**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

**Хіміч Олег Анатолійович**

**УДК 621.892:621.896**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

# Раціональне використання паливно-мастильних матеріалів з розробкою пристрою для заправки солідолонагнітачів

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Хіміч О.А.

**Керівник роботи**
Борак К.В.
доктор технічних наук, професор

**Житомир – 2026**

# АНОТАЦІЯ

***Хіміч Олег Анатолійович. Раціональне використання паливно-мастильних матеріалів з розробкою пристрою для заправки солідолонагнітачів.*** *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання раціонального використання паливно-мастильних матеріалів в аграрному підприємстві шляхом розробки пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів. Актуальність теми обумовлена необхідністю зменшення втрат пального і мастильних матеріалів, підвищення ефективності технічного обслуговування машин та забезпечення стабільної роботи аграрного виробництва в умовах воєнного стану в Україні. У першому розділі проаналізовано проблеми, перспективи та екологічне значення раціонального використання паливно-мастильних матеріалів. У другому розділі обґрунтовано систему організаційно-технічних заходів для проектного аграрного підприємства зони Полісся. У третьому розділі виконано розробку конструкції установки для заправлення ручних солідолонагнітачів, наведено її призначення, принцип дії та необхідні розрахунки. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці, пожежної безпеки та екологічних заходів під час експлуатації запропонованого пристрою. У п’ятому розділі здійснено техніко-економічне обґрунтування проектних рішень, визначено очікувану економію матеріальних ресурсів і строк окупності установки. Практичне значення роботи полягає у зменшенні втрат солідолу, скороченні часу заправлення ручних солідолонагнітачів, покращенні умов праці та підвищенні ефективності використання паливно-мастильних матеріалів у господарстві.

*Ключові слова: паливно-мастильні матеріали, солідол, ручний солідолонагнітач, раціональне використання, технічне обслуговування, економічна ефективність.*

## ANNOTATION

***Oleg Anatoliyovych Khimich. The rational use of fuels and lubricants, including the development of a device for refuelling solid-fuel injectors.*** – *Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the rational use of fuel and lubricants in an agricultural enterprise through the development of a device for refuelling hand-operated grease guns. The relevance of the topic stems from the need to reduce losses of fuel and lubricants, improve the efficiency of machine maintenance, and ensure the stable operation of agricultural production under martial law in Ukraine. The first chapter analyses the problems, prospects and environmental significance of the rational use of fuel and lubricants. The second chapter justifies a system of organisational and technical measures for a model agricultural enterprise in the Polissya region. The third chapter presents the design of a device for refuelling manual grease injectors, describing its purpose, operating principle and necessary calculations. The fourth chapter examines issues of occupational health and safety, fire safety and environmental measures during the operation of the proposed device. The fifth chapter provides a technical and economic justification for the design solutions, determines the expected savings in material resources and the payback period of the unit. The practical significance of the work lies in reducing grease losses, shortening the refilling time for manual grease injectors, improving working conditions and increasing the efficiency of fuel and lubricant use on the farm.

*Keywords: fuel and lubricants, grease, manual grease gun, rational use, maintenance, economic efficiency.*

# ЗМІСТ

ВСТУП……..……..……6
РОЗДІЛ 1. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА……...…...……..10
1.1. Значення паливо-мастильних матеріалів у виробничій діяльності та умовах воєнного стану……...……10
1.2. Аналітична оцінка паливно-енергетичної залежності України…….....11
1.3. Проблеми використання мастильних матеріалів у технічному обслуговуванні машин…….……13
1.4. Екологічне значення раціонального використання ПММ……..……15
1.5. Перспективи підвищення раціональності використання ПММ…….16
Висновки по розділу……..17
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХОДІВ З РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЕКТНОМУ АГРАРНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ЗОНИ ПОЛІССЯ……...…..18
2.1. Вихідні умови проектування та характеристика підприємства……...….18
2.2. Добір сучасної техніки для умов підприємства……...…...….19
2.3. Розрахунок потреби в дизельному пальному та мастильних матеріалах….....22
2.4. Проектні заходи з раціонального використання ПММ……...…..…..23
Висновки по розділу……..……25
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ……...……26
3.1. Призначення й область застосування…….....…….26
3.2. Обґрунтування обраної конструкції……..27
3.3. Розрахунки на надійність…….……..28
3.4. Принцип дії установки……...…..…..33
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ……..……...…..34

4.1. Вихідні умови та мета заходів……...……..……..34
4.2. Організація безпечної роботи з установкою……...…….35
4.3. Розрахунок вентиляції, освітлення та ергономічного навантаження…….……35
4.4. Пожежна безпека та локалізація розливів……...……36
4.5. Екологічні заходи та розрахунок зменшення втрат солідолу……37
Висновки до розділу……..39
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ……..40
5.1. Методика оцінювання економічної ефективності проекту……..…..…40
5.2. Розрахунок капітальних вкладень……...……..……41
5.3. Економія дизельного пального……...……...……42
5.4. Ефективність установки для заправлення ручних солідолонагнітачів…..….43
5.5. Зведений розрахунок економічного ефекту……...…….……44
5.6. Оцінка стійкості результатів і висновки……...……45
Висновки по розділу…….…….46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...…47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..49

# ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Раціональне використання паливно-мастильних матеріалів є одним із важливих напрямів підвищення ефективності роботи аграрних підприємств. У сучасних умовах паливо, мастила та пластичні мастильні матеріали становлять значну частину експлуатаційних витрат у сільськогосподарському виробництві. Від правильності їх зберігання, обліку, видачі та використання залежить не лише собівартість продукції, а й надійність машинно-тракторного парку, тривалість роботи техніки, якість виконання технологічних операцій та екологічна безпека виробництва.

Особливої актуальності питання економії паливно-мастильних матеріалів набуває в умовах воєнного стану в Україні. Руйнування об’єктів паливної інфраструктури, ускладнення логістики, коливання цін на нафтопродукти та зростання потреби в енергоресурсах зумовлюють необхідність більш ощадного та контрольованого використання кожного виду ПММ. Для аграрних підприємств це означає потребу в удосконаленні системи технічного обслуговування машин, зменшенні непродуктивних витрат пального і мастильних матеріалів, запровадженні сучасних організаційно-технічних рішень та підвищенні культури експлуатації техніки.

Одним із проблемних питань у процесі технічного обслуговування машин є заправлення ручних солідолонагнітачів пластичним мастилом. У багатьох господарствах ця операція виконується вручну із застосуванням підручних засобів, що призводить до втрат солідолу, його забруднення механічними домішками, потрапляння повітря в робочу порожнину шприца, збільшення витрат часу та погіршення санітарно-гігієнічних умов праці. Крім економічних втрат, нераціональне поводження з мастильними матеріалами створює ризики забруднення ґрунту, водних ресурсів і робочих поверхонь у ремонтній зоні.

У зв’язку з цим актуальним є розроблення простого, надійного й економічно доцільного пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів, який забезпечить зменшення втрат мастильного матеріалу, підвищення

продуктивності заправлення, покращення умов праці та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Така установка може бути використана в ремонтних майстернях, тракторних бригадах і безпосередньо в польових умовах, що є важливим для аграрних підприємств зони Полісся.

**Метою кваліфікаційної роботи** є підвищення ефективності використання паливно-мастильних матеріалів в аграрному підприємстві шляхом розробки та обґрунтування пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати сучасні проблеми раціонального використання паливно-мастильних матеріалів в аграрному виробництві;
- визначити значення економії ПММ для підприємств України в умовах воєнного стану;
- обґрунтувати систему заходів щодо зменшення втрат пального і мастильних матеріалів у проектному аграрному підприємстві зони Полісся;
- підібрати сучасну техніку для ефективного виконання виробничих процесів на площі 2500 га;
- розробити конструкцію пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів;
- виконати необхідні конструктивні, технологічні та експлуатаційні розрахунки;
- розглянути питання охорони праці й екологічної безпеки під час використання установки;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованих проектних рішень.

**Об’єктом дослідження** є процес використання паливно-мастильних матеріалів у системі експлуатації та технічного обслуговування машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

**Предметом дослідження** є технічні та організаційні заходи з раціонального використання мастильних матеріалів, зокрема процес заправлення ручних солідолонагнітачів пластичним мастилом.

У роботі використано методи аналізу виробничих процесів, порівняльної оцінки технічних рішень, розрахунку потреби в паливно-мастильних матеріалах, конструктивного розрахунку елементів установки, економічного обґрунтування проектних рішень, а також методи оцінки умов праці та екологічного впливу.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Борак К. В., Руденко В. Г., Веремій Т. Б., Хіміч О., Полінкевич С. В. Використання 3D-друку під час ремонту техніки й обладнання в агропромисловому комплексі. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026. С.

2. Дерев’янко Д.А., Хіміч О.А. Хоменко С.М. Раціональне використання паливо-мастильних матеріалів як екологічна складова експлуатації техніки. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 180-183.

**Практичне значення** роботи полягає в тому, що запропонована установка для заправлення ручних солідолонагнітачів дозволяє зменшити втрати солідолу, скоротити час виконання заправних операцій, підвищити якість технічного обслуговування машин, знизити забруднення мастильного матеріалу та покращити умови праці персоналу. Упровадження такого пристрою сприятиме більш ощадному використанню матеріальних ресурсів,

зменшенню експлуатаційних витрат і підвищенню загальної ефективності роботи аграрного підприємства.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 51 сторінка комп’ютерного тексту, містить 8 рисунків, 20 таблиць та 2 додатки.

# РОЗДІЛ 1
# РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

## 1.1. Значення паливо-мастильних матеріалів у виробничій діяльності та умовах воєнного стану

Паливо-мастильні матеріали (ПММ) є однією з базових умов стабільної роботи аграрного виробництва, ремонтних майстерень, транспортних підрозділів і машинно-тракторного парку. До них належать дизельне паливо, бензин, мастила, пластичні змазки, технічні рідини та допоміжні матеріали, без яких неможливі польові роботи, перевезення вантажів, технічне обслуговування і ремонт машин. У сільському господарстві частка витрат на енергоресурси прямо впливає на собівартість продукції, строки виконання технологічних операцій та готовність техніки до роботи в пікові періоди.

Для України проблема раціонального використання ПММ набула особливої ваги після початку повномасштабної війни. Руйнування об’єктів енергетичної інфраструктури, логістичні обмеження, зміна напрямів імпорту та ризики постачання перетворили пальне і мастильні матеріали на ресурс, який має не лише економічне, а й безпекове значення. У 2024 році Україна імпортувала паливно-енергетичні товари на 8,9 млрд дол. США, причому нафта і нафтопродукти становили 76,6% вартості цього імпорту. Це свідчить, що економія кожного літра пального та кожного кілограма мастила зменшує валютні витрати, залежність від зовнішніх постачальників і навантаження на логістичні канали.

Раціональне використання ПММ слід розглядати як систему організаційних, технічних і екологічних заходів. Вона включає точний облік витрат, правильне зберігання, запобігання забрудненню, усунення витоків, використання справного заправного обладнання, своєчасне технічне обслуговування машин і навчання персоналу. Для пластичних мастил, зокрема

солідолу, важливим є не тільки зменшення прямої втрати матеріалу, а й недопущення потрапляння пилу, води, піску та металевих частинок у мастильні вузли. Забруднене мастило прискорює зношування деталей, збільшує потребу в ремонті і в кінцевому підсумку підвищує витрати пального та матеріалів.

Таблиця 1.1 – Основні проблеми використання ПММ та напрями їх вирішення

| Проблема | Прояв у виробництві | Наслідок | Раціональний захід |
|---|---|---|---|
| Втрати під час заправлення | розливи, залишки на інструментах, неповне заповнення шприців | перевитрата мастила, забруднення робочого місця | закрите заправне обладнання, дозування, контроль тари |
| Забруднення мастила | потрапляння пилу, води, піску, стружки | зношування підшипників і шарнірів | герметичне зберігання, фільтрація, чистий інструмент |
| Недостатній облік | списання за нормами без аналізу фактичних втрат | приховані непродуктивні витрати | журнали обліку, ліміти, порівняння норм і факту |
| Технічна несправність машин | підтікання, підвищений опір, неправильне регулювання | надмірна витрата пального | регулярне ТО, діагностика паливної апаратури |
| Порушення умов зберігання | відкрита тара, сонце, опади, нестійкі майданчики | псування ПММ та екологічні ризики | склади з піддонами, маркування, закриті ємності |
| Воєнні логістичні ризики | перебої постачання, зростання часу доставки | зрив робіт і простої техніки | страхові запаси, диверсифікація постачальників, економія |

### 1.2. Аналітична оцінка паливно-енергетичної залежності України

В умовах воєнного стану енергетична залежність проявляється не тільки через ціну імпортованих ресурсів, а й через стійкість постачання. Якщо у довоєнний період структура енергетичного імпорту була більш різноманітною, то у 2024 році домінуючим напрямом стали нафта і нафтопродукти. Це логічно пояснюється потребою транспорту, аграрного сектору, генераторів, військової логістики та критичної інфраструктури у рідкому паливі. Одночасно відбулося різке зростання імпорту електроенергії, що було пов’язано з ударами по енергосистемі та дефіцитом потужності у літні місяці 2024 року.

Таблиця 1.2 – Динаміка та структура імпорту паливно-енергетичних ресурсів України

| Показник | 2021 р. | 2023 р. | 2024 р. | Аналітичний висновок |
|---|---|---|---|---|
| Загальна вартість імпорту енергоресурсів, млрд дол. США | ≈14,93 | ≈10,37 | 8,90 | у 2024 р. витрати нижчі, ніж у 2023 р., але імпорт залишається критично важливим |
| Частка нафти й нафтопродуктів у вартості імпорту, % | 37,6 | 75,6 | 76,6 | залежність від рідких палив істотно зросла |
| Імпорт нафти й нафтопродуктів без сирої нафти, млн т | н/д | н/д | 7,56 | основна маса забезпечує транспорт, агросектор і резервне живлення |
| Імпорт нафтових газів, млн т | н/д | н/д | 0,98 | частка менша, але ресурс важливий для побуту й транспорту |
| Імпорт електроенергії, ГВт·год | н/д | 806,4 | 4436,6 | імпорт зріс через дефіцит в енергосистемі |

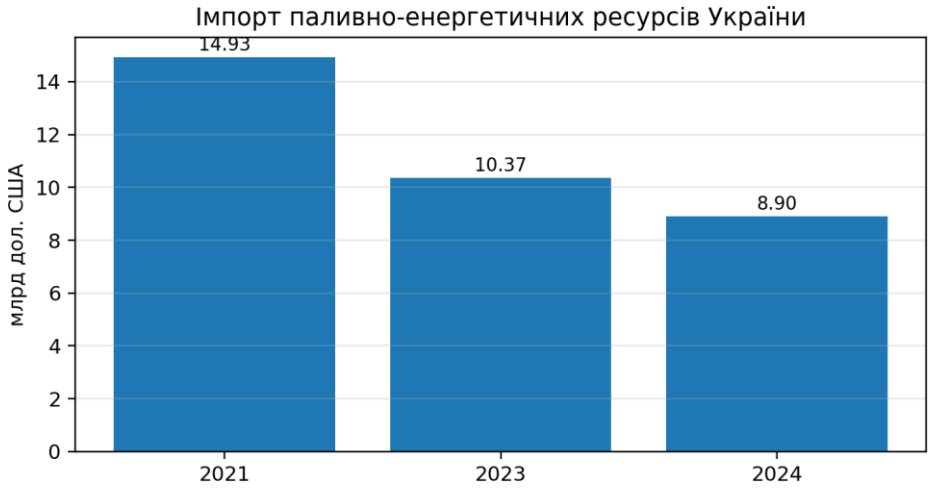



Рис. 1.1 – Вартість імпорту паливно-енергетичних ресурсів України, млрд дол. США

З рисунка 1.1 видно, що після 2021 року вартісний обсяг імпорту енергоресурсів скоротився, однак це не означає зниження значення ПММ для економіки. Навпаки, внаслідок руйнування частини інфраструктури та зміни напрямів постачання кожна одиниця пального стала більш залежною від транспортної логістики, валютного курсу, митних процедур і безпекової ситуації на кордонах. Для підприємства це означає потребу в жорсткішому контролі витрат: навіть невеликий відсоток непродуктивних втрат у масштабах господарства перетворюється на значні фінансові та матеріальні збитки.

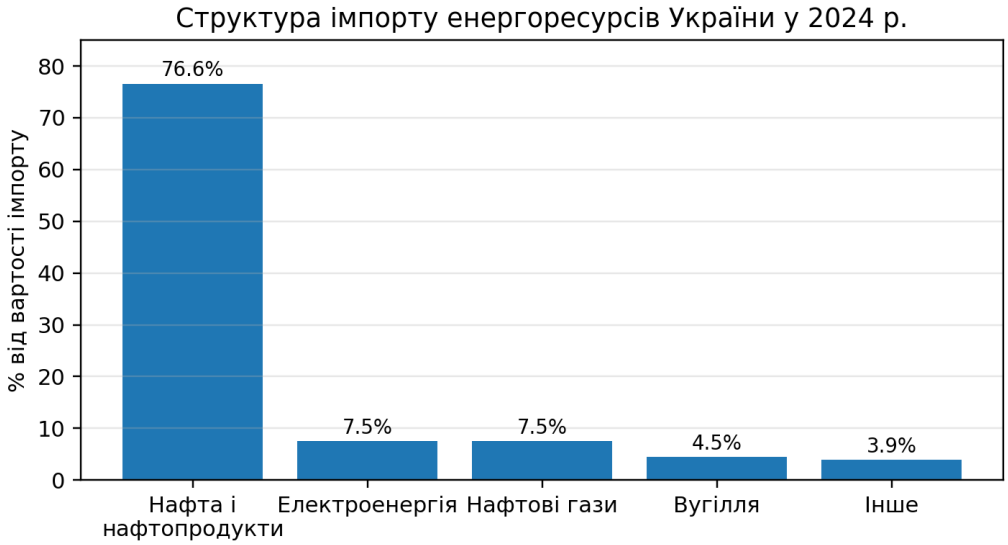



Рис. 1.2. Структура імпорту енергоресурсів України у 2024 році за вартістю

Переважання нафти й нафтопродуктів у структурі імпорту свідчить, що заходи економії пального та мастильних матеріалів мають не локальний, а загальнодержавний ефект. У сільськогосподарському підприємстві це проявляється через зменшення витрат на експлуатацію техніки, зниження потреби у додаткових закупівлях, підвищення надійності виконання польових робіт та зменшення простоїв. У ремонтній майстерні раціональність починається з дрібних операцій: заправлення шприців, промивання вузлів, зберігання мастил, використання чистої тари, а також недопущення змішування різних марок матеріалів.

### 1.3. Проблеми використання мастильних матеріалів у технічному обслуговуванні машин

Пластичні мастила застосовують для змащування вузлів, у яких необхідно забезпечити довготривале утримання мастильного шару: підшипників, шарнірів, втулок, пальців, тяг, карданних з’єднань. Солідол є одним із традиційних матеріалів для таких операцій. Його перевага полягає у здатності утримуватися в зоні тертя, захищати поверхні від корозії та зменшувати механічне зношування. Проте ці властивості реалізуються тільки за умови чистоти матеріалу і правильного нанесення.

На практиці ручне заправлення солідолонагнітачів часто виконується за допомогою лопаток або випадкових предметів. Такий спосіб має три головні недоліки: втрати мастила на інструменті та робочій поверхні, потрапляння забруднень у корпус шприца і формування повітряних включень. Повітряні порожнини зменшують подачу мастила, спричиняють пробні нагнітання і додаткову витрату солідолу. У результаті працівник витрачає більше часу, а вузол тертя не завжди отримує потрібну кількість чистого мастила.

Таблиця 1.3 – Порівняння способів заправлення ручних солідолонагнітачів

| Спосіб заправлення | Орієнтовні втрати солідолу, % | Час на один шприц, хв | Санітарно-екологічний стан | Висновок |
|---|---|---|---|---|
| ручне заправлення без підтискної пружини | до 44,7 | до 8,0 | значне забруднення, повітряні включення | найбільш витратний спосіб |
| ручне заправлення з підтискною пружиною | до 21,3 | до 8,0 | частково зменшені втрати | потребує поліпшення |
| заправлення через спеціальну установку | ≈2,0 технологічних залишків | 0,25 | закритий процес, менше забруднення | найбільш раціональний варіант |

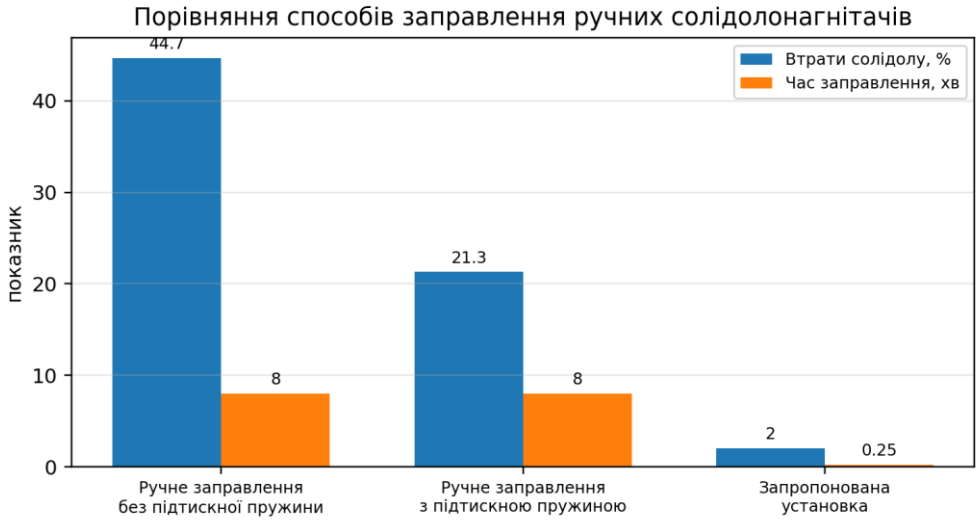



Рис. 1.3. Аналітичне порівняння втрат солідолу і часу заправлення.

Дані таблиці 1.3 і рисунка 1.3 показують, що найбільший резерв економії прихований не лише у витраті пального двигуном, а й у допоміжних операціях технічного обслуговування. Якщо час заправлення одного шприца

скорочується з кількох хвилин до 15 секунд, підвищується продуктивність праці слюсаря або механізатора, а зменшення втрат солідолу дає прямий матеріальний результат. В умовах дефіциту трудових ресурсів і необхідності швидко відновлювати техніку після інтенсивної експлуатації такі рішення мають практичне значення.

### 1.4. Екологічне значення раціонального використання ПММ

ПММ належать до матеріалів, що потребують обережного поводження. Потрапляння нафтопродуктів у ґрунт або воду погіршує умови існування мікроорганізмів, рослин і тварин, ускладнює очищення територій та може створювати довготривалі осередки забруднення. У майстернях і на пунктах технічного обслуговування основними джерелами екологічного ризику є відкриті ємності, підтікання, розливи під час переливання, зберігання використаних мастил без маркування та відсутність піддонів під тарою.

Під час війни екологічні ризики різко зросли. За даними Кабінету Міністрів України, у 2024 році екологічні збитки об’єктам Міністерства оборони, спричинені російськими ударами, перевищили 42 млрд грн, з яких понад 1,56 млрд грн припадало на забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Це демонструє, що нафтопродукти є важливим чинником екологічної безпеки не тільки у виробничих процесах, а й у надзвичайних ситуаціях. Тому на рівні підприємства необхідно впроваджувати такі рішення, які зменшують контакт ПММ із зовнішнім середовищем і персоналом.

Екологічна ефективність пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів полягає у герметизації операції, зменшенні кількості відкритих контактів мастила з повітрям, інструментом і поверхнями, а також у зменшенні потреби в пробних нагнітаннях. Крім того, чисте мастило краще виконує свою функцію в механізмі, а отже знижує зношування деталей. Це має опосередкований екологічний ефект: менше ремонтів, менше відпрацьованих деталей, менша потреба у додаткових матеріалах і транспортуванні.

### 1.5. Перспективи підвищення раціональності використання ПММ

Перспективи раціонального використання ПММ в Україні пов’язані з поєднанням трьох підходів: технічного, організаційного та стратегічного. Технічний підхід передбачає модернізацію обладнання для заправлення, фільтрації, обліку та зберігання. Організаційний підхід охоплює нормування, відповідальність персоналу, планування закупівель і аналіз фактичних витрат. Стратегічний підхід полягає у зменшенні залежності економіки від імпорту викопних палив, підвищенні енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії. У 2024 році Україна затвердила Національний енергетичний і кліматичний план до 2030 року, який спрямований на узгодження енергетичної, кліматичної та економічної політики з цілями сталого розвитку та європейської інтеграції.

Для аграрних і ремонтних підприємств найближчі практичні кроки мають бути прикладними: використання справної тари, створення місць для чистого заправлення, перехід від ручних операцій до простих механізованих пристроїв, ведення обліку за видами матеріалів і контроль залишків. Особливо доцільним є впровадження пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів, оскільки він не потребує складної енергетичної інфраструктури, може мати ручний привід і використовуватися у майстерні або польових умовах. Це відповідає вимогам воєнного часу: автономність, ремонтопридатність, простота експлуатації та зменшення залежності від електропостачання.

Отже, раціональне використання ПММ є важливою умовою економічної стійкості підприємства, енергетичної безпеки країни та захисту навколишнього природного середовища. Розробка пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів є прикладом локального технічного рішення, яке має комплексний ефект: скорочує втрати солідолу, зменшує забруднення, підвищує культуру технічного обслуговування і прискорює підготовку інструменту до роботи. Саме такі рішення формують практичну основу ощадливого використання ресурсів у сучасних умовах України.

**Висновки по розділу**

У розділі встановлено, що ПММ є стратегічно важливим ресурсом для аграрного виробництва і ремонтного обслуговування, а в умовах воєнного стану їх раціональне використання набуває додаткового значення через імпортну залежність, логістичні ризики та високу екологічну небезпеку нафтопродуктів. Аналітичні дані показують, що у 2024 році основну частку вартості енергетичного імпорту України становили нафта і нафтопродукти. Це підсилює потребу в ощадливому використанні пального та мастил на кожному рівні господарювання.

Найбільш проблемними є втрати під час зберігання, ручного переливання і заправлення, забруднення мастильних матеріалів та недостатній контроль фактичних витрат. Для ручних солідолонагнітачів удосконалення процесу заправлення є технічно обґрунтованим напрямом, оскільки дозволяє скоротити втрати матеріалу, зменшити час операції та поліпшити санітарно-екологічний стан робочого місця. Таким чином, подальша розробка конструкції пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів є актуальною і відповідає економічним, виробничим та екологічним потребам України.

# РОЗДІЛ 2
# ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХОДІВ З РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЕКТНОМУ АГРАРНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ЗОНИ ПОЛІССЯ

## 2.1. Вихідні умови проектування та характеристика підприємства

Проектне аграрне підприємство розміщується в зоні Полісся та має 2500 га ріллі. Для цієї зони характерні достатнє зволоження, порівняно легкі дерново-підзолисті ґрунти, підвищена чутливість полів до переущільнення у весняний період і потреба у виконанні технологічних операцій у стислі агротехнічні строки. Тому система використання паливно-мастильних матеріалів має поєднувати економію дизельного пального, зменшення втрат мастильних матеріалів, підвищення готовності машинно-тракторного парку та екологічну безпеку виробництва.

В умовах воєнного стану раціональне використання ПММ набуває додаткового значення. Аграрне підприємство залежить від стабільності постачання пального, логістики, наявності резерву для польових робіт та технічного обслуговування. За відкритими даними, у 2024 році Україна імпортувала значні обсяги нафтопродуктів, тому економія кожного літра дизельного пального на рівні підприємства зменшує витрати, ризик простоїв і навантаження на енергетичну інфраструктуру. У проекті прийнято, що основою заходів є поєднання сучасної енергонасиченої техніки, контролю норм витрати, мінімізації холостих переїздів і впровадження установки для заправлення ручних солідолонагнітачів, розробленої у розділі 3.

Для підприємства прийнято сівозміну, придатну для умов Полісся: озима пшениця, жито або тритикале, ріпак, кукурудза на зерно, соя, ячмінь або овес, а також невелика площа сидеральних і кормових культур.

Така структура дає змогу рівномірніше розподілити навантаження на трактори, сівалки, обприскувачі та комбайни протягом сезону.

Таблиця 2.1 – Проектна структура посівних площ підприємства

| Культура | Площа, га | Частка, % | Планова витрата дизпалива, л/га | Потреба, тис. л |
|---|---|---|---|---|
| Пшениця озима | 600 | 24.0 | 62 | 37.20 |
| Жито / тритикале | 300 | 12.0 | 58 | 17.40 |
| Ріпак озимий | 350 | 14.0 | 65 | 22.75 |
| Кукурудза на зерно | 450 | 18.0 | 82 | 36.90 |
| Соя | 500 | 20.0 | 54 | 27.00 |
| Ячмінь / овес | 200 | 8.0 | 56 | 11.20 |
| Сидерати та кормові культури | 100 | 4.0 | 35 | 3.50 |
| Разом | 2500 | 100,0 | – | 155.95 |

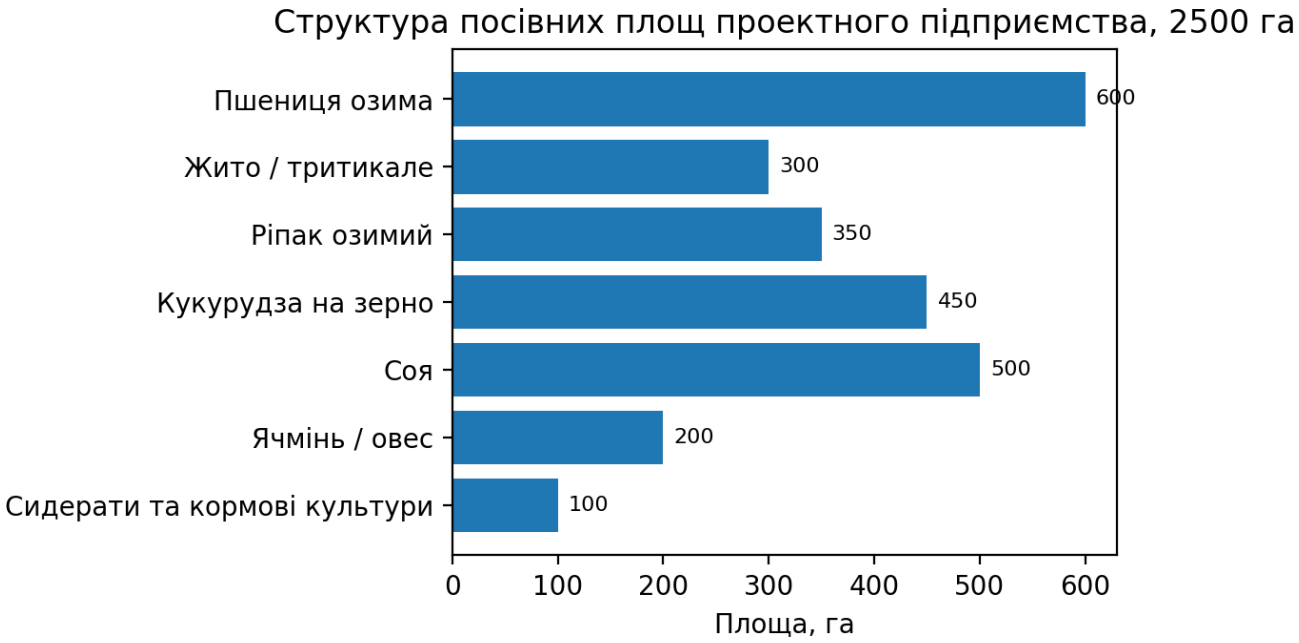



Рис. 2.1. Структура посівних площ проектного підприємства

## 2.2. Добір сучасної техніки для умов підприємства

Машинно-тракторний парк обирається з урахуванням площі 2500 га, строків польових робіт, високої вологості ґрунтів Полісся та потреби в енергозбереженні. Перевага надається агрегатам із широким захватом, GPS-

навігацією, ISOBUS-керуванням, контролем перекриттів, економічними двигунами та можливістю швидкого сервісного обслуговування. При комплектуванні парку важливо уникати надмірної кількості малопродуктивних тракторів, тому основні польові операції доцільно виконувати двома енергонасиченими тракторами, а транспортні та допоміжні роботи – тракторами середньої потужності.

Таблиця 2.2 – Рекомендований склад машинно-тракторного парку

| Група техніки | Приклад сучасної машини | Основні параметри | Кількість, од. | Призначення | Очікуваний вплив на ПММ |
|---|---|---|---|---|---|
| Енергонасичений трактор | Case IH Puma 260 CVXDrive або аналог | до 302 к.с. з Power Boost | 2 | Основний обробіток, глибоке розпушування, важкі агрегати | менше проходів, оптимальне завантаження двигуна |
| Трактор середньої потужності | John Deere 6M 185 або аналог | 185 к.с. номінально, до 204 к.с. max | 2 | Сівба, обприскування, транспортування, внесення добрив | менші простої і точне агрегатування |
| Зернозбиральний комбайн | CLAAS TRION 730 або аналог | двигун близько 300 кВт, бункер до 11-12 м³ | 2 | Збирання зернових, ріпаку, сої та кукурудзи | зменшення втрат урожаю і зайвих переїздів |
| Зернова сівалка | HORSCH Pronto 6 DC | захват 6 м, бункер 4000/5000 л | 2 | Висів зернових і ріпаку за мінімального обробітку | скорочення строків сівби та проходів |
| Просапна сівалка | Kverneland Optima TFprofi | 8 рядків, 6 м, міжряддя 70/75 см | 1 | Кукурудза і соняшник/соя за потреби | точний висів, менше пересівів |
| Обприскувач причіпний | Amazone UX Super | бак 4200-11200 л, штанга 21-48 м | 1 | Захист рослин та позакореневе живлення | контроль перекриттів і економія робочого розчину |
| Дискова борона | Lemken Rubin 10/600 KUA або аналог | захват 6 м, диски 645 мм | 2 | Лущення стерні, передпосівний обробіток | менше проходів |
| Телескопічний навантажувач | JCB 531-70 Agri або аналог | вантажопідйомність 3170 кг, висота 7 м | 1 | Навантаження насіння, добрив, біг-бегів і технічних матеріалів | скорочення часу логістики на складі |
| Пункт ПММ і сервісу | Ємності з фільтрацією, лічильником, мобільний паливозаправник, установка заправлення солідолонагнітачів | 2×20 м³ + мобільна ємність; герметична ємність мастила 200 л | 1 комплект | Приймання, облік, видача ПММ і заправлення ручних шприців | ліквідація розливів та втрат мастил |

Кількість техніки перевіряється за сезонною продуктивністю. Для польового агрегату продуктивність визначається за формулою:

$$W = B \cdot V \cdot K / 10, \quad (1.1.)$$

де W – продуктивність, га/год; B – ширина захвату, м; V – робоча швидкість, км/год; K – коефіцієнт використання часу зміни. Кількість машин:

$$n = A / (W \cdot T \cdot D), \quad (1.2)$$

де A – обсяг робіт, га; T – тривалість зміни, год; D – допустима кількість робочих днів.

Таблиця 2.3 – Перевірочний розрахунок потреби в основних машинах

| Операція | Обсяг, га | Агрегат | Продуктивність, га/год | Допустимий строк, днів | Потреба, од. |
|---|---|---|---|---|---|
| Основний/передпосівний обробіток | 5000 | 2 трактори 260-300 к.с. + дискові агрегати 6 м | 3,8-4,2 | 45 | 2 |
| Сівба зернових і ріпаку | 1450 | HORSCH Pronto 6 DC | 4,5 | 18 | 2 |
| Сівба кукурудзи | 450 | Kverneland Optima TFprofi | 5,0-5,5 | 10 | 1 |
| Обприскування, 4 проходи | 10000 | Amazone UX Super 27-36 м | 22-28 | 50 | 1 |
| Збирання зернових, ріпаку, сої, кукурудзи | 2400 | CLAAS TRION 730 з комплектом жаток | 2,6-3,2 | 45 | 2 |
| Складські та сервісні роботи | сезонно | JCB 531-70 + сервісний комплект ПММ | за потребою | протягом року | 1 |




Рис. 2.2. Схема організації раціонального використання ПММ

## 2.3. Розрахунок потреби в дизельному пальному та мастильних матеріалах

Річну потребу в дизельному пальному для польових робіт визначаємо за формулою:

$$Q_д = \Sigma(S_i \cdot q_i), \quad (1.3)$$

де $S_i$ – площа культури, га; qi – планова питома витрата пального, л/га. За даними таблиці 2.1: $Q_д$ = 155.95 тис. л. Для урахування транспортних операцій, запусків, внутрішньогосподарських переїздів і страхового запасу приймається резерв 10 %: $Q_{рез}$ = 15.60 тис. л. Загальна планова потреба становить $Q_\Sigma$ = 171.54 тис. л, або близько 144.1 т дизельного пального.

Для оцінювання економічного ефекту приймаємо, що до впровадження проектних заходів середня витрата була на 15 % вищою через дублювання проходів, нерівномірне завантаження тракторів, відсутність точного контролю перекриттів та втрати часу на обслуговування. Тоді базова потреба становила 179.34 тис. л, а очікувана економія дизельного пального дорівнює 23.39 тис. л за рік.

Таблиця 2.4 – Баланс дизельного пального і мастильних матеріалів

| Показник | Формула або база розрахунку | Значення | Практичне значення |
|---|---|---|---|
| Пальне на польові роботи | Σ(Si · qi) | 155.95 тис. л | основа річного плану забезпечення |
| Резерв на транспорт і внутрішні переїзди | 0,10 · Qд | 15.60 тис. л | страховий запас у пікові періоди |
| Загальна потреба дизпалива | Qд + Qрез | 171.54 тис. л | план закупівель і зберігання |
| Моторні оливи | 1,2 % від QΣ | 2059 л | регламентні заміни двигунів |
| Гідравлічні та трансмісійні оливи | 0,7 % від QΣ | 1201 л | обслуговування гідросистем і трансмісій |
| Пластичні мастила | 0,5 % від маси дизпалива | 720 кг | змащування вузлів, підшипників і шарнірів |
| Річна економія дизпалива | Qбаз - Qпроект | 23.39 тис. л | зниження собівартості робіт |

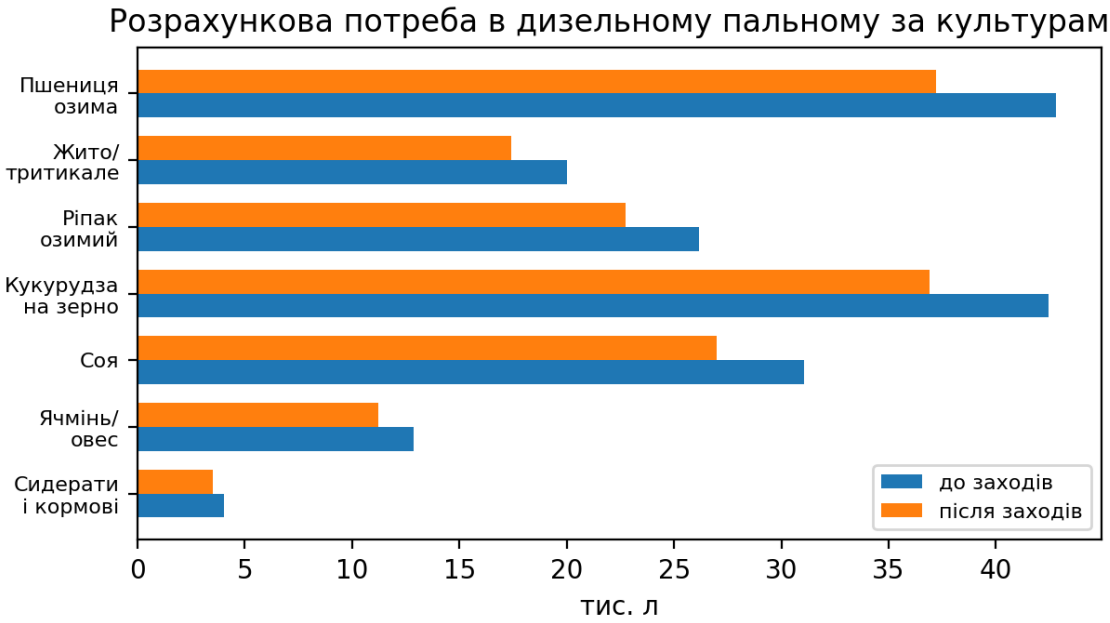



Рис. 2.3. Порівняння потреби в дизельному пальному до і після впровадження заходів

### 2.4. Проектні заходи з раціонального використання ПММ

Комплекс заходів має бути не разовим, а організаційно-технологічною системою. На рівні підприємства пропонується впровадити такі напрями: планування норм витрати за культурами і операціями; використання широкозахватних агрегатів і мінімального обробітку ґрунту; диспетчеризацію техніки з контролем маршрутів; централізований облік видачі пального; фільтрацію дизельного пального перед заправленням; зберігання олив у закритій тарі; повернення відпрацьованих олив на утилізацію; регулярне технічне обслуговування та заправлення ручних солідолонагнітачів через спеціальну установку.

Особливе місце у системі займає установка для заправлення ручних солідолонагнітачів, що розробляється у третьому розділі. У вихідній конструкції передбачено герметичну ємність, шестерний насос НШ-32 з ручним приводом, роздавальний механізм і контроль рівня мастила. Порівняно з ручним накладанням солідолу лопаткою або випадковими предметами така схема усуває забруднення мастила, зменшує залишки на тарі, скорочує

утворення повітряних мішків у корпусі шприца та прискорює підготовку до змащування.

Таблиця 2.5 – Заходи з економії ПММ та очікуваний результат

| Захід | Суть впровадження | Об’єкт дії | Розрахунковий ефект | Контроль виконання |
|---|---|---|---|---|
| Мінімізація проходів | поєднання лущення, передпосівного обробітку та сівби сучасними агрегатами | технологія обробітку ґрунту | ≈12,5 тис. л дизпалива/рік | технологічні карти |
| GPS-навігація і контроль перекриттів | паралельне водіння, контроль обробленої площі, менше повторних проходів | трактори, обприскувач, сівалки | ≈5,5 тис. л/рік | карти полів і звіти |
| Централізований пункт ПММ | лічильники видачі, фільтри, журнал обліку, закрита тара | паливо, оливи, мастила | ≈2,1 тис. л/рік та менше забруднення | лімітні картки |
| Планове ТО | регулювання форсунок, тиску в шинах, очищення фільтрів, контроль витоків | двигуни і гідросистеми | ≈1,8 тис. л/рік | сервісні листи |
| Оптимізація логістики | мобільне заправлення в полі, групування робіт за масивами | внутрішні переїзди | ≈1,5 тис. л/рік | маршрутні листи |
| Установка для заправлення солідолонагнітачів | закрита подача солідолу в ручний шприц без повітряних включень | пластичні мастила | економія ≈122 кг/рік і ≈350 год/рік | журнал змащування |

**Схема включення установки заправлення солідолонагнітачів у систему ТО**

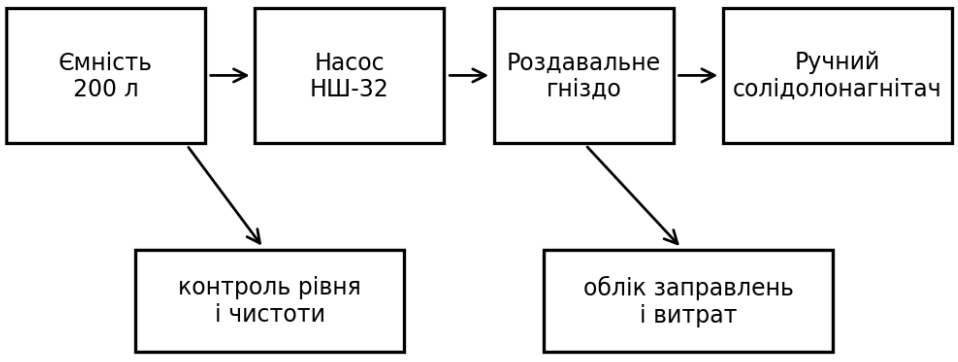



Рис. 2.4. Схема включення установки заправлення солідолонагнітачів у сервісний процес.

**Висновки по розділу**

У розділі спроєктовано систему заходів з раціонального використання ПММ для аграрного підприємства зони Полісся площею 2500 га. Обґрунтовано структуру посівних площ, підібрано сучасний машинно-тракторний парк, виконано розрахунок потреби в дизельному пальному, оливах і пластичних мастилах. Встановлено, що завдяки сучасним агрегатам, GPS-контролю, централізованому обліку, мінімізації проходів і впровадженню установки для заправлення ручних солідолонагнітачів можна зменшити річне споживання дизельного пального на 13 %, істотно скоротити втрати мастил і підвищити екологічну безпеку робіт. Розроблена в третьому розділі установка є важливим елементом цієї системи, оскільки переводить заправлення ручних солідолонагнітачів у закритий, контрольований і маловитратний процес.

# РОЗДІЛ 3
# РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

## 3.1. Призначення й область застосування

Для заповнення ручних шприців-солідолонагнітачів пропонується застосувати спеціальну установку для заправлення солідолом. Конструкція відзначається простотою виготовлення, зручністю під час роботи та компактними габаритами. Її можна використовувати у тракторних бригадах, ремонтних майстернях, а також безпосередньо в польових умовах.

Оскільки установка має ручний привод, її експлуатація не залежить від наявності електроенергії. Це є важливою перевагою порівняно з електромеханічними нагнітачами, які потребують підключення до електромережі. Крім того, запропонований пристрій не вимагає постійного технічного нагляду.

З урахуванням виробничих умов до установки висуваються такі техніко-економічні вимоги:

– забезпечення економного використання мастильного матеріалу без втрат під час заправлення;

– достатня продуктивність для швидкого наповнення ручних солідолонагнітачів;

– можливість тривалого зберігання солідолу без потрапляння забруднень;

– простота користування, обслуговування та очищення пристрою.

Економічність запропонованої установки досягається завдяки усуненню втрат солідолу, які виникають у разі його забруднення або перенесення на випадкові предмети під час ручного заправлення.

Підвищення продуктивності забезпечується скороченням часу, необхідного для заповнення солідолонагнітачів, а також відсутністю непродуктивних витрат часу, пов’язаних із неповним наповненням шприца.

Розрахункова продуктивність установки становить 1020 см³/хв, а час заправлення одного солідолонагнітача – близько 15 с. Для нормальної роботи

пристрою необхідний тиск Рв = $10^5$ Па. Привод установки ручний, зусилля натискання на важіль становить 37,5 Н, орієнтовна маса установки – 50 кг.

### 3.2. Обґрунтування обраної конструкції

Солідол зазвичай постачається у бочках масою 80–170 кг, тоді як місткість ручного шприца становить приблизно 230–240 г. Отже, з однієї такої тари можна виконати близько 300–320 заправлень ручного солідолонагнітача. Однак у відкритій тарі, особливо в умовах тракторної бригади, складно забезпечити належне збереження мастила без забруднення.

Через порушення умов зберігання кількість механічних домішок у солідолі може зростати до 0,784 %, тоді як допустима норма становить не більше 0,25–0,3 %. Додаткові втрати виникають унаслідок залишків мастила на стінках і днищі бочки. Після контакту з повітрям такі залишки поступово втрачають придатність до використання.

Однією з причин перевитрат є невідповідність між об’ємом тари для зберігання солідолу та невеликою місткістю ручного шприца. Під час заправлення з бочки мастило прилипає до рук, лопатки або інших предметів, якими користуються механізатори. Крім того, частина солідолу витрачається під час пробних нагнітань, що виконуються для видалення повітря з плунжерної пари шприца.

Недосконала технологія заряджання ручних шприців призводить до того, що працівники часто використовують спеціальні лопатки, випадкові підручні предмети, а інколи й руки. За таких умов втрати солідолу під час одного заправлення можуть становити 4,72–10,66 %. Однак на цьому втрати не завершуються, адже в корпусі шприца утворюються повітряні порожнини.

Потрапляння повітря до плунжерної пари спричиняє припинення подачі солідолу. Для відновлення роботи доводиться виконувати пробні нагнітання, під час яких додатково втрачається до 35,71 % мастила. У результаті сумарні втрати для звичайного шприца без підтискної пружини можуть досягати 44,59–44,7 %, а для шприца іншої конструкції – 19,49–21,32 %.

В умовах господарства за рік використовується до 7 т солідолу, причому через описані недоліки втрачається близько 500 кг мастила. Заправлення одного ручного солідолонагнітача потребує приблизно 5 хв, а разом із пробними нагнітаннями – близько 8 хв. З урахуванням періодичності змащувальних робіт річні втрати робочого часу можуть становити близько 920 год.

Для усунення перелічених недоліків доцільно застосувати установку для заправлення ручних солідолонагнітачів. Її впровадження дає змогу підвищити продуктивність операції, скоротити втрати мастильного матеріалу та поліпшити умови праці механізаторів.

### 3.3. Розрахунки на надійність

Працездатність запропонованої конструкції визначається здатністю насосної установки створювати тиск, достатній для подачі солідолу з бочки до ручного солідолонагнітача. Якщо насос забезпечує напір, який перевищує опір руху мастила в трубопроводах і в самому солідолонагнітачі, установка виконуватиме свою функцію.

На першому етапі необхідно визначити потужність насоса Nн, за цим показником вибрати його тип і основні параметри, а також розрахувати потужність привода Nп. Після цього встановлюються діаметри всмоктувального й нагнітального отворів.

Для розрахунку приймаємо: внутрішній діаметр всмоктувальної та напірної магістралей D = 0,032 м; місткість ручного солідолонагнітача W = $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ м³; час заповнення t = 15 с; довжина всмоктувальної магістралі lв = 0,6 м; довжина напірної магістралі $l_н$ = 0,4 м. Через значну в’язкість солідолу та малі інерційні сили швидкість руху мастила у всмоктувальному й напірному трубопроводах приймається однаковою.

Подачу солідолу насосом визначаємо за залежністю:

$$Q = W / t, \tag{3.1}$$

де Q – подача солідолу насосом у солідолонагнітач, м³/с; W – місткість солідолонагнітача, м³; t – час його заповнення, с.

$$Q = 2{,}5 \cdot 10^{-4} / 15 = 0{,}17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість руху солідолу в трубопроводах визначається за формулою:

$$V = 4Q / (\pi D^2), \quad (3.2)$$

де V – швидкість руху солідолу, м/с; D – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

$$V = (4 \cdot 0{,}17 \cdot 10^{-4}) / (3{,}14 \cdot 0{,}032^2) = 0{,}6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}.$$

Потужність насоса визначається за формулою:

$$N_н = (Q \cdot H \cdot \rho \cdot g) / \eta, \quad (3.3)$$

де $N_н$ – потужність насоса, кВт; H – напір у магістралі, м; ρ – щільність солідолу, ρ = 878 кг/м³; g – прискорення вільного падіння, g = 9,81 м/с²; η – коефіцієнт корисної дії насоса, η = 0,8.

Необхідний напір у магістралі визначається як сума втрат напору у всмоктувальному та напірному трубопроводах:

$$H = H_в + H_н, \quad (3.4)$$

$$H_в = h_{лв} + h_{мв}, \quad (3.5)$$

де $H_в$ – втрати напору у всмоктувальному трубопроводі, м; $H_н$ – втрати напору в напірному трубопроводі, м; $h_{лв}$ – втрати напору по довжині всмоктувального трубопроводу, м; $h_{мв}$ – втрати напору в місцевих опорах, м.

Втрати напору по довжині всмоктувального трубопроводу визначаються так:

$$h_{лв} = \lambda \cdot l_в \cdot V^2 / (D \cdot 2g), \quad (3.6)$$

де λ – гідравлічний коефіцієнт тертя; lв – довжина всмоктувального трубопроводу, м.

Для ламінарного режиму руху коефіцієнт тертя розраховується через число Рейнольдса:

$$\lambda = 64 / R_e, \quad (3.7)$$

$$R_e = V \cdot D / \nu, \quad (3.8)$$

$$\nu = g \cdot \mu / \rho, \quad (3.9)$$

де ν – кінематична в’язкість солідолу, м²/с; μ – динамічна в’язкість солідолу, μ = 20,39 кг·с/м².

$$\nu = (9{,}81 \cdot 20{,}39) / 878 = 0{,}228 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$R_e = (0{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}06) / 0{,}228 = 0{,}16 \cdot 10^{-2};$$

$$\lambda = 64 / (0{,}16 \cdot 10^{-2}) = 4 \cdot 10^4;$$

$$h_{лв} = 4 \cdot 10^4 \cdot 0{,}6 \cdot (0{,}6 \cdot 10^{-2})^2 / (0{,}06 \cdot 2 \cdot 9{,}81) = 0{,}73 \text{ м}.$$

Втрати напору в місцевих опорах розраховуються за формулою:

$$h_{мв} = \Sigma\xi_в \cdot V^2 / (2g), \qquad (3.10)$$

$$\Sigma\xi_в = \xi_1 + 2\xi_2, \qquad (3.11)$$

де $\xi_1$ – коефіцієнт опору на вході у всмоктувальний трубопровід; $\xi_2$ – коефіцієнт опору в колінах трубопроводу.

Коефіцієнти місцевих опорів уточнюються з урахуванням числа Рейнольдса:

$$\xi_n = A_n / R_e + \xi_{зв}, \qquad (3.12)$$

де $A_n$ – коефіцієнт, що враховує вплив числа Рейнольдса; $\xi_{зв}$ – коефіцієнт місцевого опору для звичайних рідин.

Для входу в трубу з конічним закінченням приймаємо $A_1 = 250$, а для повороту в коліні – $A_2 = 130$. Тоді:

$$\xi_1 = 250/(0{,}16 \cdot 10^{-2}) + 0{,}5 = 156251;$$

$$\xi_2 = 130/(0{,}16 \cdot 10^{-2}) + 0{,}2 = 81250;$$

$$\Sigma\xi_в = 156251 + 81250 \cdot 2 = 318751;$$

$$h_{мв} = 318751 \cdot (0{,}6 \cdot 10^{-2})^2/(2 \cdot 9{,}81) = 0{,}58 \text{ м}.$$

Сумарні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі становлять:

$$Нв = 0{,}73 + 0{,}58 = 1{,}31 \text{ м}.$$

Умовою працездатності всмоктувальної частини є $H_{вт} > H_в$, де $H_{вт}$ – вакуумметричний напір, що відповідає тиску $Рв = 10^5$ Па:

$$H_{вт} = P_в / (\rho \cdot g), \qquad (3.13)$$

$$H_{вт} = 10^5 / (878 \cdot 9{,}81) = 11{,}6 \text{ м}.$$

Оскільки $H_{вт} > H_в$, насос створює достатнє вакуумметричне розрідження для закачування солідолу.

Для напірної магістралі за довжини $lн = 0{,}4$ м втрати напору по довжині становлять $h_{лн} = 0{,}49$ м. За формулами (3.10)–(3.12) сумарний коефіцієнт

місцевих опорів напірного трубопроводу дорівнює $\Sigma\xi_н$ = 2768756, а втрати напору в місцевих опорах – $h_{мн}$ = 5,08 м. Тоді:

$$H_н = 0,49 + 5,08 = 5,57 \text{ м.}$$

З урахуванням усіх складових необхідний напір у магістралі приймається:

$$H_м = 4,76 + 5,57 = 10,33 \text{ м.}$$

Після підстановки значень у формулу (3.3) отримаємо потрібну потужність насосної установки:

$$N_н = (0,17 \cdot 10^{-4} \cdot 10,33 \cdot 878 \cdot 9,81) / 0,8 = 1,89 \text{ кВт.}$$

Потужність привода визначається за формулою:

$$N_п = K \cdot N_н, \quad (3.14)$$

де K – коефіцієнт запасу потужності, який приймається конструктивно: K = 1,5.

$$N_п = 1,5 \cdot 1,89 = 2,84 \text{ кВт.}$$

З огляду на особливості роботи установки, а також для поліпшення процесу всмоктування доцільно застосувати шестеренний насос НШ-32 з ручним приводом.

### 3.3.1. Розрахунок ручного привода

Для розрахунку ручного привода приймаємо такі вихідні дані: довжина ручки a = 100 мм; довжина планки b = 200 мм; ширина планки – 25 мм; максимальне робоче зусилля $F_{max}$ = 300 Н; діаметр ручки d = 15 мм.

Максимальний згинальний момент, що діє на ручку, визначається за формулою:

$$M = F \cdot a, \quad (3.15)$$

$$M = 300 \cdot 100 = 30000 \text{ Н·мм.}$$

Допустимі напруження вигину визначаємо за залежністю:

$$[\sigma]в = \tau_т / n_\sigma, \quad (3.16)$$

де nσ – коефіцієнт запасу міцності, nσ = 2,5.

$$[\sigma]в = 240/2,5 = 96 \text{ МПа.}$$

Діюче напруження вигину в ручці розраховується як:

$$\sigma = M / W, \quad (3.17)$$

де W – момент опору перерізу ручки.

$$W = 0{,}098 \cdot d^3 = 0{,}098 \cdot 15^3 = 331 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma = 30000/331 = 90{,}6 \text{ МПа}.$$

Міцність ручки забезпечується, оскільки діюче напруження вигину σ = 90,6 МПа є меншим за допустиме [σ]в = 96 МПа.

Напруження вигину, що виникають у планці, визначаються за формулою:

$$\sigma_п = M / W_x, \qquad (3.18)$$

де $W_x$ – момент опору вигину відносно осі х.

$$W_x = 0{,}167 \cdot 25 \cdot 5^2 = 104{,}4 \text{ мм}^3;$$

$$\sigma_п = 30000/104{,}4 = 287{,}4 \text{ МПа}.$$

Отже, міцність планки з прийнятими початковими розмірами не забезпечується. Для її виготовлення доцільно застосувати фігурний профіль двотаврового перерізу.

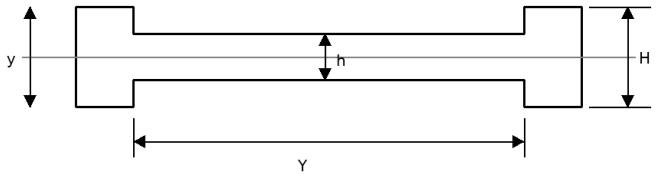



Рис. 3.1. Фігурний профіль двотаврового перерізу

Із сортаменту смугової фігурної сталі, що виготовляється промисловістю, вибираємо профіль із такими розмірами: H = 12 мм; h = 5 мм; y = 25 мм; Y = 16 мм.

Момент опору для вибраного профілю визначається за формулою:

$$W = (H^3 \cdot B - b \cdot h^3) / (6H), \qquad (3.19)$$

$$W = (16 \cdot 12^3 - 25 \cdot 5^3)/(6 \cdot 12) = 341 \text{ мм}^3.$$

Напруження вигину в планці становить:

$$\sigma п = 30000/341 = 88 \text{ МПа}.$$

Обраний профіль із зазначеними розмірами може бути використаний у конструкції, оскільки розрахункове напруження вигину є меншим за допустиме:

$$\sigma_{п} = 88 \text{ МПа} < [\sigma]_{в} = 96 \text{ МПа}.$$

### 3.4. Принцип дії установки

Установка для заправлення солідолонагнітачів складається із шестеренного насоса, приводного механізму, роздавального вузла, зварної бочки місткістю 200 л та кришки з покажчиком рівня солідолу. Усі основні елементи змонтовані на рамі, а зверху закриті кришкою, виготовленою з листової сталі.

Заправлення ручного шприца виконується в такій послідовності. Спочатку з солідолонагнітача знімають головку, після чого його до упору вгвинчують у гніздо роздавального механізму. Далі обертанням насоса заповнюють корпус ручного солідолонагнітача мастилом. Ступінь наповнення контролюється за величиною висування штока.

Рівень солідолу в бочці контролюється за допомогою штока з покажчиком. Коли стрілка досягає нульової позначки, установку потрібно заправити. Для цього знімають кришку бака, виймають ущільнювальну кришку і спеціальною ложкою накладають солідол у ємність. Під час заповнення необхідно ущільнювати мастило якомога щільніше, не допускаючи утворення повітряних включень.

Технічне обслуговування установки є простим: достатньо періодично очищати її від пилу, а також за потреби видаляти спресований солідол із роздавального гнізда.

# РОЗДІЛ 4
# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ

## 4.1. Вихідні умови та мета заходів

Мета розділу – обґрунтувати безпечні умови експлуатації установки для заправлення ручних солідолонагнітачів та визначити екологічні заходи, які зменшують втрати паливно-мастильних матеріалів у ремонтно-обслуговувальній зоні аграрного підприємства. Запропонована в третьому розділі установка має ручний привід, шестерний насос, закриту ємність для солідолу і роздавальний вузол. Її застосування зменшує ручний контакт із мастилом, скорочує пробні нагнітання та запобігає забрудненню солідолу пилом і механічними домішками.

В умовах воєнного стану питання охорони праці та екологічної безпеки мають додаткове значення: аграрні підприємства працюють за нестійкої логістики, можливих аварійних відключень електроенергії та ризику пошкодження складів ПММ. Тому технічні рішення повинні забезпечувати герметичність, простоту обслуговування, можливість швидкої локалізації розливу та пожежну готовність без залежності від електропривода.

Робоче місце заправлення розташовують у майстерні або пункті технічного обслуговування на рівній неслизькій основі. Навколо установки залишають прохід не менше 0,8 м, поряд розміщують вогнегасник, абсорбент, металеву тару для промаслених відходів та інструкцію з безпечної роботи. До обслуговування допускається працівник, який пройшов інструктаж і перевірив справність рукоятки, шлангів, гнізда заправлення та герметичність ємності.

Таблиця 4.1 – Небезпечні фактори та заходи їх зниження

| Фактор | Можливі наслідки | Заходи безпеки |
|---|---|---|
| Контакт із солідолом | подразнення шкіри, забруднення спецодягу | рукавички, закрита заправка, очищення гнізда після роботи |
| Розлив мастила на підлогу | ковзання, травмування, забруднення ґрунту | піддон, абсорбент, щоденне прибирання |
| Рух важеля та механізму | защемлення пальців, удари рукояткою | кожух, плавне натискання, заборона регулювання під час руху |
| Промаслені відходи | пожежна небезпека, вторинне забруднення | металевий ящик з кришкою, передача на утилізацію |
| Робота під час тривоги | залишення відкритої тари, аварійний розлив | зупинка операції, закриття кришки, перехід в укриття |

### 4.2. Організація безпечної роботи з установкою

Перед початком роботи працівник оглядає підлогу, перевіряє наявність засобів індивідуального захисту, встановлює солідолонагнітач у роздавальне гніздо та виконує заправлення плавними рухами важеля. Забороняється користуватися випадковими предметами для перенесення солідолу, відкручувати шприц під тиском, залишати відкриту ємність і проводити біля установки зварювальні роботи або користуватися відкритим вогнем.

Безпечна послідовність процесу: огляд робочої зони → встановлення шприца у гніздо → плавне нагнітання → контроль висування штока → очищення гнізда → запис витрати мастила в журнал. Така схема зменшує контакт працівника з ПММ і підвищує дисципліну обліку.

Таблиця 4.2 – Організаційні заходи охорони праці

| Напрям | Зміст заходу | Виконавець / строк |
|---|---|---|
| Навчання | вступний, первинний і повторний інструктаж з охорони праці | відповідальний механік |
| ЗІЗ | бавовняний спецодяг, рукавички, окуляри при очищенні вузлів | працівник |
| Технічний огляд | рукоятка, насос, шланги, заправне гніздо, піддон | щозміни |
| Пожежна готовність | вогнегасники, абсорбент, заборонні знаки | постійно |
| Екологічний облік | журнал витрат мастила і випадків розливу | щомісяця |

### 4.3. Розрахунок вентиляції, освітлення та ергономічного навантаження

Розрахунки виконуємо для дільниці площею S = 30 м², висотою h = 3,2 м. Об’єм приміщення:

$$V = S \cdot h = 30 \cdot 3{,}2 = 96 \text{ м}^3. \quad (4.1)$$

Для локальної зони роботи з ПММ приймаємо кратність повітрообміну n = 2,5 год⁻¹. Необхідна продуктивність вентиляції:

$$L = n \cdot V = 2{,}5 \cdot 96 = 240 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Приймаємо витяжний вентилятор продуктивністю 300 м³/год. Запас продуктивності: K = 300/240 = 1,25, що достатньо для стабільного видалення запахів мастила та підтримання санітарного стану робочої зони.

Для освітлення приймаємо нормовану освітленість $E_н$ = 200 лк, коефіцієнт запасу Kз = 1,5, коефіцієнт нерівномірності z = 1,1, коефіцієнт використання світлового потоку η = 0,55. Потрібний світловий потік:

$$ФΣ = (Eн · S · Kз · z) / η = (200 · 30 · 1,5 · 1,1) / 0,55 = 18\,000 лм. \quad (4.2)$$

Приймаємо 5 світлодіодних світильників по 4000 лм. Фактична освітленість:

$$E_ф = (5 · 4000 · 0,55) / (30 · 1,5 · 1,1) = 222 лк. \quad (4.3)$$

Оскільки 222 лк > 200 лк, прийнята система освітлення забезпечує огляд гнізда заправлення, контролю рівня мастила та чистоти робочої площадки.

Таблиця 4.3 – Результати основних розрахунків

| Параметр | Формула / вихідні дані | Результат | Висновок |
|---|---|---|---|
| Об’єм приміщення | V = S·h = 30·3,2 | 96 м³ | база для вентиляції |
| Повітрообмін | L = n·V = 2,5·96 | 240 м³/год | прийняти 300 м³/год |
| Запас вентиляції | K = 300/240 | 1,25 | умова виконана |
| Світловий потік | ФΣ = 200·30·1,5·1,1/0,55 | 18 000 лм | потрібний потік |
| Фактична освітленість | Eф = 5·4000·0,55/(30·1,5·1,1) | 222 лк | більше 200 лк |

Перевіримо ергономічне навантаження від ручного привода. За даними конструктивного розділу, робоче зусилля на важелі становить F = 37,5 Н. Якщо хід рукоятки s = 0,35 м, а для одного заправлення потрібно орієнтовно i = 4 рухи, робота за цикл:

$$A_1 = F · s · i = 37,5 · 0,35 · 4 = 52,5 Дж. \quad (4.4)$$

За 40 заправлень за зміну: $A_{зм}$ = 52,5 · 40 = 2100 Дж = 2,1 кДж. Отже, ручний привід не створює значного силового перевантаження, однак рукоятка повинна мати гладку поверхню, а зона руху важеля – бути захищеною від випадкового контакту.

### 4.4. Пожежна безпека та локалізація розливів

Солідол має невисоку леткість, але промаслені матеріали й залишки ПММ на підлозі створюють пожежну небезпеку. На дільниці забороняється куріння, застосування відкритого полум’я, зберігання сторонніх

легкозаймистих матеріалів та нагрівання тари з мастилом. Установка повинна стояти на піддоні, а підлога – мати покриття, яке легко очищається.

Для дільниці площею 30 м² приймаємо два порошкові вогнегасники ВП-5: один біля входу, другий біля місця зберігання ПММ. Таке дублювання доцільне через воєнний стан і можливі затримки реагування на аварійну ситуацію.

Мінімальний об’єм локалізаційного піддона визначаємо за умовою утримання 110 % об’єму найбільшої ємності. Для ємності 200 л:

$$V_п = 1{,}1 \cdot 200 = 220 \text{ л} = 0{,}22 \text{ м}^3.$$

Приймаємо піддон об’ємом 0,22–0,25 м³. Це дозволяє утримати аварійне витікання без потрапляння мастила у ґрунт, каналізацію або на проїзд майстерні.

Таблиця 4.4 – Засоби пожежної та аварійної готовності

| Засіб | Кількість | Призначення |
|---|---|---|
| Порошковий вогнегасник ВП-5 | 2 шт. | гасіння займання ПММ і промаслених матеріалів |
| Пісок або абсорбент | не менше 0,05 м³ | локалізація малих розливів |
| Металевий ящик з кришкою | 1 шт. | збирання промаслених ганчірок |
| Локалізаційний піддон | 0,22–0,25 м³ | утримання 110 % об’єму ємності |
| Попереджувальні знаки | 2–3 шт. | заборона вогню, місце вогнегасника, ЗІЗ |

### 4.5. Екологічні заходи та розрахунок зменшення втрат солідолу

У зоні Полісся екологічні ризики від розливів ПММ підвищуються через вологі ґрунти, меліоративні канали та близькість поверхневих вод. Тому робоче місце заправлення повинно бути ізольоване від ґрунту, а всі залишки мастила мають збиратися в окрему тару. Важливим заходом є облік видачі солідолу: фактична витрата порівнюється з кількістю заправлених шприців і обсягом технічного обслуговування машин.

За вихідними даними конструктивного розділу, втрати солідолу при недосконалому ручному заправленні можуть становити близько 500 кг/рік. Приймаємо, що впровадження установки, піддона, журналу обліку та контейнера для відходів зменшує ці втрати на 75 %. Річне зменшення втрат:

$$G_{ек} = G_{вт} \cdot \eta = 500 \cdot 0{,}75 = 375 \text{ кг/рік}. \quad (4.5)$$

Залишкові втрати після впровадження заходів:

$$G_{зал} = 500 – 375 = 125 \text{ кг/рік}.$$

Отже, установка має не лише виробниче, а й екологічне значення: зменшується кількість забруднених відходів, покращується санітарний стан майстерні, скорочується ризик потрапляння мастильних матеріалів у ґрунт та воду.

Таблиця 4.5 – Екологічний ефект від упровадження заходів

| Показник | Значення | Пояснення |
|---|---|---|
| Втрати до впровадження | 500 кг/рік | за вихідними даними розділу 3 |
| Прийняте зменшення втрат | 75 % | закрита заправка, облік, піддон |
| Річна економія солідолу | 375 кг/рік | 500·0,75 |
| Залишкові втрати | 125 кг/рік | 500–375 |
| Час заправлення одного шприца | 15 с | за даними конструкції |
| Потенційна продуктивність | 240 шт./год | 3600/15 |

Таблиця 4.6 – Порядок дій працівника у разі розливу мастила

| Етап | Дія | Засіб | Результат |
|---|---|---|---|
| 1 | припинити заправлення та зафіксувати рукоятку | інструкція, сигнальний знак | усунення джерела витікання |
| 2 | обмежити зону та не допустити проходу працівників | огородження, попереджувальна стрічка | зменшення ризику ковзання |
| 3 | засипати пляму абсорбентом або піском | абсорбент, лопата | локалізація мастила |
| 4 | зібрати забруднений матеріал у металеву тару | ящик з кришкою | підготовка до утилізації |
| 5 | зробити запис у журналі та повідомити відповідального | журнал обліку | контроль і профілактика повторення |

Такий порядок дозволяє локалізувати розлив у межах робочого місця, не допустити рознесення мастила колесами техніки або взуттям працівників та забезпечити документування випадку для подальшого аналізу.

**Висновки до розділу**

Визначено основні небезпечні фактори при роботі з установкою: контакт із мастилом, розливи, рух важеля, пожежна небезпека та утворення промаслених відходів. Розраховано вентиляцію робочої зони: необхідний повітрообмін становить 240 м³/год, прийнятий вентилятор 300 м³/год забезпечує запас 1,25.Розраховано освітлення: для дільниці площею 30 м² потрібно 18 000 лм; п’ять світильників по 4000 лм забезпечують фактичну освітленість 222 лк. Підібрано засоби пожежної та аварійної готовності: два ВП-5, абсорбент, металевий ящик для відходів і піддон 0,22–0,25 м³. Очікуване зменшення втрат солідолу становить 375 кг/рік, що підтверджує екологічну доцільність розробленої установки. Нормативну основу розділу становлять Закон України «Про охорону праці», НПАОП 0.00-4.12-05, ДСН 3.3.6.042-99, Правила пожежної безпеки в Україні та ДБН В.2.5-28:2018.

# РОЗДІЛ 5
# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

## 5.1. Методика оцінювання економічної ефективності проекту

Техніко-економічне обґрунтування виконується для комплексу проектних рішень, спрямованих на раціональне використання паливно-мастильних матеріалів у проектному аграрному підприємстві зони Полісся площею 2500 га. До складу рішень належать організація обліку та контролю видачі ПММ, використання енергозберігаючих технологічних карт, GPS-контроль проходів агрегатів, фільтрація і закрите зберігання пального та мастил, а також впровадження установки для заправлення ручних солідолонагнітачів, розробленої у третьому розділі роботи.

Економічний результат формується за рахунок трьох основних джерел: зниження витрати дизельного пального, скорочення втрат пластичних мастил і зменшення трудомісткості операцій технічного обслуговування. В умовах воєнного стану ці складові мають не тільки виробниче, а й стратегічне значення, оскільки стабільність забезпечення пальним безпосередньо впливає на своєчасність посівної, догляду за посівами та збирання врожаю.

У розрахунках не враховується повна вартість тракторів, комбайнів та сільськогосподарських агрегатів, оскільки вони є базовими виробничими фондами підприємства. До капітальних вкладень віднесено лише ті елементи, які безпосередньо забезпечують економію ПММ: систему обліку пального, засоби навігації та контролю перекриттів, фільтраційне обладнання, екологічні засоби локалізації розливів і установку для заправлення солідолонагнітачів.

$$E_р = S_д + S_{см} + S_п + S_{дод} - B_{експл} \quad (5.1)$$

де $E_р$ – річний економічний ефект, грн; $S_д$ – економія дизельного пального, грн; $S_{см}$ – економія пластичних мастил, грн; $S_п$ – економія оплати праці за рахунок скорочення часу обслуговування, грн; $S_{дод}$ – додатковий організаційний ефект, грн; $B_{експл}$ – річні витрати на експлуатацію та обслуговування впроваджених заходів, грн.

$$T_{ок} = K / E_р; \qquad K_е = E_р / K \tag{5.2}$$

де $T_{ок}$ – строк окупності, років; $K$ – капітальні вкладення, грн; $K_е$ – коефіцієнт економічної ефективності. Методика дозволяє окремо оцінити ефективність установки для заправлення ручних солідолонагнітачів та загальний ефект від комплексу заходів з раціонального використання ПММ.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків

| Показник | Позначення | Значення | Джерело / обґрунтування |
|---|---|---|---|
| Площа ріллі підприємства, га | F | 2500 | умови проектування розділу 2 |
| Проектна річна потреба в дизельному пальному, л | Qп | 171 540 | баланс ПММ розділу 2 |
| Річна економія дизельного пального, л | ΔQд | 23 390 | різниця між базовим і проектним варіантом |
| Розрахункова ціна дизельного пального, грн/л | Цд | 82,76 | середня ціна по Україні на 12.06.2026 |
| Річна потреба у пластичних мастилах, кг | Gсм | 720 | розрахунок для МТП підприємства |
| Економія пластичного мастила, кг/рік | ΔGсм | 122 | зменшення втрат з 20 до 3 % |
| Розрахункова ціна солідолу, грн/кг | Цсм | 150 | ринкова ціна великої тари, округлено |
| Економія робочого часу, год/рік | ΔT | 350 | перехід від ручного заповнення до установки |
| Вартість 1 людино-години, грн | Сгод | 120 | умовна розрахункова ставка з нарахуваннями |

### 5.2. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення поділяються на дві групи. Перша група охоплює загальногосподарські заходи з раціонального використання ПММ: навігаційний контроль, облік видачі пального, фільтрацію та екологічну безпеку пункту ПММ. Друга група включає локальне технічне рішення – установку для заправлення ручних солідолонагнітачів. Такий поділ потрібний для того, щоб показати як загальний ефект проекту, так і самостійну доцільність розробленої установки.

При визначенні вартості установки враховано шестерний насос НШ-32, зварену ємність і раму, рукави та фітинги, роздавальний вузол, механізм

ручного привода, фарбування, монтаж і резерв на дрібні матеріали. Конструкція не потребує електропривода, тому витрати на електрообладнання і підключення не передбачаються.

Таблиця 5.2 – Орієнтовні капітальні вкладення у проектні рішення

| Стаття витрат | Кількість / база | Вартість, грн | Призначення |
|---|---|---|---|
| GPS-навігація та контроль перекриттів | комплект для основних агрегатів | 420 000 | зменшення дублювання проходів і холостих переїздів |
| Лічильники видачі пального, журналізація, фільтри | пункт ПММ | 220 000 | контроль фактичної витрати, очищення пального |
| Мобільний паливозаправний модуль і піддон | 1 комплект | 260 000 | заправлення в полі та локалізація можливих розливів |
| Установка для заправлення солідолонагнітачів | 1 одиниця | 36 500 | скорочення втрат солідолу та часу ТО |
| Навчання персоналу, інструкції, маркування | працівники МТП | 28 000 | організація системи обліку та безпеки |
| Пожежний та екологічний комплект | сорбенти, ємності, вогнегасники | 54 000 | зменшення ризику збитків від розливів |
| Разом капітальні вкладення | – | 1 018 500 | вартість впровадження системи ПММ |

### 5.3. Економія дизельного пального

У другому розділі встановлено, що проектна потреба підприємства в дизельному пальному становить 171,54 тис. л на рік, а завдяки оптимізації технологій, навігаційному контролю, скороченню перекриттів і раціональному сервісу можна зекономити 23,39 тис. л. Для оцінки грошового ефекту використано розрахункову середню ціну дизельного пального 82,76 грн/л. Ціна є змінною, тому в кінці розділу наведено перевірку чутливості результатів.

$$S_д = \Delta Q_д \cdot Ц_д = 23\ 390 \cdot 82{,}76 = 1\ 935\ 756\ грн/рік \quad (5.3)$$

Отримана економія є найбільшою складовою загального ефекту. Для підприємства площею 2500 га вона відповідає 774,3 грн/га. За умов нестійкої логістики пального під час воєнного стану зменшення фізичної потреби в дизельному пальному також скорочує обсяг коштів, які необхідно авансувати на сезонні закупівлі, і зменшує ризик зупинки робіт через затримки постачання.

Таблиця 5.3 – Розрахунок економії дизельного пального за основними заходами

| Захід | Економія пального, л/рік | Ціна, грн/л | Ефект, грн/рік |
|---|---|---|---|
| Мінімізація кількості проходів агрегатів | 12 500 | 82,76 | 1 034 500 |
| GPS-контроль перекриттів і паралельне водіння | 5 500 | 82,76 | 455 180 |
| Централізований облік і фільтрація пального | 2 100 | 82,76 | 173 796 |
| Планове ТО двигунів і гідросистем | 1 800 | 82,76 | 148 968 |
| Оптимізація внутрішніх переїздів | 1 490 | 82,76 | 123 312 |
| Разом | 23 390 | – | 1 935 756 |

## 5.4. Ефективність установки для заправлення ручних солідолонагнітачів

Розроблена у третьому розділі установка передбачає закриту подачу солідолу з ємності через насос і роздавальний вузол без накладання мастила руками, лопаткою або випадковими предметами. У розрахунках приймається, що річна потреба проектного підприємства у пластичних мастилах становить 720 кг. За місткості ручного солідолонагнітача 0,24 кг кількість заправлень за рік дорівнює приблизно 3000 операцій.

$$n = G_{см} / W_{ш} = 720 / 0{,}24 = 3000 \text{ заправлень/рік} \quad (5.4)$$

За традиційного способу на одну заправку з урахуванням очищення, ручного накладання мастила і спробних нагнітань витрачається близько 8 хв. Після впровадження установки повний організаційний цикл прийнято 1 хв, хоча безпосереднє заповнення шприца за розрахунками конструкції триває близько 15 с. Отже, річні витрати часу зменшуються з 400 до 50 год, а економія становить 350 год/рік.

$$\Delta T = (3000 \cdot 8 / 60) - (3000 \cdot 1 / 60) = 350 \text{ год/рік}$$

Втрати пластичного мастила при ручному заправленні прийнято 20 %, а після впровадження установки – 3 %. Тоді річна економія мастила становить 122 кг. За ціни 150 грн/кг матеріальна економія дорівнює 18 300 грн/рік. Додатково отримується економія праці 42 000 грн/рік.

$$Sсм = 122 \cdot 150 = 18\,300 \text{ грн/рік;}$$

$$Sп = 350 \cdot 120 = 42\,000 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 5.4 – Порівняння ручного способу і проектної установки

| Показник | Ручне заправлення | Заправлення установкою | Економічний результат |
|---|---|---|---|
| Кількість заправлень за рік | 3000 | 3000 | умови однакові |
| Тривалість однієї операції, хв | 8,0 | 1,0 | скорочення на 7 хв |
| Річні витрати часу, год | 400 | 50 | економія 350 год |
| Втрати мастила, % | 20 | 3 | зменшення на 17 в.п. |
| Втрати мастила, кг/рік | 144 | 22 | економія 122 кг |
| Вартість втрат мастила, грн/рік | 21 600 | 3 300 | економія 18 300 грн |
| Оплата праці на операції, грн/рік | 48 000 | 6 000 | економія 42 000 грн |
| Річні витрати на обслуговування установки | – | 3 650 | 10 % від вартості установки |
| Чистий ефект установки | – | – | 56 650 грн/рік |

Окремий строк окупності установки становить Ток.уст = 36 500 / 56 650 = 0.64 року. Це означає що навіть без урахування зменшення зношування деталей машин і підвищення культури технічного обслуговування установка повертає вкладені кошти менш ніж за один виробничий сезон.

### 5.5. Зведений розрахунок економічного ефекту

Загальний річний ефект визначаємо як суму економії дизельного пального, пластичних мастил, робочого часу та додаткового організаційного ефекту. Додатковий ефект у розмірі 8000 грн/рік прийнято від зменшення втрат на прибирання розливів, списання забруднених мастильних матеріалів і простої у сервісній зоні. Експлуатаційні витрати на підтримання системи ПММ прийнято 5 % від капітальних вкладень.

$$B_{експл} = 0{,}05 \cdot 1\,018\,500 = 50\,925 \text{ грн/рік}$$

$$E_р = 1\,935\,756 + 18\,300 + 42\,000 + 8\,000 - 50\,925 = 1\,953\,131 \text{ грн/рік}$$

$$T_{ок} = 1\,018\,500 / 1\,953\,131 = 0{,}52 \text{ року}$$

Коефіцієнт економічної ефективності становить 1,92 грн річного ефекту на 1 грн вкладень. У перерахунку на площу підприємства капітальні витрати

дорівнюють 407,4 грн/га, а чистий річний ефект – 781,3 грн/га. Такий результат свідчить, що проектні рішення є економічно доцільними і можуть бути впроваджені без тривалого періоду повернення коштів.

Таблиця 5.5 – Зведені показники техніко-економічної ефективності

| Показник | Розрахунок | Значення |
|---|---|---|
| Капітальні вкладення у систему ПММ | ΣК | 1 018 500 грн |
| Економія дизельного пального | 23 390 л · 82,76 грн/л | 1 935 756 грн/рік |
| Економія пластичних мастил | 122 кг · 150 грн/кг | 18 300 грн/рік |
| Економія робочого часу | 350 год · 120 грн/год | 42 000 грн/рік |
| Додатковий організаційний ефект | умовна оцінка | 8 000 грн/рік |
| Експлуатаційні витрати | 5 % від К | 50 925 грн/рік |
| Чистий річний ефект | Σ економії - витрати | 1 953 131 грн/рік |
| Строк окупності | К / Ер | 0,52 року |
| Коефіцієнт ефективності | Ер / К | 1,92 |
| Ефект на 1 га | Ер / 2500 | 781,3 грн/га |

### 5.6. Оцінка стійкості результатів і висновки

Оскільки найбільша частина економічного результату залежить від ціни дизельного пального, доцільно перевірити стійкість проекту за трьома сценаріями: зниженим, базовим і підвищеним. В усіх сценаріях зберігається однаковий фізичний обсяг економії пального – 23 390 л/рік. Постійними також залишаються економія мастила, економія часу, додатковий організаційний ефект та річні витрати на експлуатацію системи.

Таблиця 5.6 – Чутливість строку окупності до ціни дизельного пального

| Сценарій | Ціна дизпалива, грн/л | Чистий ефект, грн/рік | Строк окупності, року |
|---|---|---|---|
| Знижена ціна пального | 75,00 | 1 771 625 | 0,57 |
| Базовий сценарій | 82,76 | 1 953 131 | 0,52 |
| Підвищена ціна пального | 90,00 | 2 122 475 | 0,48 |

Розрахунок показує, що навіть за зниження ціни дизельного пального до 75 грн/л строк окупності становитиме близько 0,57 року. При базовому рівні ціни строк окупності дорівнює 0,52 року, а при підвищеній ціні – 0,48 року. Отже, проект залишається ефективним за різних ринкових умов.

Важливо, що частина результату має немонетарний характер. Закрите заправлення ручних солідолонагнітачів зменшує забруднення мастила пилом і механічними домішками, підвищує якість змащування вузлів машин, знижує ймовірність аварійних зупинок у період пікових польових робіт. Централізований облік ПММ унеможливлює безконтрольне списання матеріалів, а фільтрація та екологічні піддони зменшують ризик потрапляння нафтопродуктів у ґрунт і воду.

З урахуванням виконаних розрахунків можна зробити висновок, що запропоновані проектні рішення є технічно обґрунтованими й економічно доцільними. Загальний чистий річний ефект становить 1 953,1 тис. грн, строк окупності комплексу заходів – 0,52 року, а строк окупності установки для заправлення ручних солідолонагнітачів – 0,64 року. Найбільший фінансовий результат забезпечує економія дизельного пального, однак саме розроблена установка формує стабільний локальний ефект у сервісній зоні підприємства: зменшує втрати солідолу, скорочує трудомісткість обслуговування і підвищує культуру використання мастильних матеріалів.

**Висновки по розділу**

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування комплексу заходів з раціонального використання паливно-мастильних матеріалів у проектному аграрному підприємстві зони Полісся. Встановлено, що впровадження системи обліку, GPS-контролю, фільтрації пального та установки для заправлення ручних солідолонагнітачів потребує 1 018,5 тис. грн капітальних вкладень. Річна економія дизельного пального становить 23,39 тис. л, економія солідолу – 122 кг, а скорочення витрат праці – 350 год. Чистий річний економічний ефект дорівнює 1 953,1 тис. грн, що забезпечує окупність проекту за 0,52 року. Отже, проектні рішення доцільні для впровадження, особливо в умовах воєнного стану, коли економія ПММ зменшує виробничі ризики і підвищує енергетичну стійкість підприємства.

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання раціонального використання паливно-мастильних матеріалів шляхом розробки пристрою для заправлення ручних солідолонагнітачів. Установлено, що ефективне використання ПММ сприяє зниженню собівартості сільськогосподарської продукції, підвищенню надійності машинно-тракторного парку та стабільній роботі аграрного підприємства.

У першому розділі проаналізовано основні проблеми використання ПММ в аграрному виробництві. Визначено, що перевитрати виникають через недосконалу організацію зберігання, обліку та видачі матеріалів, втрати під час ручних операцій, використання застарілих методів технічного обслуговування та недостатній контроль за технічним станом машин. Обґрунтовано економічне й екологічне значення раціонального використання паливно-мастильних матеріалів.

У другому розділі запропоновано систему заходів для аграрного підприємства зони Полісся площею 2500 га. Підібрано раціональну структуру машинно-тракторного парку, визначено потребу в пальному й мастильних матеріалах та доведено, що впровадження організаційних і технічних заходів дозволяє зменшити непродуктивні витрати ПММ і підвищити ефективність виконання польових робіт.

У третьому розділі розроблено конструкцію установки для заправлення ручних солідолонагнітачів. Запропонований пристрій має просту будову, ручний привід, невеликі габарити та може використовуватися як у майстерні, так і в польових умовах. Його застосування дає змогу механізувати процес заправлення, зменшити втрати солідолу, запобігти його забрудненню та потраплянню повітря в робочу порожнину солідолонагнітача.

Проведені розрахунки підтвердили працездатність конструкції. Визначено основні параметри подачі солідолу, втрати напору, необхідну

потужність насосної установки та параметри ручного привода. Обґрунтовано доцільність застосування шестерного насоса.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки. Визначено небезпечні й шкідливі фактори під час роботи з мастильними матеріалами та запропоновано заходи щодо безпечної організації робочого місця, використання засобів індивідуального захисту, забезпечення вентиляції, освітлення, пожежної безпеки та запобігання забрудненням.

У п’ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Розраховано капітальні вкладення, очікувану економію солідолу, скорочення витрат праці та строк окупності пристрою. Отримані результати підтверджують економічну доцільність його впровадження.

Отже, мета кваліфікаційної роботи досягнута. Розроблений пристрій для заправлення ручних солідолонагнітачів є простим, надійним, зручним в експлуатації та економічно вигідним. Його використання дозволить підвищити ефективність використання ПММ, покращити умови праці, зменшити втрати мастильних матеріалів і знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посіб. / В. Я. Чабанний, М. І. Черновол, Є. К. Солових та ін. ; за ред. В. Я. Чабанного. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 486 с.

2. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. / О. В. Коновалюк, В. М. Кіяшко, М. В. Колісник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.

3. Пастухов В. І., Чигрин А. Г., Джолос П. А., Мельник В. І., Ільченко В. Ю., Анікєєв О. І., Циганенко М. О. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.

4. Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С. Перспективи розвитку технічного сервісу МТП в АПК. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України. С. 61-62.

5. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін. ; за ред. В. Ю. Ільченка, Ю. П. Нагірного. Київ : Урожай, 1996. 384 с.

6. Практикум з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. / за ред. І. І. Мельника. Київ : Кондор, 2004. 284 с.

7. Бондаренко М. Г., Демещук В. А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 237 с.

8. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

9. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. Київ : Урожай, 1991. 472 с.

10. Борак К. В., Вазінський М. Ю., Дубінін Д. Ю. Особливості технічного обслуговування сучасних дизельних двигунів. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 35-39.

11. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / за ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнєва. Київ : ННЦ ІАЕ, 2005. 402 с.

12. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року // Міністерство економіки України. URL: https://me.gov.ua/Documents/Detail?id=17f558a7-b4b4-42ca-b662-2811f42d4a33&lang=uk-UA&title=NatsionalniiPlanZEnergetikiTaKlimatuNaPeriodDo2030-Roku (дата звернення: 14.06.2026).

13. How much Ukraine spent on energy resources imports in the third year of full-scale war // DiXi Group. 2025. URL: https://dixigroup.org/en/how-much-ukraine-spent-on-energy-resources-imports-in-the-third-year-of-full-scale-war/ (дата звернення: 14.06.2026).

14. Ціни на дизельне паливо в Україні // Мінфін. URL: https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/ (дата звернення: 14.06.2026).

15. 8 Series Row Crop Tractors | 8R, 8RT, 8RX // John Deere. URL: https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family/ (дата звернення: 14.06.2026).

16. Axial-Flow 150 Series // Case IH. URL: https://www.caseih.com/en/cis/products/harvesting/axial-flow-150-series/axial-flow-7150 (дата звернення: 14.06.2026).

17. Pronto 6–7 DC. Disc seed drills // HORSCH. URL: https://www.horsch.com/en/products/seeding-technology/disc-seed-drills/pronto-6-7-dc (дата звернення: 14.06.2026).

18. UX Super trailed sprayer // AMAZONE. URL: https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/crop-

protection/trailed-sprayer/ux-super-trailed-sprayer-50992 (дата звернення: 14.06.2026).