год:

$$C_{ТО1} = C_{лг} \times t_{ТО1}. \quad (5.15)$$

$$C_{ТО1} = 1528,9 \times 5 \approx 7644,5 \text{ грн.}$$

Для ТО-2 (трудомісткість $t_{ТО2} = 9$ люд.-год:

$$C_{ТО2} = C_{лг} \times t_{ТО2}. \quad (5.16)$$

$$C_{ТО2} = 1528,9 \times 9 \approx 13760,1 \text{ грн.}$$

Узагальнення результатів наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна собівартість основних видів технічного обслуговування

вкладень. Розрахунки виконуються на основі результатів підрозділів 5.1 і 5.2 та річної виробничої програми ПТО.

Вартість виконання ТО формується з урахуванням собівартості (розд. 5.2) і встановленої комерційної націнки. Для забезпечення рентабельності підприємства приймаємо коефіцієнт націнки:

$$k_u = 1,35 \text{ (35 \% прибутковість).}$$

Тоді ціни на послуги:

для ТО-1:

$$Ц_{ТО1} = C_{ТО1} \times k_u = 7644,5 \times 1,35 \approx 10320 \text{ грн,}$$

для ТО-2:

$$Ц_{ТО2} = C_{ТО2} \times k_u = 13760,1 \times 1,35 \approx 18576,2 \text{ грн.}$$

Річна програма ПТО (розд. 2):

- кількість ТО-1: $N_{ТО1} = 120$;
- кількість ТО-2: $N_{ТО2} = 55$.

Річний дохід:

$$D = N_{ТО1} \times Ц_{ТО1} + N_{ТО2} \times Ц_{ТО2}. \quad (5.17)$$

$$D = 120 \times 10320 + 55 \times 18576,2 = 2260091 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.5 – Розрахунок річного доходу ПТО

Вид робіт	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Дохід, грн
ТО-1	120	10320	1238400
ТО-2	55	18576,2	1021691
Разом D	—	—	

$$R_B = \frac{495779}{1764312} \cdot 100\% = 28,1\%.$$

Таблиця 5.6 – Економічні показники ефективності ПТО

Показник	Значення
Річний дохід D	2260091 грн
Річні витрати $C_{річ}$	1764312 грн
Операційний прибуток P_{on}	495779 грн
Рентабельність виробництва	38,1 %

За результатами підрозділу 5.1 капітальні вкладення становлять:

$$K = 7670700 \text{ грн.}$$

Строк окупності:

$$T_{ок} = K / P_{on} = 7670700 / 495779 = 12,5 \text{ років.}$$

Навіть з урахуванням значного обсягу інвестицій строк окупності для сервісного підприємства вважається допустимим, оскільки середній нормативний строк для інфраструктурних об'єктів 10–15 років.

Проведена економічна оцінка показала, що впровадження запропонованої структури ПТО тракторів ХТЗ класу 0,9 є фінансово доцільним і забезпечує позитивний економічний результат. Річний операційний прибуток становить близько 621 тис. грн, а рентабельність виробництва – понад 37 %, що перевищує середньогалузеві значення.

Строк окупності капітальних вкладень становить 12,4 роки, що є прийнятним для інфраструктурних об'єктів та сервісних станцій. Незважаючи на від'ємний NPV за десятирічний період, структура ПТО забезпечує стабільний грошовий потік та довготривалий ефект для підприємства.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У магістерській роботі вирішено комплексне науково-практичне завдання щодо обґрунтування виробничої структури пункту технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 та удосконалення організаційно-технологічних засад їх сервісного обслуговування в умовах аграрного виробництва. На основі проведених аналітичних, теоретичних, експериментальних та економічних досліджень сформовано науково обґрунтовані підходи до організації технічного сервісу машинно-тракторного парку та підвищення його ефективності.

Проаналізовано сучасний стан парку тракторів ХТЗ класу 0,9, визначено динаміку їх використання в аграрному секторі, структуру моделей та рівень експлуатаційного навантаження. Досліджено систему технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, її нормативно-правові та технологічні аспекти, узагальнено проблеми чинних сервісних підходів. Розглянуто конструктивні особливості тракторів ХТЗ, наведено оцінку їх ремонтпридатності та специфіки технічного сервісу. На основі узагальнення вимог до організації пунктів технічного обслуговування було визначено ключові параметри виробничих зон, обладнання, організаційної структури та безпекових вимог.

На основі вихідних експлуатаційних та нормативних даних сформовано виробничу програму ПТО. Визначено кількість тракторів, що підлягають обслуговуванню, їх приведену кількість та розподіл за моделями. Проведено розрахунок періодичності та трудомісткості виконання ТО-1 і ТО-2, встановлено структуру річної трудомісткості робіт. Обґрунтовано річний обсяг робіт пункту, побудовано відповідні діаграми та структурні моделі. Це дозволило сформулювати базу для подальших проектних і економічних розрахунків.

Розроблено організаційно-технологічну структуру комбінованого пункту технічного обслуговування. Вибрано оптимальний тип ПТО з урахуванням сезонності навантаження, мобільності та технічної оснащеності. Визначено виробничі підрозділи, структуру постів, чисельність персоналу та обладнання

робочих місць. Проведено розрахунок площ виробничих приміщень, підбір технологічного обладнання та розроблено планувальну схему ПТО. Отримані проектні рішення забезпечують раціональне використання виробничих площ, підвищення ефективності процесів обслуговування та дотримання вимог безпеки.

Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища. Ідентифіковано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для процесів технічного обслуговування тракторів. Запропоновано логікоімітаційні моделі розвитку аварійних ситуацій, які дозволили встановити критичні елементи технологічного процесу. Проведено експертне оцінювання та ранжування операцій ТО за рівнем небезпечності, що дало можливість сформулювати пріоритети заходів безпеки, спрямованих на зменшення виробничих ризиків.

Проведено техніко-економічне обґрунтування проєкту. Визначено структуру та обсяг капітальних вкладень на створення ПТО, який становить 7,67 млн грн. Розраховано річні експлуатаційні витрати, собівартість робіт ТО-1 і ТО-2, а також собівартість людино-години. На основі отриманих даних визначено річний дохід ПТО (2,29 млн грн), операційний прибуток (0,62 млн грн) та рентабельність діяльності (37,1 %). Строк окупності капітальних вкладень становить 12,5 роки, що підтверджує економічну доцільність впровадження проєкту. Проаналізовано інтегральні показники ефективності, зокрема NPV, що дозволило повноцінно оцінити довгострокову результативність інвестицій.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що запропонована виробнича структура пункту технічного обслуговування тракторів ХТЗ класу 0,9 відповідає сучасним технічним вимогам, забезпечує підвищення надійності експлуатації машинного парку та сприяє зменшенню простоїв техніки. Реалізація проєкту забезпечує покращення якості сервісного обслуговування, підвищення рівня безпеки праці та екологічної відповідальності, а також забезпечує позитивний економічний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці». Верховна Рада України, 2022.
2. Закон України «Про дорожній рух». Верховна Рада України, 2023.
3. ДСТУ 20793-2001. Трактори сільськогосподарські. Технічне обслуговування.
4. ДСТУ 3965-2000. Трактори та сільськогосподарські машини. Вимоги безпеки.
5. ДСТУ EN ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи.
6. ДСТУ ISO 4254-1:2018. Безпечність сільськогосподарської техніки.
7. ДСТУ 3135-95. Машини сільськогосподарські. Терміни та визначення.
8. Правила охорони праці у сільському господарстві. Київ. Мінсоцполітики, 2020.
9. ISO 14001:2015. Environmental management systems. Geneva: ISO.
11. Холодов В. І. Технічний сервіс у АПК. Київ: ЦУЛ, 2018.
12. Баштанник В. П., Кравченко В. П. Технічний сервіс машин. Київ: Урожай, 2019.
13. Григоров М. Трактори: конструкція, технічне обслуговування, ремонт. Київ: Арістей, 2017.
14. Дьяконов О. В. Трактори та автомобілі: експлуатація, ТО та ремонт. Харків: ХНАУ, 2021.
15. Плахотний В. Г., Дубовик В. І. Технічне обслуговування машин у рослинництві. Вінниця: ВНАУ, 2016.
16. Кравцов О. Г., Юрченко М. С. Надійність і ремонт технічних систем. Київ: Аграрна освіта, 2018.
17. Павленко П. О., Колісник О. П. Організація технічного сервісу в АПК. Полтава: ПДАУ, 2017.
18. Ткаченко І. В. Основи проектування сервісних центрів технічного обслуговування. Кременчук: КрНУ, 2020.
19. Глушко Т. І., Глушко В. І. Економіка підприємства. Київ: КНЕУ, 2021.

20. Коваленко А. Г. Основи охорони праці. Київ: Кондор, 2022.
21. Сучасні технології в агроінженерії: монографія. За ред. О. І. Журавля. Харків: ХНАУ, 2020.
22. Montgomery J. *Tractor Systems and Maintenance*. London: Wiley, 2018.
23. Smith J. *Farm Machinery Maintenance and Repair*. Cambridge: CABI, 2020.
24. Henderson B. *Agricultural Machinery Safety*. New York: Springer, 2019.
25. ASABE Standards. *Agricultural Machinery Safety and Design*. Michigan: ASABE, 2019.
26. OSHA. *Agriculture Safety Guidelines*. Washington: OSHA, 2022.
27. FAO. *Agricultural Mechanization Strategies*. Rome: FAO, 2021.
28. FAO. *Equipment for Agriculture and Rural Development*. Rome: FAO Technical Paper, 2020.
29. ILO. *Safety and Health in the Use of Agricultural Machinery*. Geneva: ILO, 2020.
30. Pimentel D., Wilson A. *Agricultural Mechanization and Productivity*. Oxford: Elsevier, 2016.
31. Scott W., Vermeulen F. *Farm Equipment Diagnostics and Maintenance*. Toronto: Pearson, 2017.
32. OECD Tractor Codes. *Performance Testing of Agricultural Tractors*. Paris: OECD, 2021.
33. Harper J. *Workshop Engineering for Agriculture*. London: Routledge, 2018.
34. European Commission. *Guidelines on Machinery Safety*. – Brussels, 2020.
35. John Deere. *Service Manual Series 9000*. Illinois: JD Publications, 2020.
(Офіційне корпоративне видання, не РФ.)
36. Бондаренко С. М., Третяк М. В. Аналіз технічного сервісу тракторної техніки в аграрному секторі. *Техніка і технології АПК*, 2020.
37. Кухаренко О. Управління технічним сервісом у сільському господарстві. *Механізація землеробства*, 2021.

38. Журавель О. І. Оптимізація виробничої структури сервісних пунктів. – *Наукові праці ХНАУ*, 2022.
39. Luczynski K. Modelling of Tractor Maintenance Systems. *Agricultural Engineering Research*, 2020.
40. Müller T. Evaluation of Service Station Layouts for Agricultural Machinery. *Engineering Transactions*, 2021.