

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему: «Обґрунтування технології внесення добрив для умов ТОВ «Агрохім  
Партнер» Сумського району Сумської області»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Неслов Т.Є.

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2201-1 с.т.

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ребрій А.М.

(Прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Неєлову Тарасу Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування технології внесення добрив для умов ТОВ «Агрохім Партнер» Сумського району Сумської області,

керівник роботи: Ребрій Алла Миколаївна, старший викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи: «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ року.

3. Вихідні дані до роботи: Виробничо-фінансовий звіт господарства за останні роки, довідникова література з даної тематики, посібники, журнали з даної тематики, матеріали, отримані під час проходження практики, інтернет джерела.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

1. Характеристика діяльності господарства.

2. Технологічна частина. Огляд технічних культур, що вирощуються в господарстві. Обґрунтування технологій внесення добрив.

3. Конструктивна розробка.(загальний вигляд, складальне креслення, деталі).

4. Охорона праці;

5. Економічне обґрунтування.

Висновки.

Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1.Характеристика діяльності господарства;

2.Схеми та графіки техніко-експлуатаційних показників;

3.Конструктивна розробка (загальний вигляд, складальне креслення, робочі деталі, специфікації).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «    »                      2024 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	до 09.09.24 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 03.12.24 р.	
3.	Складання плану роботи	до 03.01.24 р.	
4.	Написання вступу	до 23.01.25 р.	
5.	Написання першого розділу «Характеристика ТОВ «Агрохім-Партнер» Сумського району Сумської області»	до 14.02.25 р.	
6.	Написання другого розділу «Технологічна частина»	до 12.03.25 р.	
7.	Написання третього розділу «Конструктивна частина»	до 15.04.25 р.	
8.	Підготовка розділів «Охорона праці» та «Економічна частина»	до 05.05.25 р.	
9.	Написання висновків	до 11.05.25 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 13.05.25 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 22.05.25 р.	
12.	Подання роботи до попереднього захисту	до 26.05.25 р.	

**Здобувач вищої освіти**

**Керівник кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Неслов Т.Є.**

(прізвище та ініціали)

**Ребрій А.М.**

\_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Нєєлов Тарас Євгенійович**

«Обслуговування технології внесення добрив для умов ТОВ «Агрохім-Партнер» Сумського району Сумської області»

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра за освітньою програмою «Агроінженерія» зі спеціальності 208 Агроінженерія. Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано роботу ТОВ «Агрохім-Партнер», включаючи використання машинно-тракторного парку та організацію технічних засобів. Метою дослідження є підвищення ефективності та точності розподілу добрив шляхом модернізації технічних засобів. Представлено аналіз діяльності підприємства, характеристику машинно-тракторного парку, описано організацію роботи технічних засобів.

Технологічна частина присвячена класифікації методів внесення добрив (передпосівний, припосівний, післяпосівний, внутрішньогрунтовий) і типів обладнання, з акцентом на використанні сучасних енергоощадних технологій і GPS-навігації. Конструктивна частина роботи зосереджена на модернізації центробіжно-дискового розкидача МВУ-6, оснащеного регульованими лопатями, що дозволяє змінювати ширину розсіювання в межах 14–30 м залежно від умов експлуатації.

Розділ з охорони праці містить вимоги з безпеки праці під час застосування мінеральних добрив та заходи безпеки при застосуванні різних видів добрив.

Також подано розрахунки технічних та економічних показників, які демонструють ефективність впровадженого рішення, зокрема зменшення витрат на добрива та підвищення продуктивності.

Розробки роботи підтвердженні інженерно-технічними розрахунками.

**Ключові слова:** підготовка ґрунту, технічне забезпечення, мінеральні добрива, аграрне підприємство, вдосконалення обладнання, оптимізація внесення добрив, ефективність.

## ABSTRACT

**Neelov Taras Evgeniyovych** "Maintenance of fertilizer application technology for the conditions of Agrokhim-Partner LLC of Sumy district of Sumy region"

Qualification work for obtaining a degree in the educational program "Agroengineering" in the specialty 208 Agroengineering. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification work analyzes the work of LLC "Agrokhim-Partner", including the use of machinery and tractor fleet and the organization of technical means. The purpose of the study is to increase the efficiency and accuracy of fertilizer distribution by modernizing technical means. An analysis of the enterprise's activities, a characteristic of the machinery and tractor fleet, and a description of the organization of the work of technical means are presented.

The technological part is devoted to the classification of fertilizer application methods (pre-sowing, sowing, post-sowing, intra-soil) and types of equipment, with an emphasis on the use of modern energy-saving technologies and GPS navigation. The design part of the work focuses on the modernization of the centrifugal disc spreader MVU-6, equipped with adjustable blades, which allows you to change the spreading width within 14–30 m depending on operating conditions.

The section on labor protection contains labor safety requirements during the application of mineral fertilizers and safety measures when applying various types of fertilizers.

Calculations of technical and economic indicators are also presented, which demonstrate the effectiveness of the implemented solution, in particular, reducing fertilizer costs and increasing productivity.

The work developments are confirmed by engineering and technical calculations.

**Keywords:** soil preparation, technical support, mineral fertilizers, agricultural enterprise, equipment improvement, optimization of fertilization, efficiency.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «АГРОХІМ-ПАРТНЕР» СУМСЬКОГО РАЙОНУ</b> .....	9
1.1 Загальна відомості про господарство.....	9
1.2 Види діяльності господарства .....	9
1.3 Аналіз використання машинно-тракторного парку .....	10
1.4 Особливості організації роботи технічних засобів.....	13
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	15
2.1 Обґрунтування технологій внесення добрив.....	15
2.2 Класифікація обладнання для підготовки та внесення агрохімікатів .....	21
2.3 Органічні та мінеральні добрива .....	25
2.4 Технології внесення добрив .....	26
2.5 Порівняння агрегатів для найкращого раціонального складу .....	27
<b>3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА</b> .....	32
3.1 Робочий процес удосконаленого агрегата .....	32
3.2 Розрахунок основних структурних і рухових показників .....	33
3.3 Передбачення дистанції переміщення частинок .....	35
3.4 Аналіз надійності фіксації диска .....	36
3.5 Розрахунок болтового з'єднання.....	37
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	35
4.1 Вимоги з безпеки праці під час застосування мінеральних добрив	39
4.2 Заходи безпеки при застосуванні різних видів добрив .....	40
<b>5 Економічна частина</b> .....	42
5.1 Розрахунок витрат на мінеральні добрива для обробітку поля .....	42
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	46
<b>ДОДАТКИ</b> .....	49

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу особливо актуальним стає питання підвищення ефективності процесу внесення мінеральних добрив. Враховуючи постійне зростання потреб у високоякісній продукції рослинництва та необхідність раціонального використання ресурсів, оптимізація цього процесу набуває першорядного значення.

Рівномірний розподіл поживних речовин по всій оброблюваній території є критично важливим фактором, що безпосередньо впливає на рівень засвоєння мікроелементів рослинами. Це, у свою чергу, сприяє активному росту сільськогосподарських культур, покращенню їхньої стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища та підвищенню загальної врожайності.

Пріоритетним завданням сучасного агропромислового комплексу є впровадження технологій, які забезпечують максимальну продуктивність та ефективність використання ресурсів. Досягнення цієї мети можливе завдяки застосуванню інноваційних енергоефективних технологічних процесів, що передбачають використання стандартних методів обробки ґрунту. Використання сучасних технологічних засобів з чіткою взаємодією та послідовністю їхнього виконання дозволяє забезпечити стабільні результати та високий рівень виробництва агропродукції.

Одним із ключових аспектів реалізації цих завдань є вдосконалення методів внесення мінеральних добрив. У цьому контексті основну увагу зосереджено на конструюванні та модернізації робочих елементів механізмів розподілу гранульованих добрив. Особливої значущості набуває розробка нових конструкцій дисково-відцентрових пристроїв, що відрізняються покращеною геометрією лопатей. Такі технологічні удосконалення сприяють більш точному та рівномірному розподілу добрив, що, у свою чергу, покращує ефективність їхнього використання та знижує витрати на агрохімікати.

Запропонований підхід не лише відповідає актуальним викликам сучасного сільського господарства, а й спрямований на довгострокове

покращення ефективності функціонування агропромислового сектора. Інтеграція новітніх розробок у сфері внесення добрив сприятиме забезпеченню сталого розвитку аграрної галузі, підвищенню врожайності, зменшенню екологічного навантаження та досягненню оптимального балансу між економічними та екологічними аспектами ведення сільськогосподарської діяльності.

# **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТОВ «АГРОХІМ-ПАРТНЕР» СУМСЬКОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

## **1.1 Загальні відомості про господарство.**

Товариство з обмеженою відповідальністю «Агрохім-Партнер» - це компанія, яка зареєстрована в селищі міського типу Степанівка Сумського району Сумської області за адресою: провулок Промисловий, будинок 42.

У вересні 2009 року була створена компанія «Агрохім-Партнер» яка виконувала роль посередника для малих і середніх фермерських господарств, сприяючи їхній адаптації до сучасних умов аграрного бізнесу України та допомагаючи інтегруватися в нові моделі ведення сільськогосподарської діяльності.

Кожного року, керівники товариства з'ясовують нагальні питання, які виникають у співробітників і поступово їх вирішують. Також щорічно до своїх лав запрошують молодих багатообіцяючих професіоналів.

Молоді співробітники набувають досвід у старших робітників, а досвідчені працівники, освоюють новітні технології та знання.

Спільна робота сприяє підвищенню фахового рівня кожного спеціаліста та реалізацію сучасних ідей у спільній праці.

## **1.2 Види діяльності господарства**

ТОВ «Агрохім-Партнер» - є аграрною компанією, основний напрям її діяльності сконцентрований на оптовій торгівлі хімічними продуктами.

Завдяки цьому підприємство забезпечує фермерські господарства необхідними засобами для підвищення врожайності, покращення якості ґрунту та захисту рослин від шкідників.

Окрім торгівлі, підприємство займається вирощуванням зернових культур, бобових культур і насіння олійних культур, що дозволяє плідно застосовувати ресурси й встановлювати новітні технології в сільськогосподарському виробництві.

Загальна площу землекористування в господарстві - 851 гектар, цей фактор дає можливість втілення сільськогосподарських проектів і задовольняє постійність врожаю.

Також підприємство пропонує послуги з оренди сільськогосподарської техніки й вантажних автомобілів, що дає змогу фермерам скористатися необхідним обладнанням без значних витрат на його придбання. Це сприяє підвищенню ефективності роботи господарств та оптимізації виробничих процесів.

Наше господарство має важливий вплив у розвитку аграрного сектору місцевості завдяки реалізації нинішніх підходів до фермерської діяльності та утворюючи умови для постійного зростання господарств.

Площі та врожайність вирощуваних культур за останні роки представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Структура посівних угідь

Культури	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
	Площа, га	Урожай- ність ц/га	Площа, га	Урожай- ність ц/га	Площа, га	Урожай- ність ц/га
Озима пшениця	351	70	351	40	300	80
Кукурудза	200	35	300	43	251	50
Соняшник	300	34	200	28	300	31

### 1.3 Аналіз використання машинно-тракторного парку

Ефективність сільгосптехніки країни є вирішальним чинником у роботі підприємства.

Для здобутку найбільшого результату треба правильно організувати роботу машинно-тракторного парку підприємства.

Структура парку включає в себе існування різноманітної техніки. Це трактори, комбайни, сівалки, культиватори та інше обладнання, яка може виконувати безліч сільськогосподарських дій. Кількість техніки визначається з

урахуванням розмірів господарства, площі оброблюваних земель, а також агротехнічних строків виконання робіт.

Гарно збалансована кількість сільськогосподарської техніки дає можливість якісно і своєчасно виконувати всі

Ефективний машинно-тракторний парк забезпечує можливість своєчасного виконання всіх етапів сільськогосподарських робіт, від підготовки ґрунту до збору врожаю. Це може зменшити втрати продуктивності, покращити якість сільського господарства та підвищити економічні показники компанії.

Крім того, важливо підтримувати обладнання в належному стані та своєчасно планувати ремонт і технічне обслуговування. Завдяки більш сучасним технологіям і механізмам автоматизації продуктивність може бути використана ефективно і прибутково.

В таблиці 1.2 представлені марки та кількість агрегатів, які є в наявності господарства.

Таблиця 1.2 Парк тракторів

<b>Трактори:</b> (Всього)	6
Т-150К	2
МТЗ-892	1
ЮМЗ-6	1
John Deere 7830	2

Підприємство якісно використовує агрегатний парк, який складається з тракторів різних класів (1,4; 2; 3). Для кожного трактора підбрано відповідну сільськогосподарську техніку, це дає можливість повністю застосовувати їх потужність. За рахунок цього меншим стає використання пального та мастильних матеріалів, а також складаються гарні умови для зростання рослин. Уся техніка й обладнання забезпечують повний спектр операцій для обробки ґрунту.

Також в господарстві є вантажні машини, марки та кількість яких надана в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Склад автомобільних машин господарства.

<b>Вантажні машини: (Всього)</b>	6
Камаз5511	2
Зил 130	1
Саз-3507	1
Маз 555102-220	2

Склад інших агрегатів та їх кількість показані таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Склад агрегатів

<b>Комбайни: (Всього)</b>	4
Claas dominator 108	2
ДОН 1500Б	1
Claas lexion-580	1
<b>Сівалки: (Всього)</b>	4
СЗ-3,6	1
John Deere 1745	2
СУПН-8	1

<b>Культиватори: (Всього)</b>	3
John Deere 960	2
КПС-4	1
<b>Плуги: (Всього)</b>	3
ПЛН-5-35	1
ПЛН-3-35	1
ПОН-5-45 «Умань»	1
<b>Розкидачі добрив: (Всього)</b>	3
ПРТ-10	1
John Deere DN350	1
МВУ-6	1

Матеріально-технічна база аграрного сектору включає всі необхідні засоби для вирощування, обробки та перевезення продукції сільського господарства. Сюди входить широкий спектр обладнання, техніки, споруд і інструментів — від потужних тракторів і комбайнів до простих знарядь праці й складських приміщень. Вона є фундаментом ефективного функціонування агропромислового комплексу та гарантією успішного виробництва.

#### **1.4 Особливості організації роботи технічних засобів**

Застосування техніки в аграрному секторі є ключовим фактором, що потребує продуманої організації та ретельного планування. Це включає оптимальне розподілення ресурсів, своєчасне обслуговування обладнання, контроль його технічного стану й забезпечення максимальної ефективності роботи. Не менш важливо враховувати сучасні технології та екологічні аспекти, щоб зменшити вплив на довкілля. Усі ці заходи сприяють підвищенню продуктивності, раціональному використанню ресурсів та досягненню високих результатів.

Елементи організації використання обладнання:

Планування:

Розробка чіткого графіка використання техніки, враховуючи потреби виробництва, сезонність, погодні умови та пріоритети завдань. Запобігання простоям шляхом резервного планування та оперативного реагування.

Обслуговування та ремонт:

Проведення профілактичних оглядів для уникнення поломок. Організація ремонтних робіт будь-якої складності та забезпечення доступу до запасних частин і матеріалів. Захист техніки через створення оптимальних умов зберігання.

Управління:

Координація графіка роботи обладнання, контроль витрат ресурсів і навчання персоналу. Впровадження різних методів підвищення ефективності експлуатації.

### Оновлення:

Вдосконалення парку техніки шляхом інвестування в сучасне обладнання, яке є більш продуктивним і енергоефективним.

Використання фінансових інструментів, таких як лізинг або кредитування, для доступного оновлення технічної бази.

### Зберігання:

Забезпечення правильного догляду та захисту машин від негативних впливів навколишнього середовища. Підготовка техніки до зберігання, зокрема очищення, нанесення захисного покриття та герметизація механізмів.

У ТОВ «Агрохім-Партнер» тракторна бригада використовує сучасні закриті бокси для зберігання техніки. Частина обладнання розташовується під навісами з бетонною основою, а інша частина - на відкритих майданчиках. Перед тим як залишити техніку просто неба, проводять ретельну підготовку: очищують машини від бруду, миють, знімають деталі, що чутливі до впливу навколишнього середовища, захищають механізми спеціальними засобами та герметизують їх. Ці заходи гарантують збереження технічного обладнання та зменшують ризик його зношування.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обґрунтування технологій внесення добрив

ТОВ «Агрохім-Партнер» – це компанія, що спеціалізується на впровадженні сучасних рішень у сфері агрохімії та оптимізації процесів внесення добрив. Використання інноваційних технологій, точного землеробства та автоматизованих систем дозволяє забезпечити ефективне живлення рослин, збереження родючості ґрунту та раціональне використання ресурсів.

Завдяки передовим методам аналізу ґрунту та оптимальному дозуванню добрив підприємство сприяє максимальному підвищенню врожайності, зменшенню витрат і зниженню впливу на довкілля. Інтелектуальні системи моніторингу, GPS-навігація та комп'ютеризовані механізми контролю дозволяють аграріям приймати точні рішення та ефективно планувати внесення поживних речовин.

Наприклад, сучасні розподільувачі добрив оснащені технологіями, які забезпечують високоточне дозування залежно від потреб рослин у кожній окремій зоні поля. Це дозволяє уникати перевитрат добрив на ділянках із меншими потребами, зберігаючи ресурси і знижуючи ризик забруднення ґрунту та водойм. Крім того, застосування комп'ютеризованих систем допомагає аналізувати дані з полів, що в свою чергу сприяє прийняттю оптимальних рішень під час роботи.

Загалом ці сучасні підходи не лише допомагають досягати вищої врожайності, а й сприяють сталому розвитку сільського господарства, дозволяючи ефективно використовувати природні ресурси та зменшувати негативний вплив на екосистеми.

**Методи внесення добрив** є ключовим компонентом агротехнічного процесу, що визначає успішність вирощування сільськогосподарських культур. Основні способи внесення добрив включають передпосівний, припосівний та післяпосівний, кожен із яких має свої особливості, переваги та призначення.

**Передпосівний спосіб** внесення добрив, також відомий як основний, базовий, суцільний або рівномірний, є одним із найбільш популярних і затребуваних методів у сучасному сільському господарстві. Він використовується для забезпечення ґрунту основною частиною мінеральних добрив (туків), органічних речовин, а також меліорантів, які сприяють покращенню фізичних та агрохімічних властивостей землі. Такий спосіб дозволяє створити оптимальні умови для майбутнього посіву й розвитку культур, а також підвищити родючість і структуру ґрунту.

У процесі цього методу добрива рівномірно розподіляють по поверхні поля спеціальною технікою. Для цього використовують розкидачі, які дозволяють точно та однорідно наносити добриво, що є важливим для забезпечення рівномірного живлення рослин. Після розкидання добрива загортають у землю за допомогою плуга, дискового культиватора чи інших ґрунтообробних агрегатів, заглиблюючи їх на 10–20 см. Такий підхід забезпечує безпосередній доступ поживних речовин до кореневої системи, що сприяє ефективному засвоєнню мікроелементів рослинами.

Особливе значення передпосівного внесення має використання органічних добрив, таких як компост або гній, які активно збагачують ґрунт корисними елементами, покращують мікробіологічну активність і забезпечують накопичення гумусу. Органічні речовини створюють сприятливі умови для розвитку ґрунтової фауни й флори, що додатково впливає на підвищення врожайності.

Цей метод є екологічно прийнятним, оскільки сприяє відновленню природного балансу ґрунтів, мінімізації деградації земель, а також дозволяє інтегрувати сучасні технології для точного внесення добрив. Залежно від типу ґрунту, кліматичних умов і вирощуваних культур передпосівне внесення може бути адаптовано для досягнення максимального ефекту.

**Припосівний спосіб** Припосівний метод внесення добрив вважається одним із найбільш ефективних способів забезпечення рослин поживними речовинами на початкових етапах їхнього розвитку. Цей метод застосовується

одночасно із сівбою, забезпечуючи введення добрив у ґрунт у безпосередній близькості до насіння або поруч із ним. Така практика не лише прискорює процес проростання насіння, але й сприяє формуванню сильної та здорової кореневої системи, що є фундаментом для подальшого розвитку рослини.

Припосівний спосіб є особливо важливим для культур, які вимагають оптимального стартового живлення, адже добрива, внесені поруч із насінням, забезпечують рослини необхідними поживними речовинами в критичний період їхньої початкової життєдіяльності. Це дозволяє рослинам активно розвивати кореневу систему і досягати швидкого росту та формування надземної частини.

Одним із прикладів впровадження цього методу є використання гранульованих добрив під час посіву зернових культур. Гранульовані добрива закладаються у рядки поблизу насіння, що забезпечує їхній доступ до рослин одразу після проростання. Такий підхід сприяє раціональному використанню добрив, зменшуючи їх втрати та запобігаючи надмірному розсіюванню у ґрунті, що може негативно вплинути на навколишнє середовище.

Крім того, припосівний метод має економічні переваги, оскільки знижує витрати на добрива завдяки їх точному внесенню в зону росту коренів. Це також позитивно впливає на врожайність, адже рослини мають змогу максимально використати поживні речовини, отримуючи стабільний розвиток навіть у складних умовах вирощування.

Такий підхід до внесення добрив демонструє високу ефективність, особливо в умовах сучасного сільського господарства, де оптимізація ресурсів та підвищення продуктивності є основними цілями.

**Післяпосівний метод внесення добрив** Післяпосівний метод внесення добрив, також відомий як підживлення, є важливим агротехнічним прийомом, який реалізується після завершення сівби насіння і має на меті забезпечення рослин необхідними поживними речовинами на етапах їх активного росту. Цей спосіб допомагає підтримувати баланс поживних елементів у ґрунті, що сприяє здоровому розвитку рослин, формуванню високоякісного урожаю і мінімізації ризиків дефіциту елементів живлення.



Рисунок 2.1.-Післяпосівний метод внесення добрив

Добрива вносяться в ґрунт за допомогою наземних механічних агрегатів, таких як культиватори, що здійснюють міжрядну обробку. Ці агрегати забезпечують точне внесення поживних речовин у кореневу зону рослин, підвищуючи ефективність їх засвоєння. У разі застосування суцільного способу посіву, де міжряддя не передбачені, використовуються спеціальні технологічні колії, які закладаються ще на етапі сівби. Ці колії гарантують зручність подальшого внесення добрив та обробки поля без негативного впливу на рослини.

У випадках, коли погодні умови ускладнюють використання наземної техніки, наприклад, за надмірної вологості ґрунту або в умовах обмеженого доступу до поля, застосовується авіаційний метод. Використання літальних апаратів дозволяє здійснювати швидке та рівномірне розподілення добрив на великих площах. Авіаційний спосіб є особливо важливим у екстремальних умовах, коли є ризик пошкодження ґрунтового шару через рух важкої техніки.

На практиці підживлення демонструє свою ефективність на прикладі вирощування кукурудзи. У фазі активного росту кукурудзи часто використовують азотні добрива, такі як аміачна селітра. Аміачна селітра є джерелом азоту, який є ключовим елементом для формування зеленої маси рослин. Внесення цього добрива сприяє посиленню фотосинтетичної активності рослини, що забезпечує її стійкість до стресових умов і оптимальний ріст.

Крім того, внесення добрив післяпосівним методом враховує специфіку кожної культури, ґрунтові характеристики та кліматичні умови регіону, що дозволяє адаптувати технологію під конкретні потреби рослин. Збалансоване підживлення є важливим фактором для запобігання виснаженню ґрунту та підтримання його родючості на довготривалий період.

#### Внутрішньогрунтове внесення добрив

Передпосівне внесення добрив вирізняється використанням внутрішньогрунтового способу, який передбачає розташування добрив у вигляді стрічок, рядків або окремих гнізд. Ці елементи закладають у шар ґрунту, який характеризується високим рівнем вологості. Такий підхід має кілька важливих переваг.

Перш за все, внутрішньогрунтове внесення дозволяє оптимізувати використання добрив завдяки точному спрямуванню їх у зону кореневої системи рослин. Це забезпечує максимальну ефективність поглинання поживних речовин, знижуючи витрати на матеріали.

Другим вагомим аспектом є зменшення вимивання добрив стічними водами. Завдяки глибшому розташуванню добрив у ґрунті вони стають менш доступними для поверхневого змиву, що позитивно впливає як на економічну складову процесу, так і на екологічну ситуацію.

Окрім цього, внутрішньогрунтовий метод внесення добрив сприяє покращенню контролю над розвитком рослин. Завдяки точному позиціонуванню добрив можна ефективніше стежити за засвоєнням поживних речовин рослинами, що дозволяє коригувати агротехнічні заходи у процесі вирощування.

#### Технологічні комплекси

Для механізації процесу внесення добрив створюються технологічні комплекси, які враховують тип добрив, відстань до поля та доступність техніки. Існують три основні технології:

Прямопотокова система: процес внесення добрив передбачає початкове завантаження на складі в спеціалізоване обладнання, яке розроблене для ефективного транспортування матеріалу до місця роботи — поля. Під час руху

агрегат здійснює рівномірний розподіл добрив по поверхні або в верхніх шарах ґрунту.

Завдяки такому методу забезпечується оптимальна насиченість ґрунту поживними речовинами, що сприяє збалансованому росту рослин та підвищенню їх врожайності. Прямопотокова система дозволяє мінімізувати втрати матеріалів та гарантує точність у нанесенні, що особливо важливо для досягнення сталих агротехнологій.

**Перевантажувальна:** Добрива, що перебувають на зберіганні у спеціалізованому сховищі, спочатку завантажуються у транспортні засоби, які забезпечують їхнє доставлення до визначеного сільськогосподарського поля. На місці добрива переміщуються в спеціалізоване обладнання — розкидач, який призначений для точного та рівномірного внесення добрив у ґрунтовий шар.

Такий метод сприяє підвищенню родючості землі, оптимізації умов для росту сільськогосподарських культур і забезпеченню максимально ефективного використання поживних речовин.

**Перевалочна:** добрива транспортуються зі спеціально обладнаного сховища до місця тимчасового зберігання, де їх розміщують у купах або в мобільних ємностях, забезпечуючи доступність для подальших дій.

На обраній ділянці створюються всі необхідні умови для збереження властивостей добрив і запобігання їхньому псуванню. У визначений період добрива переміщуються та завантажуються в розподільні пристрої, які забезпечують їх рівномірне внесення в ґрунт для досягнення оптимального ефекту живлення рослин.

#### Двофазна технологія

У сфері органічного землеробства застосовується двоетапна технологія, яка передбачає кілька ключових етапів у роботі з добривами. Спочатку органічні добрива транспортують на місце їх подальшого використання — поле. На цьому етапі добрива акуратно складаються в купи, які формують у вигляді довгих рядів. Це дозволяє впорядкувати розташування добрив на ділянці, а також полегшує доступ до них для подальшого оброблення.

Другий етап включає рівномірне розсіювання добрив по поверхні поля. Для цього використовують спеціальне обладнання — валкоукладальний розкидач. Цей пристрій дозволяє ефективно розкидувати добрива з урахуванням потреб конкретної ділянки землі. Важливо, що такий підхід забезпечує оптимальне розподілення поживних речовин у ґрунті, що сприяє підвищенню продуктивності рослин і поліпшенню загального стану ґрунту.

## **2.2 Класифікація обладнання для підготовки та внесення агрохімікатів**

### **Класифікація машин для внесення добрив**

Машини, призначені для внесення добрив, класифікують за різними критеріями, які враховують тип добрив, методи їх застосування, основне функціональне призначення, способи агрегування та кількість виконуваних технологічних операцій. Така класифікація дозволяє вибрати оптимальний варіант обладнання відповідно до агрономічних потреб і специфіки господарства.

#### **1. Класифікація за видом добрив**

Машини поділяють на категорії залежно від типу добрив, які вони застосовують:

Обладнання для органічних добрив: використовується для роботи з натуральними речовинами, такими як гній, торф, компости, сеча, пташиний послід тощо. Основне призначення цих машин — забезпечення рівномірного розподілу органіки на поверхні ґрунту або її закладення у ґрунт.

Обладнання для мінеральних добрив: обслуговує широкий спектр добрив, зокрема гранульовані, порошкоподібні та рідкі хімічні сполуки, що забезпечують рослини необхідними елементами живлення.

#### **2. Класифікація за способом внесення добрив**

Відповідно до технологічного методу внесення добрив машини поділяють на такі групи:

Машини для поверхневого внесення (розподілу) добрив:

Ці машини забезпечують рівномірний розкид добрив на поверхню ґрунту. Прикладами є тукові сівалки та розкидачі добрив, які працюють як на рівнинних, так і на схилових ділянках.

Комбіновані сівалки та садильні машини:

Одночасно виконують кілька операцій: посів, садіння та внесення добрив. Забезпечують точність і економічність, що є особливо важливим при посіві технічних культур.

Машини для підживлення рослин:

Використовуються для внесення добрив у процесі вегетації сільськогосподарських культур.

Включають культиватори-підживлювачі, обприскувачі для рідких добрив і машини для внесення гранульованих підживлювачів безпосередньо в кореневу зону.

Класифікація за функціональним призначенням

Залежно від задач, які вирішують машини, їх поділяють на:

Обладнання для підготовки та внесення мінеральних добрив: використовується для подрібнення, змішування та рівномірного розподілу мінеральних сумішей.

Машини для обробки порошкоподібних добрив: забезпечують точне дозування та рівномірний розподіл добрив, які мають високу летючість.

Пристрої для органічних добрив: це агрегати для приготування, транспортування та закладення у ґрунт органічної маси.

Обладнання для рідких добрив: включає машини для транспортування, змішування та внесення рідких комплексних добрив (РКД) або аміачного розчину.

Класифікація за способом агрегування

Машини розрізняють за типом їх взаємодії з тяговим засобом:

Самохідні агрегати: мають власний двигун і можуть працювати автономно, що підвищує мобільність і продуктивність.

Причіпні машини: потребують трактора для транспортування, що знижує витрати на виробництво, але потребує додаткового обладнання.

Навісні машини: кріпляться на трактор для підвищення маневровості й зниження енерговитрат.

Напівнавісні агрегати: характеризуються універсальністю та поєднують переваги навісних і причіпних систем.

Класифікація за кількістю виконуваних операцій

Машини для внесення добрив можуть виконувати:

Одиничні операції: тільки внесення добрив.

Комбіновані операції: одночасне виконання кількох технологічних процесів, наприклад, підготовки ґрунту, внесення добрив і посіву.

Структура функціональних компонентів та механізмів.

Дозувальні пристрої для внесення добрив. Агрегати для дозування ділять на механічні, пневматичні та гідравлічні. Серед механічних найбільш поширеними є пристрої котушково-штифтового, пружинного, дискового й транспортерного типів.



Рисунок 2.2.-Апарати для внесення добрив

Добрива самопливом проникають із контейнера в основний корпус. За допомогою штирів обертальної котушки вони вилучаються та спрямовуються

через лійку до тукопроводу. Поворот важеля механізму спорожнення дозволяє очистити пристрій від добрив і налаштувати необхідний проміжок між штирями котушки та основою, враховуючи величину гранул і фізико-механічні властивості матеріалу.

Висівні апарати тарілчастого типу з розкидачами у формі дисків, шкребків або лопаток застосовуються на сівалках, садильних агрегатах і культиваторах-доглядачах рослин для рівномірного, гніздового чи суцільного внесення гранульованих і порошкових мінеральних добавок.

Шар добрив виходить із банки через щілину між заслінкою та основою тарілки. Розкидачі, які обертаються, формують два потоки, спрямовані в роздільну лійку.

Дискові механізми призначені для широкорядного внесення гранульованих і порошкових добрив. Їх використовують у сівалках, садильних агрегатах і культиваторах-доглядачах рослин.

Добрива нижнього шару спрямовуються до нерухомих скребків-направлячів, які вилучають частину шару та подають її через вихідні отвори й лійки у тукопроводу. Пальці ворущилки переміщуються над скребками-направлячами, очищаючи їх і вихідні отвори від налиплих залишків.

Конвеєрні механізми слугують для рівномірного внесення мінеральних, органічних добрив і їхніх сумішей.

Пневматичний пристрій слугує для рівномірного внесення порошкоподібних добрив.

Гідравлічні пристрої для дозування — це системи для внесення в ґрунт рідких добрив.

Розкидальні механізми використовуються на машинах-розкидачах для нанесення значних доз (основного внесення) мінеральних та органічних добрив шляхом рівномірного розсіювання по поверхні поля. Подальше загортання добрив у ґрунт виконують за допомогою плугів, культиваторів, важких дискових борін тощо.

Розкидачі добрив поділяються на два основних типи: з віссю обертання, яка перпендикулярна напрямку руху техніки, та з віссю, паралельною йому. До першої категорії належать ротори та бітери, які встановлюються у кузовах причепів, а до другої — барабани кузовного типу та чотирилопатеві ротори.

### 2.3 Органічні та мінеральні добрива



Рисунок 2.3.-Розподіл добрив

Добрива поділяються на органічні та мінеральні залежно від їхнього походження. Кожен тип має власні переваги та недоліки, а їхня ефективність визначається конкретними умовами використання. Органічні добрива, отримані з природних джерел, збагачують ґрунт корисними мікроелементами та покращують його структуру. Водночас, мінеральні добрива мають більш швидкий вплив і забезпечують рослини необхідними речовинами в концентрованій формі.

Вибір між цими групами залежить від таких факторів, як тип ґрунту, кліматичні умови, види вирощуваних культур та екологічні аспекти. Важливо враховувати, що кожен вид добрив впливає не лише на ріст і розвиток рослин, а й на стан довкілля.

## 2.4. Технології внесення добрив

Методи внесення добрив у сфері аграрного виробництва пройшли шлях від давніх традицій до передових інновацій. Споконвічні способи, такі як ручне розсіювання або застосування елементарних плугів, усе ще залишаються популярними в багатьох регіонах, проте з кожним роком дедалі більше землеробів звертаються до нових рішень, які дозволяють підвищити продуктивність і зменшити витрати. Це питання не лише фінансової вигоди, а й екологічної відповідальності, адже некоректне використання добрив може спричинити значні наслідки для навколишнього середовища.

Серед класичних методик удобрення можна виділити поверхневе розподілення та заглиблене внесення в ґрунт. Ці технології, попри свою багатовікову популярність, часто стикаються з труднощами, зумовленими нерівномірним поширенням добрив і можливими втратами поживних речовин. Сучасні рішення, такі як високоточне землеробство та автоматизовані системи дозованого внесення добрив, відкривають нові перспективи оптимізації цих процесів. Вони використовують дані з супутників та сенсорів для визначення реальної потреби рослин у поживних елементах, що сприяє запобіганню надлишковому чи недостатньому удобренню.

Однак прихильники традиційних методів наголошують на високих початкових витратах на обладнання та програмне забезпечення.

Попри значні стартові витрати, довгострокові переваги можуть перевищити їх у кілька разів. Наприклад, точне дозування добрив дозволяє скоротити загальні витрати на 20–30% і паралельно збільшити врожайність. Водночас необхідно враховувати індивідуальні характеристики кожного господарства та його фінансові можливості.

Використання дронів для моніторингу стану посівів та диференційованого внесення добрив стало революційним проривом. Такий підхід дає змогу здійснювати цільове удобрення саме там, де воно найбільш потрібне, що підвищує ефективність та мінімізує негативний вплив на екосистему. Водночас

поширення цих інновацій може гальмувати недостатня обізнаність фермерів у сучасних технологічних системах.

Отже, сучасні методи удобрення є відображенням невпинного розвитку аграрної галузі, поєднуючи традиційний досвід із передовими науковими досягненнями. Важливо не просто вибирати між класичними та інноваційними підходами, а й розуміти, що ефективне господарювання потребує комплексного бачення – інтеграції знань про ґрунти, рослинний світ і технічні можливості. Грамотний вибір способу внесення добрив має ґрунтуватися на специфічних умовах господарювання, щоб максимально використати потенціал кожного поля.

## 2.5 Порівняння агрегатів, для найкращого раціонального складу агрегату

Таблиця 1.1 Технічні параметри агрегатів

Агрегат (варіанти складу)	Номінальна ефективна потужність	Маса технічного засобу, кг	Продуктивність за годину основного часу, га/год	Питомі витрати пального, г/кВт год
1	2	3	6	7
1.ЮМЗ-6 – МВУ-6	44	5700	2,5	250
2.Т-150К – ПРТ-10	110	11500	5	220

Продуктивність машинного агрегату протягом однієї години змінного робочого часу

$$W_{\Gamma} = W_0 \cdot \tau_{\text{зм}}$$

$W_0$  – продуктивність за годину основного часу, га/год;

$\tau_{\text{зм}}$  – коефіцієнт використання часу зміни.  $\tau_{\text{зм}} = 0,50$ .

$$W_{\Gamma \text{ ЮМЗ-6}} = 2,5 \times 0,50 = 1,25$$

$$W_{\Gamma \text{ Т-150К}} = 5 \times 0,50 = 2,5$$

Споживання пального на одну одиницю виконаної роботи

$$q_{\text{га}} = \frac{10^{-3} \cdot N_{\text{ен}} \cdot g_e}{W_{\Gamma}}$$

$N_{\text{ен}}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;  
 $g_e$  – питомі витрати пального двигуном, г/кВт·год.

$$Q_{\text{гаЮМЗ-6 - МВУ-6}} = \frac{10^{-3} \cdot 44 \cdot 250}{1,25} = 8,8$$

$$Q_{\text{гаТ-150К-ПРТ-10}} = \frac{10^{-3} \cdot 110 \cdot 220}{2,5} = 9,68$$

Сукупні витрати невідновлюваної енергії

$$E_{\text{нп}} = \alpha_{\text{п}} q_{\text{га}} + \sum_{i=1}^m \alpha_{\text{мі}} q_{\text{мі}} + \frac{\alpha_{\text{тр}} \cdot M_{\text{тр}} + \sum_{i=1}^n \alpha_{\text{рмі}} \cdot M_{\text{рмі}} + \sum_{i=1}^k \alpha_{\text{дмі}} \cdot M_{\text{дмі}} + \sum_{i=1}^j \alpha_{\text{ппі}} \cdot n_{\text{мех}}}{W_{\text{т}}}$$

$$E_{\text{нп}} = \frac{42 \cdot 8,8 + 10 \cdot 50 + 0,15 \cdot 5900 + 0,12 \cdot 2000 + 1,5 \cdot 1}{1,25} = 1596,88$$

$$E_{\text{нп}} = \frac{42 \cdot 9,68 + 10 \cdot 60 + 0,15 \cdot 11500 + 0,12 \cdot 3000 + 1,5 \cdot 1}{2,5} = 1237,22$$

Вартість однієї години експлуатації машинного агрегату

$$C_{\text{в}} = A + K_{\text{р}} + Z_{\text{б}} + \Pi + C_{\text{т}} + Z_{\text{оп}} + B_{\text{п}} + B_{\text{м}} + B_{\text{то}}$$

$A$  – амортизаційні відрахування, грн/год;

$K_{\text{р}}$  – витрати на погашення кредиту, грн/год;

$Z_{\text{б}}$  – витрати на зберігання машинного агрегату, грн/год;

$\Pi$  – податок на технічні енергетичні засоби, грн/год;

$C_{\text{т}}$  – страхові внески, грн/год;

$Z_{\text{оп}}$  – витрати на оплату праці персоналу, грн/год;

$B_{\text{п}}$  – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/год;

$B_{\text{м}}$  – вартість технологічних матеріалів, грн/год;

$B_{\text{то}}$  – вартість технічного обслуговування, грн/год.

$$C_{\text{в}} = 134,31 + 19,14 + 1,34 + 0,15 + 23,33 + 50 + 627,63 + 100 + 3,00 = 959,90$$

$$C_{\text{в}} = 405,99 + 57,86 + 4,06 + 0,19 + 147,74 + 50 + 689,33 + 100 + 9,76 = 1464,73$$

Таблиця 2.2 Вартість нових с-г машин та тракторів

Марка трактору	ЮМЗ-6	Т-150К
Вартість, грн	300000	1900000
Марка с-г машини	МВУ-6	ПРТ-10
Вартість, грн	250000	340000

$$Ц_{н} = Б_{в} \cdot k_{бв},$$

$K_{пп}$  – курс валюти попередній;

$K_{пт}$  – курс валюти поточний;

Трактору

С.г. машини

$$Ц_{н1} = 300000 \times 5 = 1555125 \quad Ц_{н1} = 250000 \times 5 = 1295938$$

$$Ц_{н2} = 1900000 \times 5 = 9849125 \quad Ц_{н2} = 340000 \times 5 = 1761475$$

$$Ц_{к} = Ц_{мб} \cdot M_{тз}$$

$Ц_{мб}$  – ціна металобрухту на час списання технічного засобу, грн/кг;

$M_{тз}$  – маса технічного засобу, кг;

Трактору

С.г. машини

$$Ц_{к1} = 9 \times 3700 = 33300$$

$$Ц_{к1} = 9 \times 2200 = 19800$$

$$Ц_{к2} = 9 \times 8000 = 72000$$

$$Ц_{к2} = 9 \times 3500 = 31500$$

Амортизаційні витрати на експлуатацію агрегату

$$A_a = A_{тр} + A_{рм}.$$

$$A_{азр1} = 63,41 + 70,90 = 134,31$$

$$A_{азр2} = 325,90 + 80,09 = 405,99$$

Витрати, пов'язані з виплатою кредиту

$$Kp_a = Kp_{тр} + Kp_{рм}.$$

$$Kp_{.азр1} = 9,03 + 10,11 = 19,14$$

$$Kp_{.азр2} = 46,45 + 11,41 = 57,86$$

Затрати на утримання та збереження агрегату

$$З_{б.азр1} = 0,63 + 0,71 = 1,34$$

$$З_{б.азр2} = 3,26 + 0,80 = 4,06$$

Оподаткування технічних пристроїв

$П_p$  – річний податок

$$П_{азр1} = 0,10 + 0,05 = 0,15$$

$$П_{азр2} = 0,13 + 0,06 = 0,19$$

Витрати на паливно-мастильні ресурси у виробничому процесі

$$B_{п} = (1,1 \dots 1,15) \cdot Ц_{п} \cdot q_{га} \cdot \gamma_{п} \cdot W_{г},$$

$Ц_{п}$  – ціна пального, грн/л;

$\gamma_{п}$  – питомий об'єм пального, л/кг (для дизельного  $\gamma_{п} = 1,2$ )

$$B_{n1} = 1,125 \times 52,74 \times 8,8 \times 1,2 \times 1,25 = 627,63$$

$$B_{n2} = 1,125 \times 52,74 \times 9,68 \times 1,2 \times 2,5 = 689,33$$

Витрати на технічне обслуговування

$$B_{ТОа} = B_{ТОгр} + B_{ТОрм}$$

$$B_{то.азр1} = 1,58 + 1,42 = 3$$

$$B_{то.азр2} = 8,16 + 1,60 = 9,76$$

Оптимізація складу агрегату методом мінімальної відстані до заданої цілі

$$\mu_j = \frac{П_j}{П_0}$$

$$\mu_1 = \frac{57187,54}{44289,52} = 1,29$$

$$\mu_2 = \frac{128921,26}{44289,52} = 2,91$$

Таблиця 2.3 Оптимальний вибір складу агрегату методом відстані до цілі

Варіанти	$1/W_{гj}$	$q_{гаj}$ , кг/га	$E_{ндj}$ , МДж/га	$C_{вj}$ , грн/год	$П_j$	$\mu_j$
1	2	3	4	5	6	7
1 ЮМЗ-6 – МВУ-6	0,80	8,8	1596,88	134,31	57187,54	1,29
2 Т-150К – ПРТ-10	0,40	9,68	1237,22	405,99	128921,26	2,91
«Ідеал»	0,40	8,8	1237,22	134,31	44289,52	1,00

За результатами оцінки параметрів, агрегат ЮМЗ-6 – МВУ-6 демонструє найменшу відстань до цілі ( $\mu_1 = 1,29$ ), що свідчить про його високу точність і відповідність оптимальному варіанту для виконання заданих функцій. У порівнянні з ним, Т-150К – ПРТ-10 має значно більшу відстань ( $\mu_2 = 2,91$ ), що вказує на його нижчу ефективність у даних умовах експлуатації. Таким чином, ЮМЗ-6 – МВУ-6 виступає як домінуюча конфігурація, забезпечуючи оптимальну продуктивність та точність роботи.

## 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 3.1. Робочій процес удосконаленого агрегата

Покращенню підлягає конструкція центробіжно-дискового робочого механізму, призначеного для забезпечення можливості регулювання ширини розсіювання мінеральних добрив при агрегуванні з технікою, що працює на різних швидкісних режимах. Крім того, цей пристрій дозволяє внесення добрив із варіативною масою, що забезпечує точність і рівномірність їх розподілу по поверхні ґрунту.

Для досягнення цієї мети на наявній машині МВУ-6 передбачається встановлення спеціальних робочих органів, оснащених рухомими лопатями, які мають здатність обертатися на кут 90 градусів. Завдяки цьому механізму забезпечується можливість точного налаштування параметрів розподілу добрив залежно від умов експлуатації та агротехнічних вимог.

Такий підхід сприятиме підвищенню ефективності використання добрив, оптимізації витрат матеріалу та забезпеченню рівномірного внесення поживних речовин у ґрунт, що позитивно вплине на врожайність сільськогосподарських культур.



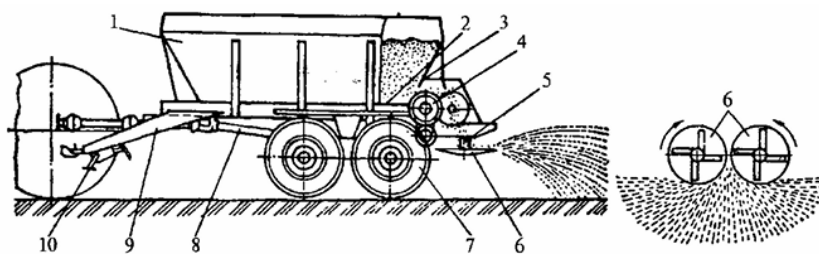
Рисунок 3.1- Відцентровий розкидач МВУ-6

Запропонований пристрій містить диск, закріплений на валу, а також чотири лопаті, прикріплені до його верхньої поверхні за допомогою болтового з'єднання. На лопатях розташовані подовжувачі, які сприяють збільшенню робочої ширини розподілу добрив, забезпечуючи охоплення машиною до 30 метрів. Охоплення машиною до 30 метрів досягається завдяки подовжувачам, розміщеним на лопатях функціонального механізму, які розширюють ширину розсіювання добрив.

Таким чином, завдяки цьому механізму з рухливими лопатями та подовжувачами можна регулювати ширину розкидання мінеральних добрив під час агрегативання з машиною на різних швидкостях та під час внесення добрив різної маси.

### 3.2 Розрахунок основних структурних і рухових показників

Основними параметрами конструкції відцентрово-розкидного пристрою МВУ-6, які необхідно встановити, входять максимальний і мінімальний радіуси обертання крайової точки лопаті та екстремальні швидкості руху частинок мінеральних добрив. Максимальна і мінімальна швидкості вильоту частинок добрива від якого залежить регулювання довжини лопатки і кута нахилу лопатки відносно радіального положення.



1 – корпус; 2 – перемішувач; 3 – дозуюча запірний пристрій; 4 – механізм приводу; 5 – направляючий тук; 6 – розсіювальні пластини; 7 - шасі; 8 – кардан;  
9 – з'єднувальний пристрій; 10 – стійка.

Рисунок 3.2 Схематичне зображення функціонування механізму МВУ-6

Це визначається налаштуванням розміру лопаті та кута її фіксації щодо радіальної орієнтації, що, у свою чергу, обумовлено швидкістю обертання дисків

і координатами точного спрямування гранул добрив на поверхню диска. Це складна технічна проблема, розв'язання якої потребує високої точності.

Максимальний радіус обертання крайніх точок диска однаковий, коли диск розташований у радіальній позиції.

$$R_{max} = |OO_1| + |O_1A| + \Delta O_1A$$

де  $|OO_1|$  – розмір від центральної точки  $O$  обертання диска до кутового відхилення  $O_1$  лопатки від радіального положення, яке визначається певним кутом,  $\alpha$  метри;

$|OA_1|$  – довжина лопатки від точки  $O_1$  до крайньої точки лопатки  $A$ ;

$\Delta O_1A$  – видовження лопатки за рахунок кривої пластинки, м.

$$R_{max} = 85 + 210 + 25 = 320 \text{ мм} = 0,320 \text{ м.}$$

Коли  $\alpha=90$  – максимальна відстань лопатки від центрального положення і  $\Delta O_1A=0$

$$R_{min} = \sqrt{|O_1O|^2 + |O_1A|^2},$$

$$R_{min} = \sqrt{85^2 + 210^2} = 220,5 \text{ мм} = 0,220 \text{ м.}$$

Постійна кутова швидкість диска складає 55 рад/с

Визначаємо максимальну та мінімальну швидкість розсіювання частинок мінеральних добрив.

$$V_{max} = \omega \cdot R_{max};$$

$$V_{max} = 55 \cdot 0,320 = 17,6 \text{ м/с};$$

$$V_{min} = \omega \cdot R_{min};$$

$$V_{min} = 55 \cdot 0,220 = 12,1 \text{ м/с.}$$

Отже, максимальна швидкість розкидання буде досягнута, коли дискові лопаті знаходяться в радіальному положенні з найбільшим подовженням. У той же час, мінімальна швидкість спостерігатиметься, коли лопать відхилена на 90 градусів, а її подовження становить нуль.

### 3.3 Передбачення дистанції переміщення частинок

Мінеральні підживлення переміщуються вздовж лопаті, край якої оснащений вигнутою пластиною. Відповідно, слід враховувати траєкторію переміщення гранули, що викидається під нахилом до горизонту.

Ключовими етапами польоту є момент, коли частинка досягає найбільшої висоти, на яку здіймається гранула. У цій точці характерним є те, що її вертикальна швидкість зменшується до нуля, після чого частинка переходить у фазу вільного падіння.

Момент, коли частинка досягає найбільшої висоти, встановлюємо відповідно до відповідної умови.

де  $\beta$  – кут напрямку підкидання відносно горизонту

$$t_{Amax} = \frac{V_{max} \cdot \sin\beta}{g} = \frac{17,6 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,89 \text{ с};$$

$$t_{Amin} = \frac{V_{min} \cdot \sin\beta}{g} = \frac{12,1 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,62 \text{ с}.$$

Отже, траєкторія, яку подолає частинка вздовж осі, щоб досягти найвищої точки, буде встановлена

$$L_{Amax} = t_{Amax} \cdot V_{max} \cdot \cos\beta = 0,89 \cdot 17,6 \cdot \cos 30^\circ = 13,56 \text{ м};$$

$$L_{Amin} = t_{Amin} \cdot V_{min} \cdot \cos\beta = 0,62 \cdot 12,1 \cdot \cos 30^\circ = 6,49 \text{ м}.$$

У цьому випадку висота підняття частки гранули.

$$H_{max} = \frac{v_{max}^2 \cdot \sin^2\beta}{2g} = \frac{17,6^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 3,95 \text{ м};$$

$$H_{min} = \frac{v_{min}^2 \cdot \sin^2\beta}{2g} = \frac{12,1^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 1,86 \text{ м}.$$

У такій ситуації період часу, протягом якого частинка здійснює падіння, встановлюється залежно від обставин.

$H$  – висота розташування розкидних дисків

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(H + H_{max})}{g}},$$

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(0,8 + 3,95)}{9,8}} = 0,98 \text{ с};$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(H + H_{min})}{g}} = \sqrt{\frac{2(0,8 + 1,86)}{9,8}} = 0,73 \text{ с}.$$

Таким чином, підсумовуючи, можна визначити граничну дистанцію переміщення частки таким способом.

$$L_{max} = L_{Amax} + V_{max} \cdot \cos\beta \cdot t_{max} = 13,56 + 17,6 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,98 = 28,49 \text{ м};$$

$$L_{min} = L_{Amin} + V_{min} \cdot \cos\beta \cdot t_{min} = 6,49 + 12,1 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,73 = 14,13 \text{ м}.$$

Зважаючи на те, що під час руху гранул у стані вільного падіння виникає опір повітря та має місце подвійне перекриття, можна припустити, що ефективна ширина розсіювача змінюватиметься в діапазоні від 28 до 14 метрів залежно від того, як змінюється кут нахилу лопатки  $\alpha$  – від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

### 3.4 Аналіз надійності фіксації диска

Навантаження на шпонку рівномірно розподіляється вздовж її загальної довжини. Робочі поверхні оцінюються з урахуванням змінних напруг, а поперечний переріз С-С на зріз.

Максимально допустимий крутний момент, визначений умовою міцності на стискання.

$$[M_{кр max}] = 0,5d \cdot K \cdot l \cdot [\sigma_{зм}],$$

$$[M_{кр max}] = 0,5 \cdot 0,019 \cdot 0,002 \cdot 0,032 \cdot 2,2 \cdot 10^8 = 133H \cdot \text{м}.$$

Умови стійкості поперечного профілю С-С при зсуві

$$[M_{кр max}] = 0,5(d + K) \cdot b \cdot l \cdot [\sigma_{зм}],$$

$$[M_{кр max}] = 0,5 \cdot (0,019 + 0,002) \cdot 0,007 \cdot 0,032 \cdot 2,2 \cdot 10^8 = 577H \cdot \text{м}.$$

Максимальний крутний момент на осі лопатей механізму розподілу добрив.

$$M = \frac{4500}{55} = 81,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Під час розподілу добрив найбільший крутний момент на валу лопаток розкидача є нижчим за допустиме значення, визначене на основі вимог міцності щодо зминання та зрізу шпонки.

$$M = 81,8 \text{ Нм} < [M_{\text{кр.маx}}]_1 = 133 \text{ Нм}$$

$$M = 81,8 \text{ Нм} < [M_{\text{кр.маx}}]_2 = 577 \text{ Нм}$$

### 3.5. Розрахунок болтового з'єднання

Кут підйому гвинтової лінії

$$\text{tg } \gamma = \frac{P_t}{\pi d_2} = \frac{2}{3,14 \cdot 17,299} = 0,0368196$$

$$\gamma = \text{arc tg } 0,0368196 = 2,108^\circ$$

Розрахунок ККД у різьбі при загвинчуванні гайки:

$$\eta = \frac{\text{tg } \gamma}{\text{tg}(\gamma + \rho')} = \frac{\text{tg } 2,108^\circ}{\text{tg}(2,108 + 3,290883^\circ)} = 0,389$$

Щоб підвищити рівномірність розподілу та охоплення при внесенні мінеральних добрив, пропонується оснастити розкидач МВУ-6 удосконаленим відцентрово-дисковим механізмом. Використання дисків із змінною геометрією лопатей спрощує налаштування обсягу розкидання, покращує перекриття між суміжними проходами агрегату та забезпечує більш рівномірне розсіювання добрив.

Основні параметри модернізованого розкидного апарату такі:

- Максимальний радіус обертання лопаті можна змінювати в межах від 0,220 м до 0,320 м.
- Кут відхилення лопаті варіюється від 0 до 90 градусів.

- Дальність розкидання частинок добрива коригується в діапазоні від 15 до 30 м залежно від розміру розкидного диска.

Такий підхід дозволяє значно покращити ефективність внесення добрив та оптимізувати процес розкидання.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Вимоги з безпеки праці під час застосування мінеральних добрив

На ТОВ «Агрохім-Партнер» внесення добрив — це важливий процес у сільському господарстві, який допомагає рослинам отримати необхідні поживні речовини для росту та розвитку. Завдяки добривам ґрунт стає більш родючим, а врожайність збільшується.

Однак неправильне використання добрив може завдати шкоди: забруднити довкілля, погіршити якість води та вплинути на здоров'я людей і тварин. Якщо добрива застосовують у надмірній кількості або неправильно поєднують, це може знизити їхню ефективність і спричинити зайві витрати.

Безпечне застосування добрив відіграє ключову роль у збереженні здоров'я працівників сільського господарства. Для вашої безпеки та благополуччя оточуючих слід суворо дотримуватись встановлених норм і рекомендацій. Основні аспекти, які потребують особливої уваги:

#### **Загальні правила безпеки:**

Навчання та інструктаж: Перед початком роботи кожен співробітник зобов'язаний пройти відповідну підготовку та отримати чіткі рекомендації щодо безпечного поводження з добривами, їхніх характеристик, а також засвоїти методи надання екстреної допомоги в надзвичайних ситуаціях.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Використання відповідного захисного спорядження є обов'язковим. До необхідних елементів належать:

- Окуляри або захисні екрани для запобігання потраплянню пилу та рідин в очі.
- Респіратори чи фільтруючі маски для оберігання органів дихання від шкідливих випарів, дрібнодисперсного пилу та аерозольних часток, залежно від виду добрив і методу їх застосування.
- Рукавички (латексні, нітрилові або інші, стійкі до агресивних речовин) для захисту шкіри рук від подразнюючих або токсичних компонентів.

- Спеціалізований одяг (комбінезони, фартухи) для запобігання контакту добрив із шкірою.

- Захисне взуття, що забезпечує додаткову безпеку.

Перевірка обладнання: Перед початком робіт слід ретельно оглянути технічні пристрої для внесення добрив (дозатори, розпилювачі тощо), а також перевірити герметичність контейнерів і трубопроводів.

Транспортування та зберігання: Добрива необхідно перевозити та утримувати у відповідних ємностях згідно з встановленими нормами безпеки, в спеціально відведених місцях, які недоступні для сторонніх осіб, дітей та домашніх тварин. Категорично заборонено зберігати агрохімікати поруч із харчовими продуктами, кормами чи іншими речовинами.

Доступ до води та першої допомоги: Робочий простір має бути оснащений джерелом чистої води для термінового промивання шкіри та очей, а також аптечкою з необхідними лікарськими засобами та матеріалами для надання невідкладної допомоги.

Дотримання правил особистої гігієни: Після завершення роботи необхідно ретельно вимити руки та обличчя з милом, прийняти душ, змінити робочий одяг на чистий. Під час виконання завдань із добривами суворо забороняється вживати їжу, напої або палити.

#### **4.2. Заходи безпеки при застосуванні різних видів добрив**

Мінеральні добрива (гранули, порошки):

- Запобігати формуванню дрібнодисперсного пилу при перевантаженні та використанні.

- Використовувати автоматизовані технології для дозованого внесення, якщо це можливо.

- При ручному розподілі застосовувати спеціалізовані інструменти, що мінімізують безпосередній контакт із добривами.

- Враховувати напрям повітряних потоків під час розсіювання, аби уникнути осідання часток на працівниках та сусідніх ділянках.

Рідкі мінеральні добрива (розчини, суспензії):

- Гарантувати герметичність обладнання для підготовки та застосування рідких препаратів.
- Запобігати випадковому витоку добрив.
- Дотримуватись правильної черговості додавання компонентів при формуванні суміші, суворо слідуючи рекомендаціям.

Органічні добрива (гній, перегній, компост, пташиний послід):

- При роботі з природними добривами можливе виділення шкідливих газів (аміак, сірководень). Забезпечити ефективну вентиляцію у замкнених приміщеннях (наприклад, при завантаженні в транспортні засоби).
- Використовувати респіратори або інші засоби захисту дихальної системи.
- Дотримуватися гігієнічних норм при зберіганні та розподілі органічних добрив для уникнення забруднення землі та водних джерел.

**Додаткові заходи безпеки**

- Робота у несприятливих атмосферних умовах: Не рекомендується здійснювати внесення добрив під час сильних поривів вітру, опадів чи густого туману.
- Перша допомога при інтоксикації: У разі потрапляння добрив на шкірні покриви або в очі слід негайно промити уражену ділянку великою кількістю води. При випадковому проковтуванні необхідно викликати блювотний рефлекс (якщо постраждалий у свідомості) та терміново звернутися до медичного персоналу. При ознаках токсичного впливу (запаморочення, нудота, слабкість) слід негайно вивести потерпілого на свіже повітря та надати необхідну медичну допомогу.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок витрат на мінеральні добрива для обробітку поля

Раціональне використання мінеральних добрив є одним із ключових чинників підвищення врожайності сільськогосподарських культур та ефективного землеробства. В умовах сучасного аграрного виробництва важливо не лише дотримуватись агротехнічних норм внесення добрив, а й точно розраховувати обсяги та витрати на їх закупівлю.

У розрахунку визначено необхідну кількість та вартість основних мінеральних добрив аміачної селітри, суперфосфату та калію хлористого для підприємства ТОВ «Агрохім-Партнер», яке обробляє територію площею 851 гектар.

$$M = N \times S$$

$M$  — маса добрива, кг

$N$  — норма внесення, кг/га

$S$  — площа поля, га

$$C = M \times P = (N \times S) \times P$$

$C$  — вартість добрива, грн

$P$  — ціна за 1 кг, грн/кг

Аміачна селітра (азотне добриво)

$$M = 150 \times 851 = 127,650 \text{ кг}$$

$$C = 127,650 \times 15 = 1,914,750 \text{ грн}$$

Суперфосфат (фосфорне добриво)

$$M = 200 \times 851 = 170,200 \text{ кг}$$

$$C = 170,200 \times 10 = 1,702,000 \text{ грн}$$

Калій хлористий (калійне добриво)

$$M = 100 \times 851 = 85,100 \text{ кг}$$

$$C = 85,100 \times 12 = 1,021,200 \text{ грн}$$

Загальна вартість добрив:

$$C_{\text{загальна}} = 1,914,750 + 1,702,000 + 1,021,200 = 4,637,950 \text{ грн}$$

Згідно з проведеними розрахунками встановлено, що для ефективного внесення добрив на поле площею 851 га компанії ТОВ «Агрохім-Партнер» необхідно:

- 127,650 кг аміачної селітри,
- 170,200 кг простого суперфосфату,
- 85,100 кг хлористого калію.

Загальна сума витрат на закупівлю мінеральних добрив становить 4,637,950 грн. Для організації логістики добрив у біг-бегах по 500 кг знадобиться 768 одиниць тари та приблизно 21 вантажний рейс.

Ці показники дають можливість підприємству ефективно спланувати фінансові витрати, процес постачання та агротехнічні роботи на сезон.

## ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто актуальну проблему підвищення ефективності процесу внесення мінеральних добрив у сучасному сільському господарстві. На прикладі господарства ТОВ «Агрохім-Партнер» особливості організації технологічного процесу удобрення, а також обґрунтовано можливості технічного удосконалення обладнання для рівномірного та раціонального розподілу поживних речовин по площі посіву.

У результаті аналізу встановлено, що рівномірність внесення добрив є критичним фактором, який безпосередньо впливає на засвоєння поживних речовин рослинами, їх ріст, розвиток і загальну врожайність культур. Для вирішення цього завдання у роботі запропоновано вдосконалення конструкції дисково-відцентрового розкидача МВУ-6, який було оснастити механізмом із рухомими лопатями, що здатні змінювати кут нахилу та довжину подовжувачів. Це дозволяє регулювати ширину розкидання добрив у межах 14–30 метрів, адаптуючи роботу агрегату до різних швидкісних і польових умов.

У технологічній частині розглянуто класифікацію методів внесення добрив (передпосівний, припосівний, післяпосівний, внутрішньогрунтовий), а також класифікацію обладнання за видами добрив, способами агрегування та кількістю виконуваних операцій. Значну увагу приділено використанню сучасних систем точного землеробства, GPS-навігації та автоматизованого дозування, які дозволяють скоротити витрати на агрохімікати до 20–30% та підвищити врожайність.

Економічна частина підтвердила доцільність впровадження удосконаленого механізму з точки зору економії добрив, зменшення витрат на обслуговування техніки, а також підвищення продуктивності праці. Встановлено, що використання модернізованого обладнання дозволяє досягти стабільного рівня врожайності за умов зниженого навантаження на екосистему.

В розділі з охорони праці проаналізовано потенційні ризики під час внесення добрив та наведено детальні заходи з техніки безпеки, включно з

рекомендаціями щодо використання засобів індивідуального захисту, правил поводження з різними типами добрив, а також дій у надзвичайних ситуаціях.

Таким чином, основна мета дипломної роботи — підвищення ефективності внесення мінеральних добрив шляхом технічної модернізації обладнання — була досягнута. Результати мають практичне значення для аграрного сектору і можуть бути впроваджені у виробничу діяльність сільськогосподарських підприємств. Запропоноване рішення сприяє підвищенню продуктивності, економічної вигоди та екологічної безпеки агровиробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія вирощування внесення добрив– Режим доступу: <https://uapg.ua/blog/tehnologiya-viroshhuvannya-sonyashniku/>
2. Jarecki, Waclaw. (2024). Response of Winter Wheat to Delayed Sowing and Varied Nitrogen Fertilization. *Agriculture*, 14, 121. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010121>
3. Про охорону праці (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
4. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.1. [С.І.Мельник, О.Д. Муляр, М.Й. Кочубей, П.Д. Іванцов]. К.: Аграрна освіта, 2020. 282 с.
5. Борони з пружинним зубом ЗБР (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://sloboda.pro/borona-pruzhinnaya-zbr>
6. Комплексні заходи з охорони праці на підприємстві (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://pro-op.com.ua/article/317-kompleksn-zahodi-z-ohoroni-prats>
7. Передпосівна підготовка ґрунту (Електронний ресурс) – Режим доступу: [https://lnzweb.com/blog/peredposivna\\_pidgotovka\\_gruntu](https://lnzweb.com/blog/peredposivna_pidgotovka_gruntu)
8. Використання насіння соняшнику (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://nuseed.com/ua>
9. Культиватор суцільного обробітку КПСО-4 (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://demetra-agro.in.ua/uk/p/1124923059-kultivator-sucilnogo-obrobitku-gruntu-kps0-4/>
10. Elbatrawy, Walaa & Kishk, M & Ghanem, Hanan. (2024). Effect of sowing dates on productivity and seed quality on some wheat varieties. *Egyptian Journal of Agricultural Research*.
11. Збірник методик з використання машин в землеробстві / За редакцією академіка В. І. Мельника. – Харків: «Промпроект» - 2020, 257 с.

12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 4-е вид. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 140 с.
13. Трактор ЮМЗ-6 – модель з 55 літнім робочим стажем (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://agromania.com.ua/traktor-yumz-6-model-s-55-letnim-rabochim-stazhem/>
14. Особливості борін для весняного боронування ґрунту (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-borin-dlya-vesnyanogo-boronuvannya-gruntu/>
15. Технологічні операції та техніка під час обробітку ґрунту (Електронний ресурс) – Режим доступу: [https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/Organic\\_crop\\_production/Organic\\_crop\\_production/1/5.htm](https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agronomija/Organic_crop_production/Organic_crop_production/1/5.htm)
16. Проведення технологічних операцій по підготовці до роботи (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/4000484/page:12/>
17. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І.С. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця. 2020. 588 с.
18. Chaplygin, Mikhail & Zhalnin, Eduard & Shibryaeva, Lyudmila & Podzorov, Alexey. (2023). Patterns of Influence of Winter Wheat Sowing Density on Its Yield. *Engineering Technologies and Systems*, 4, 490–507. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.490-507>
19. Типи і способи оранки (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://kruchkov.com.ua/stati/typy-i-sposoby-vspashki>
20. Вирощування та удобрення соняшника (Електронний ресурс) – Режим доступу: [https://tetraagro.com.ua/news/viroshhuvannya\\_ta\\_udobrennya\\_sonyasnika\\_vid\\_a\\_do\\_ya](https://tetraagro.com.ua/news/viroshhuvannya_ta_udobrennya_sonyasnika_vid_a_do_ya)
21. Механізація виробництва пшениці (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/837-mekhanizatsiia-vyrobnytstva-pshenytsi.html>

22. Основні моменти під час проведення передпосівної культивуації та посіву (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/peredposivna-kultyvaciia>

23. Заходи з охорони праці (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://medoc.ua/blog/zahodi-z-ohoroni-praci-skilki-potribno-vitrachati-robotodavcjam>

24. Підготовка трактора до роботи (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/10053541/page:20/>

25. Технологія вирощування озимої пшениці (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyi-pshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalejno-vid-regionu>

26. Трактор ХТЗ 16331 (Електронний ресурс) – Режим доступу: <https://agromania.com.ua/traktor-xtz-16331-16131-byudzhetnyj-variant-tyagacha-s-universalnymi-svojstvami/>

27. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.