

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Михайло ШУЛЯК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти
на тему: «Дослідження технологічного процесу внесення добрив для умов
СТОВ «Вікторія» Сумського району»»

Виконав: _____ Андрій ТКАЧЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група: _____ СТЗ 2402-2м

Науковий керівник: _____ Фаріда ХАРЧЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: _____ Михайло ДУМАНЧУК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
агроінжинірингу

Михайло ШУЛЯК

“__” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Андрій ТКАЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження технологічного процесу внесення добрив для умов СТОВ «Вікторія» Сумського району».

2. Керівник кваліфікаційної роботи: Фаріда ХАРЧЕНКО, к.т.н., доцент.

3. Строк подання здобувачем роботи: “1” листопада 2025 року.

4. Вихідні дані до роботи: довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; монографії, тощо за темою наукового дослідження; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проєкту (роботи).

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Аналіз господарства СТОВ «Вікторія» та стан питання технологічного процесу внесення добрив. Розділ 2. Теоретичне обґрунтування запропонованої модернізації машини для внесення добрив. Розділ 3. Результат дослідження. Розділ 4. Охорона праці в сільському господарстві при роботі з добривами. Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування удосконаленого розкидача. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

Керівник роботи:

(підпис)

Фаріда ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис)

Андрій ТКАЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «__» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз господарства СТОВ «Вікторія» та стан питання технологічного процесу внесення добрив»	до 30.08.2025 р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Теоретичне обґрунтування запропонованої модернізації машини для внесення добрив»	до 14.10.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Результат дослідження».	до 3.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці в сільському господарстві при роботі з добривами».	до 8.10.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування удосконаленого розкидача».	до 15.10.2025 р.	
10.	Написання висновків	до 25.10.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13.	Подання роботи до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Фаріда ХАРЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач:

_____ (підпис)

Андрій ТКАЧЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Ткаченко Андрій Миколайович «Дослідження технологічного процесу внесення добрив для умов СТОВ «Вікторія» Сумського району»

Кваліфікаційна (магістерська) робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Сумський національний аграрний університет. Суми. 2025, 54 с. Кваліфікаційна (магістерська) робота складається з п'яти розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 28 найменувань, додатків та ілюстрованого матеріалу в вигляді презентації Microsoft Office Power Point.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано господарство СТОВ «Вікторія», що знаходиться в селі Чернеччина Сумського району. Господарство займається вирощуванням як зернових так і технічних культурами та іншими 22 видами діяльності згідно ВКЕД. Господарство має як новітні енергетичні засоби так і застарілу техніку. Добра кормова база займається розведенням тварин. Проведено огляд питання внесення добрив (як мінеральних так і органічних) під час вирощування сільськогосподарських культур; наведено динаміку внесення органічних добрив в держававі, способи внесення добрив та агровимоги до виконання технологічної операції, дотримання яких дозволить підвищити родючість ґрунту та збільшити врожайність сільськогосподарської культури. Наведені рисунки та короткий огляд машин (та їх робочих органів), як вітчизняних так і закордонних. Проведений патентний огляд як машин для внесення добрив так і їх робочих органів, які дозволяють краще подрібнювати їх, що в свою чергу покращить рівномірність розподілу їх по полю.

Описане теоретичне обґрунтування, яке запропоноване науковцями, процесу надходження органічних добрив до розкидально-подрібнювальних барабанів та їх розподіл по поверхні поля. Наведено загальну схему роботи такого агрегату, етапи руху частинок добрива з удосконаленого робочого органу, формули для розрахунку техніко-експлуатаційних показників використання машин для внесення добрив (продуктивності, коефіцієнту використання часу зміни, часу роботи та інші). Використовуючи програмне забезпечення нами було зроблені розрахунки відповідних параметрів та наведені графіки залежностей: кутової швидкості розкидального робочого органу на ширину розкидання, наведено запропонований науковцями розкидально-подрібнювальний апарат, який встановлюється на серійний розкидач, замість встановлених барабанів в задній частині; проаналізовано машини для внесення органічних добрив різних механіко-технологічних властивостей (як вітчизняних сільхозмашинобудівних компаній так і зарубіжних) та наведені графіки розподілу добрив в залежності від розкидального органу (його форми та місця розташування); показники роботи енергетичного засобу та графічні залежності. Описані питання охорони праці під час роботи з добривами (вимоги до їх добримання); етапи проведення технічного обслуговування енергетичних засобів та зроблено техніко-економічне обґрунтування удосконаленої машини.

Ключові слова: досліджувальне господарство, склад енергетичних засобів та с.г. машин, патентний огляд, родючість ґрунту, внесення добрив, розкидальні механізми, удосконалення, барабан, подрібнення, рівномірність, залежність, поверхня поля, лопать, дослідження, ширина розподілу, охорона праці, економічні показники.

ABSTRACT

Tkachenko Andriy Mykolayovych “Study of the technological process of fertilizer application for the conditions of the Victoria Agricultural Cooperative of the Sumy District”

Qualification (master's) thesis for the degree of master in specialty 208 Agroengineering. – Sumy National Agrarian University. Sumy. 2025, 54 p. The qualification (master's) thesis consists of five chapters, an introduction, general conclusions, a list of sources used from 28 names, appendices and illustrated material in the form of a Microsoft Office Power Point presentation.

The qualification work analyzes the farm of the joint-stock company "Victoria", located in the village of Chernechchyna, Sumy district. The farm is engaged in the cultivation of both grain and industrial crops and other 22 types of activities according to the VKED. The farm has both the latest energy sources and outdated equipment. A good feed base is engaged in animal breeding. A review of the issue of applying fertilizers (both mineral and organic) during the cultivation of agricultural crops is conducted; the dynamics of applying organic fertilizers in the state, methods of applying fertilizers and agro-requirements for performing technological operations, compliance with which will increase soil fertility and increase crop yields, are presented. Drawings and a brief overview of machines (and their working parts), both domestic and foreign, are presented. A patent review of both fertilizer application machines and their working parts, which allow them to be better crushed, which in turn will improve their even distribution across the field, is conducted.

The theoretical justification proposed by scientists for the process of organic fertilizers entering the spreading and grinding drums and their distribution over the field surface is described. The general scheme of operation of such a unit is given, the stages of movement of fertilizer particles from the improved working body, formulas for calculating technical and operational indicators of the use of machines for applying fertilizers (productivity, shift time utilization factor, working time, etc.). Using software, we made calculations of the relevant parameters and presented graphs of the dependences: the angular velocity of the spreading working body on the spreading width, the spreading and grinding device proposed by scientists, which is installed on a serial spreader, instead of the drums installed in the rear part, is presented; machines for applying organic fertilizers of various mechanical and technological properties (both domestic agricultural machinery companies and foreign ones) are analyzed and graphs of fertilizer distribution depending on the spreading body (its shape and location) are presented; performance indicators of the energy tool and graphical dependencies. Occupational safety issues when working with fertilizers are described (requirements for their fertilization); stages of technical maintenance of energy tools are performed and a feasibility study of the improved machine is made.

Keywords: research farm, composition of energy resources and agricultural machinery, patent review, soil fertility, fertilizer application, spreading mechanisms, improvement, drum, grinding, uniformity, dependence, field surface, blade, research, distribution width, labor protection, economic indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.АНАЛІЗ ГОСПОДАРСТВА СТОВ «ВІКТОРІЯ» ТА СТАН ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ.....	9
1.1. Характеристика досліджувального господарства.....	9
1.2. Огляд питання внесення добрив в технології вирощування сільськогосподарських культур.....	14
1.3. Патентний огляд машин та робочих органів для внесення добрив.....	18
РОЗДІЛ 2.ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ.....	23
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ПРИ РОБОТІ З ДОБРИВАМИ.....	39
РОЗДІЛ 5.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА.....	44
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Цінність земель досягається завдяки великому вмісту чорнозему, який є основою для нашого сільського господарства. Внесення органічних добрив — найкращий спосіб збагачення ґрунту органічною речовиною, яка здатна перетворюватись на гумус, що значно підвищує ґрунтову родючість (із 1 т гною утворюється 35–50 кг гумусу). Водночас у ґрунті синтезуються гумінові і фульвокислоти, які мають підвищену обмінну здатність. Найпоширеніші види органічних добрив добре відомі — це перегній, торф, зола, гній, пташиний послід, компост. Серед відносно нових — сапропель (органічний мул, донні відкладення прісних водоймищ), комплексні органічні добрива. Їхнє використання є складовою органічного (екологічно чистого) виробництва продукції рослинництва. Українці володіють багатством, яке природа надала нам в вміле використання – безкрайні поля, які надають нашій державі величезні прибутки. Але, не слід нехтувати правильними та безпечними технологіями вирощування, які сильно впливають на родючість ґрунтів. Сучасний ринок агротехніки насичений різноманітними агрегатами для виконання сільгоспробіт, здатними не лише прискорити і полегшити працю із вирощування урожаю, але й зберегти природні ресурси — насамперед ґрунти. Використання розкидачів для внесення органічних добрив має велике значення для збагачення рослин поживними речовинами, підвищення родючості ґрунту, збільшення врожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості продукції рослинництва [6].

Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, особливо без достатнього застосування органічних добрив, призводять до втрати гумусу та органічних сполук, що є важливими для збалансованого живлення рослин і збереження структури ґрунту [3].

Збільшення обсягів внесення органічних добрив є надзвичайно важливим і актуальним у контексті сталого розвитку аграрної галузі,

оскільки вони сприяють збереженню родючості ґрунтів, поліпшенню їх структури та зменшенню негативних наслідків від використання мінеральних добрив і пестицидів [3].

Органічні добрива забезпечують ґрунт не лише макроелементами (азотом, фосфором, калієм), а й мікроелементами, необхідними для нормального росту й розвитку рослин. Вони постачають органічні сполуки, які сприяють розвитку мікробіоти ґрунту, що є важливим для підтримки його біологічної активності. Завдяки цьому ґрунт зберігає свою родючість і здатність до самовідновлення [3].

Щоб підвищити ефективність внесення органічних добрив, слід враховувати правильний час, спосіб внесення, тип культури та стан ґрунту. Основні методи включають: внесення під осінню обробку, використання сидератів, внесення компосту в посадкові лунки, використання рідких добрив, а також поєднання з мікробними препаратами для кращого засвоєння поживних речовин. Дотримання оптимального балансу вологи та повітря в ґрунті також є критично важливим.

Машини для внесення добрив повинні забезпечувати їхнє транспортування та рівномірний розподіл по полю в потрібній нормі. Важливими вимогами є точне дозування, мінімальна нерівномірність розсівання (до 25% за шириною та до 10% за напрямком руху), а також можливість агрегування з тракторами відповідного класу потужності.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ГОСПОДАРСТВА СТОВ «ВІКТОРІЯ» ТА СТАН ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

1.1. Характеристика досліджувального господарства.

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю (надалі СТОВ) «Вікторія» знаходиться на території Сумської територіальної громади, до складу якої входять 21 населений пункт, площа громади складає майже 250 км² (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Карта Сумського району.

Досліджувальне господарство СТОВ «Вікторія» до 16 грудня 2024 року знаходилось за адресою Сумська область, Сумський район село Великий Бобрик, вулиця Сумська 1А, а з 17.12.2024 змінила юридичну адресу на: Нижня Сироватка на вулиці Гора, буд. 105, а з цього року юридична адреса

тепер: село Чернеччина (Сумської області та Сумського району, індекс 42444).

Згідно архівних даних господарство засноване більше 30 років назад, а саме: 23 березня 2023 року. На даний час керівником товариства є: Віктор Іванович Швачич (економічний відділ – бухгалтерію очолює Ірина Василівна Заєц). Засновниками даного товариства є: Василенко М.Ю., Кукленко Н.В., Назарова Т.П. та Швачич В.І.

В господарстві працює 82 працівника, які виконують всі виконують роботи по ефективному веденню господарської діяльності. Товариство займається 17 видами діяльності згідно класифікатору. Основна діяльність це ведення рослинництва, а саме вирощування зернових культур.

Види діяльності:	01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур
	01.62 Допоміжна діяльність у тваринництві
	68.20 Надання в оренду й експлуатацію власного чи орендованого нерухомого майна
	56.21 Постачання готових страв для подій
	56.10 Діяльність ресторанів, надання послуг мобільного харчування
	47.11 Роздрібна торгівля в неспеціалізованих магазинах переважно продуктами харчування, напоями та тютюновими виробами
	10.61 Виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості
	10.41 Виробництво олії та тваринних жирів
	01.64 Оброблення насіння для відтворення
	01.63 Післяурожайна діяльність
	01.61 Допоміжна діяльність у рослинництві
	01.46 Розведення свиней
	01.45 Розведення овець і кіз
	01.43 Розведення коней та інших тварин родини конячих
	01.42 Розведення іншої великої рогатої худоби та буйволів
	01.41 Розведення великої рогатої худоби молочних порід
	01.13 Вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів

Рис. 1.2. Вид діяльності господарства

Для ведення діяльності в рослинництві товариство має в достатній кількості машинно-тракторний парк, як енергетичні засоби (таблиця 1.1) так і сільськогосподарські машини (таблиця 1.2).

Товариство має майже 4000 га землі (рис. 1.3), на орних землях займається вирощуванням, як зернових так і технічних культур (таблиця 1.3).

Тракторний парк господарства СТОВ «Вікторія» представлений як вітчизняними моделями так і закордонними (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Склад енергетичних засобів (трактори, комбайни, обприскувачі)

Марка енергетичного засобу	Кількість, штук
Трактор ХТЗ-17221-21	2
Трактор Т-150К-09	1
Трактор МТЗ-1523	2
Трактор БЕЛАРУС-1221.2	2
Трактор John Deere 6215R	3
Трактор John Deere 7930	2
Трактор John Deere 8530	4
Комбайн CLAAS Lexion 580	2
Комбайн CLAAS TUCANO 480	2
Комбайн John Deere (серії S) 9770 STS	3
Комбайн CLAAS JAGUAR	2
Комбайн John Deere S670	3
Обприскувач Теснома Laser 4000.	1
ВСЬОГО:	29

Таблиця 1.2

Склад сільськогосподарських машин СТОВ «Вікторія»

Назва сільськогосподарської машини (знаряддя)	Марка (модель)	Наявність одиниць
Косарки (причіпні, самохідні)	КПС-5Г	1
	Fortschritt E-303	1
Машини для обробітку ґрунту	Плуг Kverneland RN 100	3
	Плуг EuroDiamant - Lemken	3

	Борона дискова LEMKEN Rubin	3
	Борона БДТ-3 та БДТ-10	2
	Борона (ротаційна) John Deere 400	2
	Культиватор Case IH Tiger Mate II	2
	Культиватор John Deere 2210	2
Машини для внесення добрив	Розкидач МД навісний МВД-900	2
	Розкидач навісний МВД- 1000	2
	Розкидач навісний Vicon Rotaflow RS-XL 3200	3
Сівалки	Сівалка точного висіву John Deere 1770NT	2
	Просапна сівалка John Deere 1790	3
	Monosem NG PLUS 4 (8 рядків)	3
Жатки для збирання озимої пшениці, кукурудзи та соняшнику	John Deere 630R	2
	Geringhoff Rota Disc 800 B	2
	Жатка FIELLDAY	2
	Жатка Capello Helianthus	2
	John Deere 630F	3
Косарка	Kverneland Taarup 4336 LR	3
Причіп до трактора	Причіп (базовий) 2ПТС – 4	4
	2ПТС – 4,5	2
	Самоскид 2ПТС-6	5

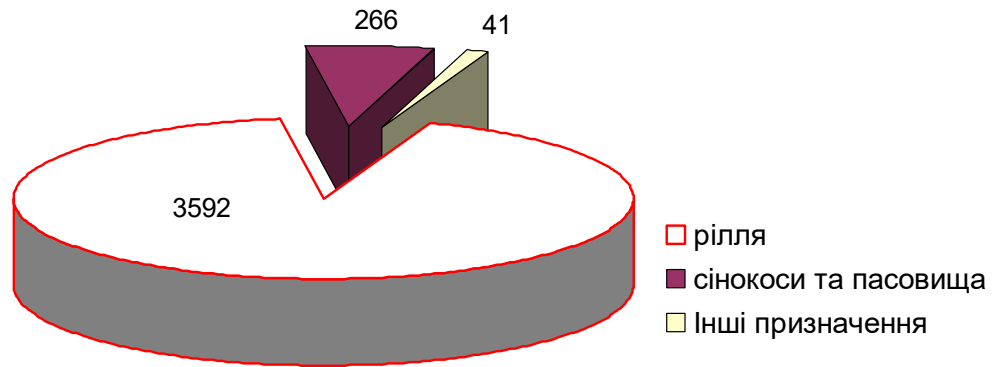


Рис. 1.3. Структура земель товариства «Вікторія»

Як бачимо з рис. 1.3. товариство має 92% орних земель, та 1% земель різного призначення - це і господарські двори та шляхи (як з твердим покриттям так і ґрунтові дороги); землі що знаходяться в стадії меліорації; ліси та інші землі (забудови господарськими спорудами та іншими будівлями, складами).

Таблиця 1.3

Структура посівних площ СТОВ «Вікторія» та врожайність культур

Культура	2024 рік	Врожайність, ц/га
Зернові та зернобобові культури	1689 га	
- пшениця озима	569	48,26
- кукурудза на зерно	1095	48,63
- горох	25	15,03
Технічні культури	1652 га	
- соняшник на зерно	1363	20,29
- соя	289	19,15
Кормові культури	251 га	
- кукурудза на зелений корм	62	108,72
- кукурудза на силос	189	98,72

1.2. Огляд питання внесення добрив в технології вирощування сільськогосподарських культур.

Використання органічних добрив є важливим фактором по відтворенню родючості ґрунту, та є основним джерелом по збагаченню поверхневого шару органікою.

Перед тим як планувати вносити добриво необхідно розуміти для чого воно передбачено. Зазвичай добриво вносять як весною так і осінню, до посіву або під час посіву. Добриво повинно забезпечувати рослину всіма необхідними мікро та мікроелементами живлення.



Рисунок 1 – Динаміка внесених органічних добрив в Україні за їх видами, %

Джерело: Державна служба статистики України [4]

В нашому господарстві вносять як мінеральне добриво так і органічне.

В подальшому нами приділена увага органічному добриву, в нашому товаристві вносять таке органічне добрив, як гній, та при наявності послід. Основна частина органічного добрива вноситься восени та навесні під час проведення основного обробітку ґрунту. Добриво розкидається по полю спеціальними розкидальними машинами, яке потім проорюється плугами.

Способи внесення зображено на рис. 1.4.

Серед основних способів варто виділити такі:

- перевантажний. У цьому разі використовують тукові сівалки, з їхньою допомогою корисні речовини вносять у землю. Можуть знадобитися також [розкидачі органічних добрив](#). Процес простий: склад привозять до поля, потім вантажать у призначену для закладки техніку та використовують за призначенням;
- перевалковий. Вдатися до цієї методики можна в тому разі, якщо на ділянці є спеціальне місце, призначене для зберігання препаратів. Звідти останні частинами перекладають у механізований агрегат, звідти вони потрапляють у ґрунт;
- прямоточний. У цьому разі на підприємствах, де випускають спеціальну техніку для внесення добрив, спочатку завантажують усі корисні речовини. Машина привозить засіб на поле, а там його використовують так, як потрібно;
- купний. Добрива підвозять до ділянки спеціальними вантажними автомобілями, а на місці розподіляють на декілька купок. Останніми заправляють роторні розкидачі, які працюють на місці внесення.


Рис. 1.4. Переваги внесення добрив

Як зернові так і технічні культури занадто вимогливі до ґрунту, а саме до поглинання з його поживних речовин. Так накопичення в ґрунту поживних речовин від внесеної органіки коренева система рослини добре накопичує вологу та переносить засуху. Тому якщо ми бажаємо отримати високі врожаї необхідно цілеспрямовано вносити добрива, для цього необхідно зробити наліз ґрунту, щоб вносити необхідну кількість добрив.

Внесення органічних добрив повинно відбуватись згідно агротехнічних вимог та дотримуючись норми внесення [5] рис. 1.5.

В залежності від виду добрива, його призначення використовують різні машини для його внесення.

На території України в багатьох господарствах використовують розкидачі органічних добрив з різним розташуванням розкидаючих робочих органів, це вертикально, або горизонтально розташовані розкидальні барабани (ротори, або бітери) рис. 1.6. Огляд таких робочих органів нами був наведений в тезі [10] та в додатку пояснювальної записки.

	<p>До внесення <u>органічних добрив</u> ставляться такі агротехнічні вимоги: розкидані добрива негайно загортають у ґрунт; дотримуються заданої дози внесення добрив і рівномірності їх розподілу по поверхні поля. Нерівномірність розподілу за шириною розкидання допускається в межах 0–25%, у напрямку руху – 0–10%. Відхилення фактичної дози від заданої має бути не більш як 5%.</p>
<p>Глибина загорання органічних добрив становить 15–25 см, до того ж на піщаних ґрунтах їх заорюють глибше, що залежить від кліматичних умов.</p> <p>Використання свіжого гною і наявність в органічних добривах сторонніх предметів не допускається. Машини мають забезпечувати внесення добрив і їх сумішей 5–60 т/га.</p>	

Для внесення органічних добрив робочі органи машин мають забезпечувати швидке регулювання норми висіву, вони не мають забиватися і залипати.

За поверхневого внесення мінеральних добрив відцентровими розкидачами нерівномірність розподілу по всій площі поля не має перевищувати 25%. Відхилення фактичної дози внесення добрив від заданої $\pm 10\%$.

Огріхи між суміжними проходами розкидачів не допускаються. Перекриття у стикових міжряддях має бути не більш як 5% ширини захвату агрегату. У разі внесення у ґрунт мінеральних добрив глибина стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив до сівби становить, см: під зернові культури на суглинкових дерново-опідзолених ґрунтах – 8–10; на піщаних і супіщаних ґрунтах 10–12; на різних ґрунтах посушливої степової зони – 12–15; під кукурудзу і цукровий буряк – 12–15; під бобові і соняшник – 10–12.

Плоскорізний обробіток ґрунту з одночасним внесенням основного добрива суцільним шаром здійснюють на глибину 15–25 см. Внесення туків, як правило, поєднують з основним або останнім паровим обробітком ґрунту.

Основне добриво, яке вносять одночасно з сівбою зернових, доцільно розміщувати на 3–4 см нижче від глибини загорання насіння.

Підкореневе підживлення озимих культур виконують у поперечному напрямку до засіяних рядків на зниженій швидкості, щоб зменшити пошкодження рослин. У разі підживлення рослин добрива вносять у ґрунт на глибину 3–5 см стрічками з інтервалами 15 см.

Глибоке внесення добрив особливо ефективно в насадженнях, розміщених на схилах. Починають глибоке внесення добрив, як правило, на третій четвертий рік після садіння, коли коренева система виходить за межі посадкової щілини. Через 5–6 років добрива вносять повторно, збільшуючи дозу в 4–5 разів залежно від перерви і результату аналізу вмісту рухомих форм поживних речовин методом ґрунтової і рослинної діагностики.

Час між внесенням добрив і їх загоранням не має перевищувати 12 год. для мінеральних і 2 год. для органічних добрив.

Рис. 1.5. Агровимоги до операції внесення [5]



Рис. 1.6. Розкидальні механізми машин для внесення органічних добрив

Внесення органічних добрив під технічні культури які вирощуються в досліджувальному господарстві передбачає їх рівномірний розподіл (розкидання вищенаведеними робочими органами) та закладення в ґрунт під основний обробіток (під час оранки після попередника), найчастіше восени після закінчення збирання. Це робиться за допомогою розкидачів (в залежності від виду добрива використовують розкидачі з різними робочими розкидальними органами), а потім удобрення заробляється плугом, дисковими боронами або культиватором, залежно від технології. Важливо враховувати що від типу добрива (торф, перегній чи курячий послід), особливості культури та умови ґрунту для досягнення найкращого ефекту (врожайності). В наступній частині нами було зроблено огляд патентів, в яких наковцями запропоновано удосконалення робочих органів машин для внесення добрив.

Техніку для удобрення ґрунту, внесення добрив класифікують залежно від типу органічних добрив на: розкидачі твердих органічних речовин (компост, гній) та агрегати для внесення у ґрунт рідких органічних субстанцій. Своєю чергою, розкидачі твердої органіки бувають самохідні та

причіпні, а також, якщо класифікувати їх за принципом вивантаження добрив, — розкидачі із заднім та боковим вивантаженням.

Машина для внесення добрив пропонують вітчизняні й закордонні фірми: ТОВ «Оріхівсільмаш» (РОУ-6, ПРТ-7, ПРТ-10), Brochard (моделі EV 2200-90; 240 BG-65EV та EV 2200-80T, які агрегатуються з тракторами від 240 к.с); Kuhn (розкидачі мінеральних добрив KUHN AXIS 20.2, AXIS 30.2, AXIS 40.2, AXIS 50.2 (Аксіс). Об'єм бункера 1400–3200 л); Strautmann (моделей TSW 3140 E; TSW 3140 T; TSW 6240S; TSW 4190 S та TSW 5210 S/W); Unia Group (моделі Unia MXL; Unia TYTAN (з бункером 20, 24, 30 та навіть 36); Unia RCW), Metaltech - польська компанія (серії RO; Tango 14), Volland HL22 TM Volland; Sipma (органічних (наприклад, SIPMA RO 800 TAJFUN, RO 1200 TORNADO) для гною, компосту, торфу та мінеральних (наприклад, SIPMA RN 1000 BORYNA) для розсіювання мінеральних добрив); Metal-Fach (N272/2 та N267, що відрізняються вантажопідйомністю та типом адаптера (вертикальні 2- або 4-шнекові); Pronar (NV161 (NV серія), N262/2 має вертикальний двовальний адаптер забезпечує високу точність і ефективність внесення органіки по всій ширині захвату); VoLLand моделі Helios 14; розкидачі органічних добрив компанії "ЯР-Степ" (від польського виробника Metal-Fach Sp. z o.o.) MetaL-Fach N267 HORNET (8т); MetaL-Fach N267/1 HORNET (6т); MetaL-Fach N272/1 TAURUS (12т); MetaL-Fach N272/2 TAURUS (14т); MetaL-Fach N272/3 VIKING (14т) та MetaL-Fach N272/6 VIKING (18т) та польської компанії Alima Bis. й ін [18, 19, 20].

1.3. Патентний огляд машин та робочих органів для внесення добрив.

Для підвищення ефективності внесення добрив, а саме розподілу частинок по полю багатьма науковцями запропоновано вдосконалення серійних розкидачів добрив та їх робочих органів.

Науковці Герук та Хоменко запропонували в патентах № 45382; № 88754 та № 42332 удосконалити серійний розкидач органічних добрив (рис. 1.7).

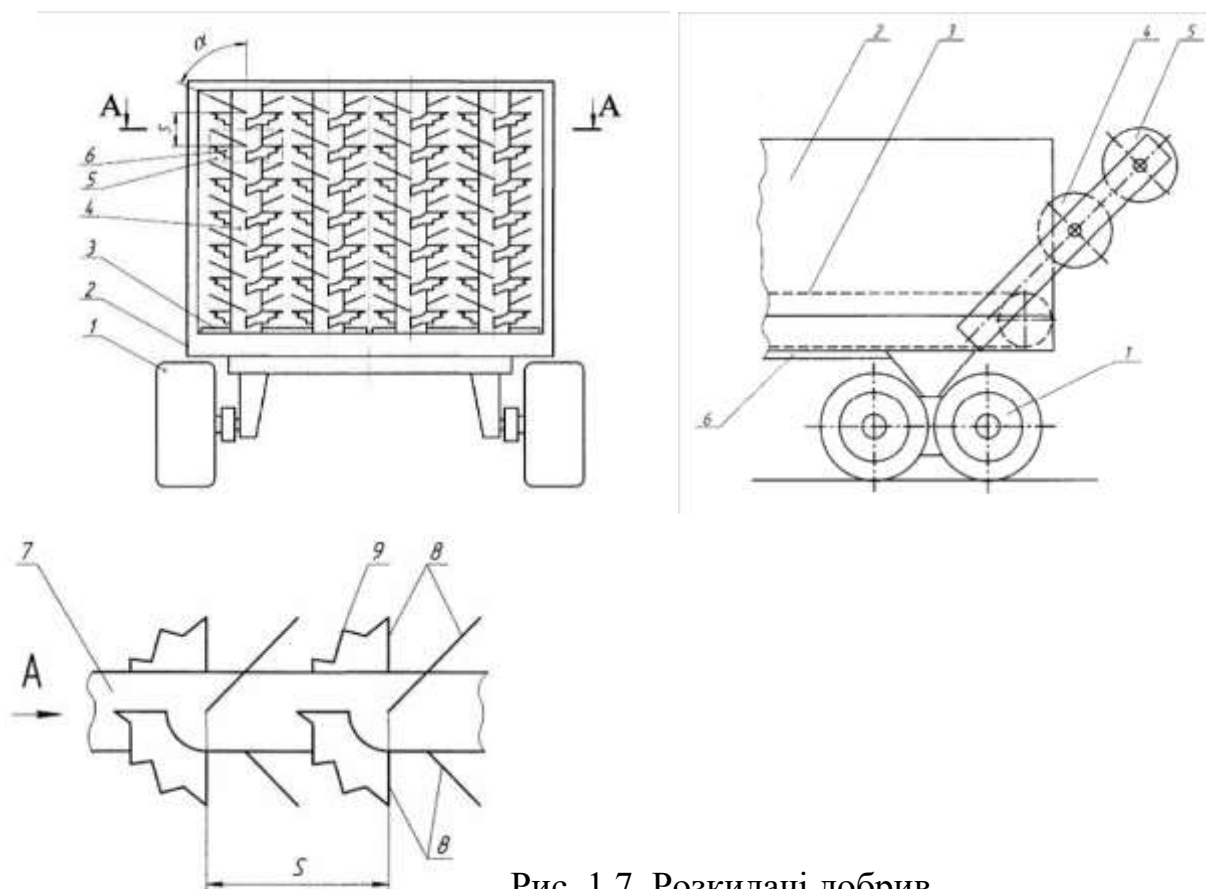


Рис. 1.7. Розкидачі добрив

Авторами [11, 12, 13] запропоновано удосконалення розкидача органічних добрив, а саме розкидального серійного барабана. Запропоноване удосконалення підвищує рівномірність внесення органічної фракції по поверхні поля та збільшує ширину розкидання.

Використання запропонованих авторами технічного рішення по удосконаленню розкидального елемента машини дозволить краще подрібнювати як свіжий так і перепрівший перегній, подрібнені частинки матимуть можливість далі летіти від кузова, як з права так і зліва (за рахунок зміни обертів розкидального барабану, валу), тим самим покращення рівномірності розміщення по поверхні поля добрив.

Авторами запропоновані в патентах можливі варіанти встановлення подрібнювальних розкидальних барабани, як з вертикальним розташуванням так і з горизонтальним позаду кузова.

Запропонована конструкція розкидача органічних добрив забезпечує достатньо високу рівномірність внесення добрив за шириною захвату за рахунок більш якісного подрібнення і рівномірності їх подачі чвертьеліпсними подрібнювачами подрібнювального барабану до розкидального барабану (рис. 1.7), що забезпечується обертальним рухом чвертьеліпсних подрібнювачів.

Науковцями з ННЦ "Інституту механізації та електрифікації с.г." Української академії АН запропоновані патенти № 100957, № 73196 та № 70492, які дозволяють модернізувати серійні машини для виконання технологічної операції та покращити якісні показники роботи описаних агрегатів.

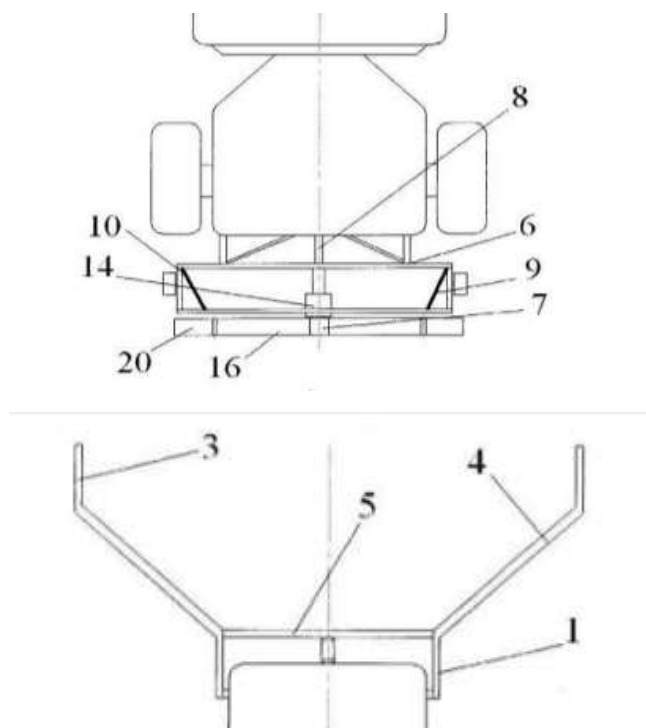


Рис. 1.8. Розкидачі добрив із куп.

Автором [17] запропоновано технічний засіб, який дозволить розкидати органічні добрива по поверхні поля з розташованих на полі куч. Запропонована конструкція набагато спрощена в порівнянні з серійною тим самим має кращу надійність.

Технічний засіб працює наступним чином: трактор рухаючись на валок, який утворений при допомозі валкоутворювача 1, що розташований в передній частині в вигляді рами, яка складається з двох полиць – пересуваються по центру валка. Валок проходячи між трактором потрапляє на розкидальний робочий орган 7, який виконаний у вигляді лопатевого ротора. Ротор приводиться в рух при допомозі ВВП трактора. Внаслідок такої роботи пристрою з одного рядка куп органічного добрива формується удобрена площа, ширина якої відповідає подвійній ширині смуги, на яку ротор розподіляє добрива.

Завдяки такому виконанню машини для розкидання органічних добрив з куп підвищується рівномірність розкидання добрив за рахунок того, що при першому проході агрегату вздовж ряду куп валкоутворювачем машини забирається одна половина кожної купи і розкидаються добрива в один бік відносно напрямку руху агрегату, а при зворотному русі агрегату вздовж цього ж ряду забираються залишені на полі другі половини куп і розкидаються в протилежному напрямку. Тому загальна ширина розкидання добрив з одного ряду куп збільшується у два рази, що забезпечує зменшення відстані між купами також у два рази.

Запропонована авторами машина краща за серійну завдяки встановленню двох дисків розкидних, які мають лопаті (шарнірно закріплені) що розташовані між дисками. Встановлені пружини на лопатях дозволяють їх тримати завжди в робочому положенні.

Винахідником Кудрею В.О. запропоновано модернізацію серійного розкидача органічних добрив ПРТ-10 заявка на винахід № а201204321 та номер u201203915. Автором запропоновано задній частині серійного розкидача встановити пристосування, яке складається з двох

подрібнювальних барабанів, транспортера для подачі подрібненого органічного добрива до розкидальних лопатей. Добрива потрапивши на бітер отримують колову швидкість та злітають з нього і розкидаються на різні відстані. Даний агрегат завдяки таким лопатям (лопаті мають різну ширину) має можливість краще розсіювати добриво тим самим кращу загальну продуктивність та розкидання.

Науковцями нашого університету запропоновано вдосконалення відомого розкидача органічних добрив патент номер 73196, шляхом заміни серійного барабану на вдосконалений барабан, який має можливість відокремлювати порційно та подрібнювати органічну фракцію відповідних фізико-технологічних властивостей.

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Обґрунтування запропонованої науковцями конструкції полягає в характеристиці процесу надходження органічних часток до барабану та їх розподіл по поверхні поля.

Для такого обґрунтування нами було запропоновано модель удосконаленого серійного розкидача, та зображенням польоту частинок добрив (рис. 2.1).

Описуючи технологічний процес роботи агрегатів для внесення добрив, можна сказати що він відбувається за наступними етапами: навантаження органічних добрив в агрегат, подача (переміщення) органічної фракції по кузову до подрібнювально (відокремлювального) робочого органу, подрібнення та подача фракції добрива до лопатевого робочого розкидального органу і завершальним етапом є відокремлення (сход) частинки добрива від лопаті і вільний політ до поверхні поля (рис. 2.2).

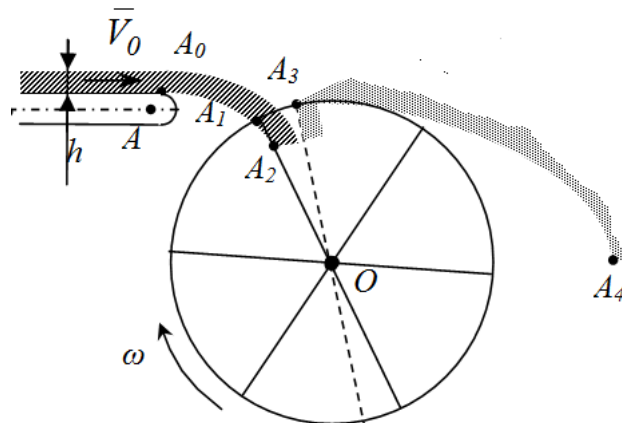


Рис. 2.2. Етапи переміщення частинки органічного добрива

Зробивши припущення, що сила опору повітря однакова від планшчастого транспортеру і до розкидальних лопатей однакова то формула для визначення модуля швидкості буде мати вигляд:

$$\bar{F}_{\text{оп}} = -k_v m \bar{V} . \quad (2.1)$$

Отже для опису руху частинки органічної фракції добрива використаємо рівняння

$$m \bar{a} = m \bar{g} - k_v m \bar{V} . \quad (2.2)$$

Побудувавши в проекції системи координат осі ми можемо описати рівнянням 2.3 рух частинок.

$$\begin{cases} \ddot{x} + k_v \dot{x} = 0, \\ \ddot{y} + k_v \dot{y} = g \end{cases} \quad (2.3)$$

Отже, підставивши в вищенаведені рівняння будемо мати

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + \frac{V_0}{k_v} (1 - e^{-k_v t}), \\ y(t) = y_0 + \frac{g}{k_v^2} (1 - e^{-k_v t}) + \frac{g}{k_v} t. \end{cases} \quad (2.4)$$

Маючи значення радіуса ротора, його кутової швидкості та початкове положення лопаті ми скористаємось рівнянням 2.5.

$$\begin{cases} x(t) = R \cos(\varphi_0 - \omega t), \\ y(t) = R \sin(\varphi_0 - \omega t) \end{cases} \quad (2.5)$$

Для визначення часу падіння частинки добрива на розподільну лопать скористаємось рівнянням 2.6.

$$\left(x_0 + \frac{V_0}{k_v}(1 - e^{-k_v t})\right)^2 + \left(y_0 + \frac{g}{k_v^2}(1 - e^{-k_v t}) + \frac{g}{k_v}t\right)^2 = R^2. \quad (2.6)$$

Так, як частинка органічної фракції потрапляє на різне місце (точку) розкидального робочого органу (лопаті) нами було визначено максимальну глибину на яку потрапляє частинка, тобто ближче до центру.

Для визначення кутової відстані центра ротора скористаємось нижченаведеним рівнянням, знаючі кількість лопаток які розташовані на роторі.

$$\varphi = \frac{2\pi}{n}$$

Кут частинки, яка входить в ротор визначається за формулою

$$\varphi_1 = \arctg \frac{y_1}{x_1}$$

Отже знаючі продуктивність транспортера встановленого в кузові розкидача органічних добрив можна визначити масу всього органічного добрива, яке буде потрапляти на розкидальний робочий орган – лопатку.

$$m_{D_1 A_2} = (t_2 - t_1) \cdot q_{\delta \delta}$$

Для визначення сил інерції, сили опору повітря та складових сил тяжіння та сили тертя частинки добрива по розкидальному робочому органу скористаємось рівняннями 2.7-2.10.

$$F_{\delta i} = m \frac{d^2 \rho}{dt^2} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{d\rho}{dt} \right) = m \frac{\omega d}{d(t\omega)} \left(\frac{\omega d \rho}{d(t\omega)} \right) = m \frac{\omega d}{-d\varphi} \left(\frac{\omega d \rho}{-d\varphi} \right) = m \omega^2 \frac{d^2 \rho}{d\varphi^2}; \quad (2.7)$$

$$F_p = k_v m v = k_v m \omega \frac{d\rho}{d(t\omega)} = -k_v m \omega \frac{d\rho}{d\varphi}; \quad (2.8)$$

$$P_\rho = P \sin \alpha \quad (2.9)$$

$$F_{\text{тр}} = f N \quad (2.10)$$

Для визначення абсолютної швидкості сходу органічної частинки добрива з розкидального робочого органу (лопаті) скористаємось нижченаведеними рівняннями та зобразимо схематично (рис. 2.3) їх положення під час виходу з лопаті.

$$\begin{cases} V_{4x} = V_{\rho 4} \cos(\varphi_4) + \omega R \sin(\varphi_4), \\ V_{4y} = V_{\rho 4} \sin(\varphi_4) - \omega R \cos(\varphi_4), \end{cases} \quad (2.11)$$

$$V_4 = \sqrt{V_{\rho 4}^2 + \omega^2 R^2}. \quad (2.12)$$

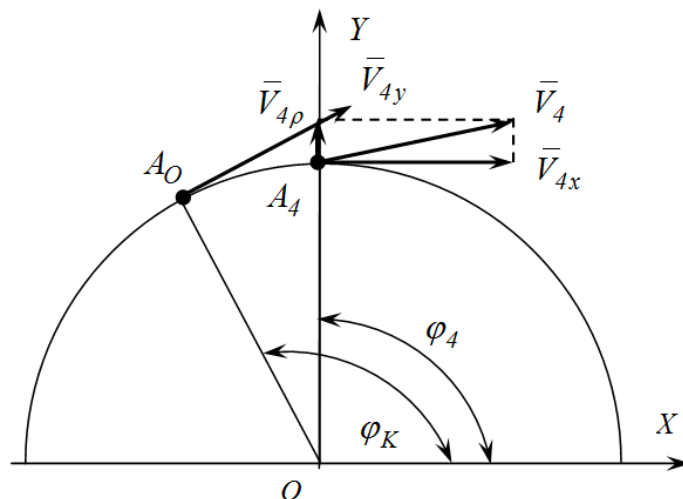


Рис. 2.3 – Положення частинки при виході з розподільного органу та її швидкість

Також нами було зроблено техніко-експлуатаційне обґрунтування запропонованої розкидальної машини, використавши відомі методики нами було прораховано наступні показники (таблиця 2.1):

Таблиця 2.1

Таблиця розрахунків показників обґрунтування використання машини

Показник розрахунку	Формула
Продуктивність МТА щодо внесення добрив за годину	$W_{зод} = 0,1B_p v_p \tau$
Коефіцієнт використання часу зміни	$\tau = \frac{n_{\text{ц}} \cdot t_{\text{роз}}}{T_{\text{зм}}}$
Кількість виробничих циклів	$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - (T_{\text{пз}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}})}{t_{\text{ц}}}$
Час одного циклу	$t_{\text{ц}} = t_{\text{оч}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{зод}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{бод}}$
Тривалість руху з добривами	$t_{\text{зод(Б)}} = \frac{l}{v_{\text{зод}}}$

Тривалість внесення добрив	$t_{\text{роз(Б)}} = \frac{10V_{\kappa} \rho_{\text{од}} \psi}{HB_p \nu_p}$
	$t_{\text{од(Б)}} = \frac{l}{\nu_{\text{од}}}$
Продуктивність МТА з внесення добрив за зміну	$W_{\text{зм за}} = W_{\text{зод}} T_{\text{зм}} D$ $W_{\text{зм за}} = W_{\text{зод}} T_{\text{зм}}$
Чистий робочий час за зміну	$T_p = n_y t_{\text{роз}}$
Час, витрачений на повороти	$T_{\text{пов}} = \frac{n_y}{120}$
Загальний час руху з добривами і без добрив	$T_z = n_y (t_{\text{оч}} + t_{\text{зае}})$ $T_{\text{зд}} = n_y t_{\text{зд}}, \quad T_{\text{од}} = n_y t_{\text{од}}$

Після сходу органічної фракції з лопаті частинка добрива рухається при допомозі сил тяжіння та опору повітря.

Сила опору повітря визначається з рівняння 2.13 та враховує коефіцієнт парусності, який ми визначаємо при допомозі рівняння 2.14.

$$\bar{F}_{\text{оп}} = -k_v m |\bar{V}| \bar{V} \quad (2.13)$$

$$k_v = \frac{g}{V_0^c} \quad (2.14)$$

Отже, провівши всі підстановки (знаючи значення маси частинки та значення коефіцієнта парусності) рівняння руху органічної частинки з розкидальної лопаті буде мати вигляд:

$$m_{k_v} \bar{a} = m_{k_v} \bar{g} - k_v m_{k_v} |\bar{V}| \bar{V}$$

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ .

Для обґрунтування параметрів розрахунків рівнянь та формул що наведені в попередніх розділах нами було використано програмне забезпечення Microsoft Excel та отримано графіки і залежності, які зображені нижче.

За відомою методикою зроблені техніко-експлуатаційні розрахунки, результати яких зображені в додатку пояснювальної записки.

Згідно наведених вище формул нами було прораховано коефіцієнт парусності, графік залежності коефіцієнта парусності від розміру органічних частинок зображено на рисунку 3.1.

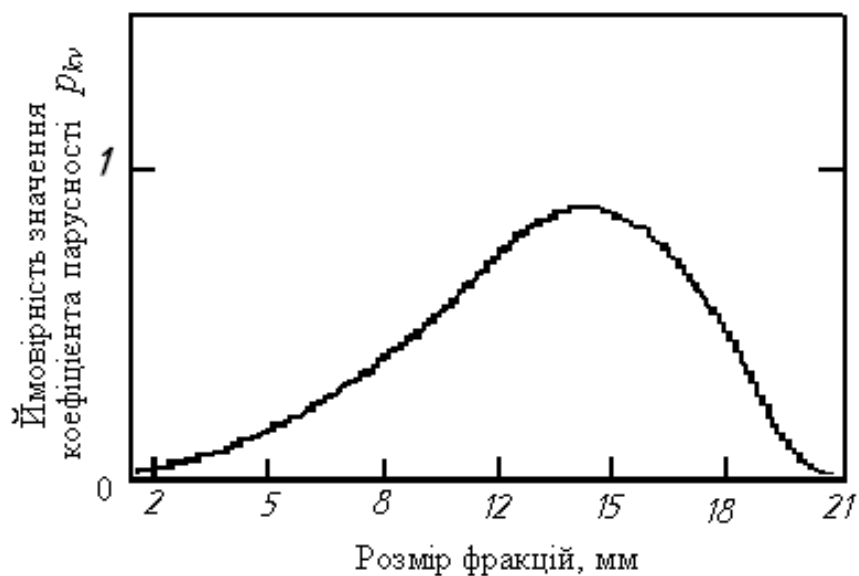


Рисунок 3.1. Графік значення коефіцієнта парусності від розміру фракції добрива.

Маючи значення кутової швидкості розкидального ротора та форми лопатки нами було зроблено розрахунки. При допомозі програм було побудовано залежності кутової швидкості, форми лопатки та їх вплив на нерівномірність внесення (рис. 3.2). Залежність ширини розкидання

запропонованого робочого органу від кутової швидкості нами було наведено на рисунку 3.3.

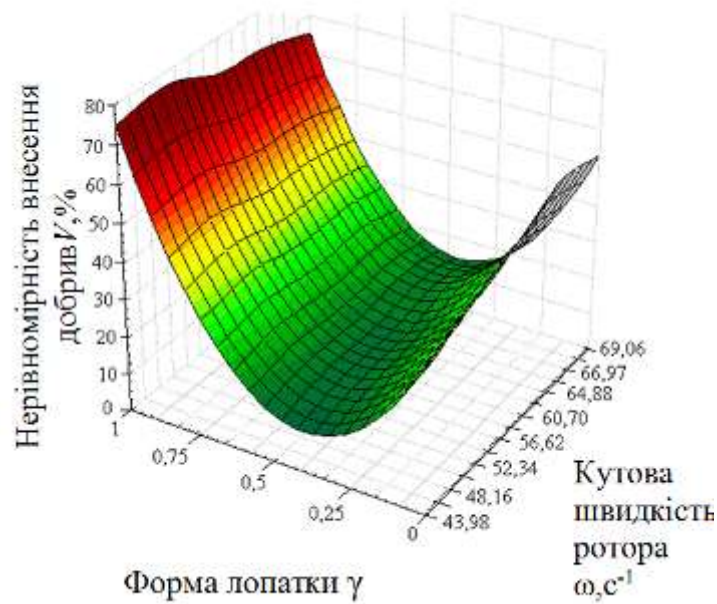


Рис. 3.2. Залежність форми лопатки та кутової швидкості на нерівномірність розкидання органічного добрива

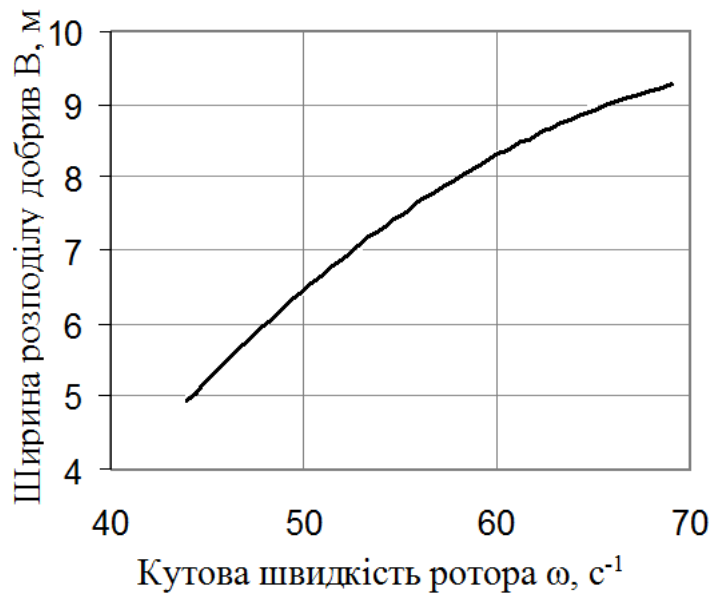


Рис. 3.3. Вплив кутової швидкості розкидального ротора на ширину розподілу органічного добрива

Під час виконання технологічної операції: внесення органічних добрив нами було використано запропонований удосконалений серійний розкидач ПРТ-10 .

Навантаження органічної фракції відбувалось при допомозі навантажувача (фронтального), КУН генерал General-X (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Агрегат навантажувальний МТЗ з фронтальним навантажувачем

Для внесення органічної фракції використовувався добре перепрівший перегній. Нами було змодельовано різну швидкість транспортера розкидача, так мінімальна швидкість становила 1,44 м/с, максимальна 2 м/с.

В залежності від нерівномірності розподілу (внесення) органічної фракції змінювалось і перекриття суміжних проходів, а саме: не використовуючи перекриття ширина внесення становила 11,5 метри, а найменша нерівномірність становила 8% (показник коефіцієнта варіації) при умові що перекриття не більше 2,5 метри. Ширина при даному технологічному процесі становила – 9 метрів.

Щільність добрива, яке знаходилось в бункері становило 420...610 кг/м³.

Фракційний склад добрив складав в середньому від 3 до 18 мм, основна маса добрив становила розміром 11 мм – 65%.

Проведені техніко-експлуатаційні розрахунки показали що навантажувач працював майже 9 хвилин, час затрачений на холості переїзди склав 5 хвилин, тривалість внесення склала 6 хвилин. Отже загальний час, який було затрачено на описану технологічну операцію склав 20 хвилин. Агрегат, який нами було спроектовано працював при швидкості 8 км/год, рівномірність внесення органічних добрив склала 21% (по ширині внесення) та 7% по довжині.

Результат розподілу добрив по поверхні поля нами був зображений на графіку 3.6, де нами було вказано як теоретичні так і експериментальні дані.

Проведено розрахунок відхилення теоретичних даних від експериментальних, даний показник склав $\Delta = 10,1\%$.

Дані, які були зняті з вимірювальних приладів показали, що споживча потужність ВВП нашого енергетичного засобу складала від 8 до 11 кВт, що відповідає швидкості руху 4...10 км/год.

Результати витрат палива нами було наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Показники роботи енергетичного засобу

Передача трактора	Довжина гону, метри	Час виконання технологічної операції, с	Витрати пального під час виконання технологічної операції	
			грам	л/год
Робочий хід роботи МТА				
III / I	42,66	31	138,8	14,94
III / I	52,64	40	176,8	14,99
III / II	92,28	32	176,2	20,01
III / II	93,89	32	178,01	17,97
Холостий хід роботи МТА				
III / I	41,98	31	107,40	11,98
III / II	92,69	33	136,99	14,92

Технічні характеристики деяких зарубіжних розкидачів зображено в таблиці 3.2.

Як бачимо з таблиці машини для внесення органічних добрив мають різні розкидальні робочі органи, вертикально, або горизонтального розташовані; мають шнекові робочі органи, або роторно-лопатеві. В залежності від виду розкидального робочого органу машини мають різну ширину розкидання та відповідно якісні показники розподілу по полю.

Таблиця 3.2

Марки розкидачів органічних добрив									
Показник	ПРТ-10	Jeantil EP 2060 Erandor-2	Bergmann M 700 SX	Titan 18T	Jeantil EP 2060 Erandor-3	Annaburger HTS 22.04	Jeantil EVV 1000 Erandor-5	Samson SP 12	Gafner 5.5 A-Vario
Тип робочого органу	Два горизонтально встановлені шнекові робочі органи	Два горизонтально встановлені шнекові робочі органи	Чотири вертикально розташовані шнекові робочі органи	Чотири вертikalauно розташовані шнекові робочі органи	Дискові робочі органи	Дискові робочі органи	Два вертикально розташовані шнекові робочі органи	Два вертikalauно розташовані шнекові робочі органи	Роторно-лопатевий робочий орган для бокового внесення
Вантажопідйомність, т	10	8	9	12	8	20	10	10	6
Робоча ширина захвату, м	6	4,5	7	8	12	14	12	6,5	10
Якість розподілу по робочій ширині внесення, (кофіцієнт варіації) %	26,1	18,2	9,1	13	15,5	14,5	19,3	22	11,2
Технологічний матеріал	Гній, компост	Гній, компост*	Гній, компост, пташиний, послід*	Гній, компост, пташиний, послід*	Гній, компост, пташиний, послід, дефека*	Гній, компост, пташиний, послід, дефека*	Гній, компост, пташиний, послід*	Гній, компост, пташиний, послід*	Гній, компост, пташиний, послід, дефека*

В залежності від того, які органічні добрива мають фізико-механічні властивості відбувається якісне їх розкидання по поверхні поля чи ні. Маючи якісні властивості машина повинна бути технічно справна, та працювати на відповідних режимах роботи що на пряму впливає на якість роботи машини. Незалежно від виду розкидального робочого органу всі машини для внесення органічних добрив працюють за так званим металевим принципом.

Нами було наведено графіки розкидання органічних добрив в залежності від виду розкидального робочого органу (рис. 3.7 – 3.8).

Рис. 3.7. Графік розподілу органічних добрив розкидачами закордонного виробництва (агрегати мають барабанно-шнекові розкидальні органи)

Рис. 3.8. Графік розподілу органічних добрив розкидачами закордонного виробництва (агрегати мають дискові розкидальні органи)

На рисунку 3.7. представлені графіки розподілу двох розкидачів модель Jeantil EP 2060 Erandor-2 та модель Bergmann M 700 SX (рис. 3.9), Графік розподілу розкидача органічних добрив моделі Jeantil EVR 12-8 FIRST EPAN 5 представлений на рисунку 3.8, загальний вигляд наведено на рисунку 3.10.



Рис. 3.9. Розкидачі органічних добрив з барабанно-шнековими розкидальними органами



Рис. 3.10. Розкидачі органічних добрив з дисковим розкидальним робочим органом (Jeantil EVR 12-8 FIRST EPAN 5)

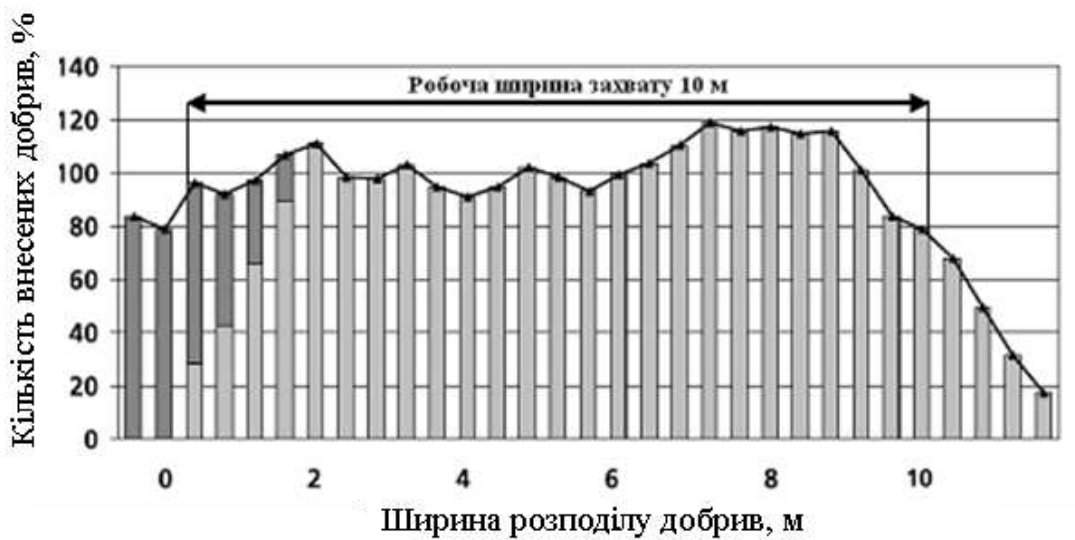


Рис. 3.11. Графік розподілу добрив по полю та загальний вигляд розкидачів.

Необхідність перекриття суміжних проходів є недоліком технологічного процесу внесення добрив. При цьому знижується потенціальна можливість ефективної продуктивності розкидача, збільшуються питомі витрати роботи і техногенне навантаження на ґрунт, виникає потреба в розробці та застосуванні пристроїв для точного водіння агрегату з оптимальним перекриттям суміжних робочих проходів у всіх без винятку розкидачах.

При відповідному перекритті, що задовольняє агротехнічні вимоги, щодо нерівномірності внесення добрив, визначають робочу ширину захвату розкидача. Величина перекриття загальної ширини захвату залежить від досконалості розподільних органів розкидачів і може коливатись в значних межах, іноді до половини загальної ширини захвату. Найменшу величину перекриття суміжних проходів має розкидач з боковим викидом, на якому встановлено роторно-лопатевий розподільний орган.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ПРИ РОБОТІ З ДОБРИВАМИ.



У сучасному сільськогосподарському виробництві активно застосовуються інтенсивні технології, високопродуктивні машини і механізми, а також спостерігається зростання рівня електрифікації та хімізації. Ці зміни супроводжуються появою додаткових небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які негативно впливають на здоров'я та безпеку працівників аграрного сектору.

Виникнення таких факторів створює додаткові складнощі у забезпеченні здорових і безпечних умов праці. Питання охорони праці в сучасних реаліях не вдається ефективно вирішувати лише шляхом застосування окремих профілактичних заходів.

Управління охороною праці на підприємстві передбачає комплекс дій посадових осіб, спрямованих на покращення або підтримання умов охорони праці на визначеному рівні з урахуванням встановлених вимог. Залежно від кількості працівників, служба охорони праці може функціонувати як окремий підрозділ або бути представлена групою спеціалістів чи одним фахівцем, включно із залученням на умовах сумісництва.

Сучасне сільськогосподарське виробництво охоплює виконання широкого спектра механізованих і ручних робіт. Особливістю цього процесу є проведення технологічних операцій самостійним агрегатом у полі, залучення сезонних працівників, пенсіонерів і підлітків без належного оформлення трудових відносин чи навчання безпечним методам роботи. Крім того, для механізованих процесів у сільській місцевості характерна відсутність захисних кожухів на обертових або рухомих робочих частинах мобільних і стаціонарних сільськогосподарських агрегатів.

Нещасні випадки і аварії можуть статися через перевтому механізатора або зниження його концентрації, що є особливо актуальним у періоди посиленої роботи під час сезонних завдань.

Під час проведення ремонтних робіт у майстернях на працівників можуть негативно впливати шкідливі виробничі фактори, такі як пи́л, шум, вібрації, токсичні хімічні речовини, недостатній рівень освітлення на робочих місцях, а також несприятливі метеорологічні умови.

Робота з добривами вимагає специфічних знань, адже їх неправильне використання здатне спричинити отруєння працівників, загибель корисних комах, тварин і птахів, а також забруднення навколишнього середовища.

Застосування добрив повинно відповідати статтям Закону України "Про добрива" та виконуватися під контролем керівника робіт з дотриманням вимог державних і галузевих стандартів, включно з ДСТУ 12.3.041-96. Для внесення розсипних добрив у ґрунт використовуються спеціалізовані машини-розкидачі.

Під час приготування сумішей та заправки машин добривами на полі необхідно дотримуватись таких вимог:

- пункти для заправляння слід розташовувати з навітряного боку відносно оброблюваного поля;
- обладнати пункти для заправляння пересувними піддонами для змішування сухих мінеральних добрив;
- забезпечити під'їзд посівних агрегатів до заправних пунктів із навітряного боку;
- залежно від типу добрив забезпечити працівників, що обслуговують заправні пункти, засобами індивідуального захисту.

Охорона праці під час роботи з розкидачами добрив передбачає використання засобів індивідуального захисту, таких як рукавички, респіратори та захисні окуляри. Рекомендується проводити роботи в безвітряну погоду, обов'язково проходити інструктаж і дотримуватись

правил безпеки при завантаженні агрегату та роботі з ним. Не менш важливо стежити за технічним станом обладнання, дотримуватись належної гігієни та правил поведінки при роботі з агрохімічними речовинами.

Перед початком роботи необхідно пройти інструктаж із безпеки щодо експлуатації розкидачів та роботи з добривами. Використовуйте засоби індивідуального захисту: одягайте рукавички, окуляри та респіратор, адже вони обов'язкові при контакті з агрохімікатами. Перевірте технічний стан обладнання, щоб уникнути несправностей. Завантаження агрегату слід виконувати лише при вимкненому валу відбору потужності трактора.

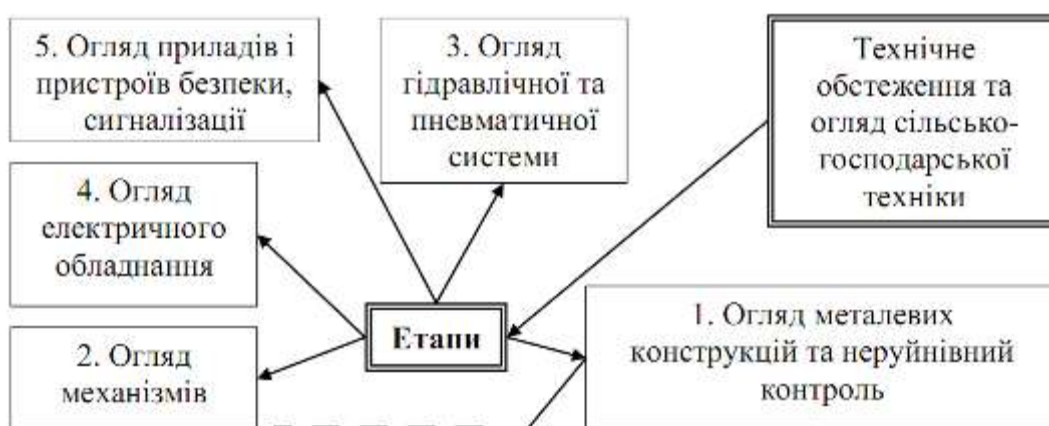


Рис. 4.1. Етапи проведення технічного огляду

Під час виконання робіт дотримуйтесь таких правил. Оберіть для роботи відповідну погоду: найкраще безвітряну або зі слабким вітром, переважно вранці або ввечері для мінімізації впливу пилу. Якщо використовуються рідкі добрива, постійно контролюйте рівень рідини в резервуарах, щоб уникнути переливу. Враховуйте безпечність розташування агрегатів: між кількома працюючими машинами має бути не менше 50 метрів. Робітники повинні перебувати на безпечній відстані від працюючого обладнання та один одного.

Під час роботи заборонено їсти, пити та курити. Дотримання цих правил є ключовим для забезпечення безпеки здоров'я та ефективності праці.

Технічне обслуговування машин здійснюється виключно у світлу пору доби. Усі операції, пов'язані з технологічним обслуговуванням, за винятком

регулювання двигуна, виконуються лише після його повної зупинки. Перед початком роботи під машиною необхідно загальмувати її, вимкнути двигун, увімкнути одну з передач і підкласти колодки-упори під колеса. Для робіт під машиною рекомендовано використовувати теплоізоляційні килимки. У разі необхідності обслуговування в піднятій позиції автомобіль повинен бути надійно закріплений за допомогою спеціальних підставок або підвісів, щоб уникнути самовільного опускання або падіння. Використання випадкових предметів для цієї мети суворо заборонено, оскільки такі засоби не відповідають технічним нормам безпеки.

Вид робіт, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Внесення мінеральних добрив (Беларус 1221 +УПТС-15)	На полі можуть знаходитись сторонні предмети (каміння, деревина) НУ ₁	Під час маневру трактор наїжджає на сторонній предмет НД	Сторонні предмети на полі потрапляють під керовані колеса НС ₁ , відбувається зміна траєкторії руху НС ₂ , викидання добрив в сторону кабіни і можливе її руйнування НС ₃ .	Травма	Поле повинно бути очищене від сторонніх предметів. Небезпечні місця повинні бути позначені вішками.
Модель процесу НУ ₁ → НД → НС ₁ → НС ₂ → НС ₃ → Т					

Рис. 4.2. Моделювання процесів, пов'язаних із формуванням та виникненням травмонебезпечних ситуацій під час виконання технологічної операції

Особливу увагу потрібно приділяти безпечній експлуатації тракторів. Робочим місцем механізатора слугує кабіна, що оснащена сидінням, органами керування та контролю. Кабіна має міцний каркас, здатний протистояти деформації у разі перекидання техніки. Сидіння обов'язково обладнується ременем безпеки, який запобігає серйозним травмам. Для

забезпечення кращої видимості в кабіні передбачена значна площа скління, а також додаткові вікна в нижній частині передньої стінки кабіни, що дають змогу контролювати точність руху коліс.

Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Навісна машина не має пристрою для її фіксування в піднятому положенні НУ ₁ . Можлива технічна несправність гідросистеми НУ ₂ .	Під час ТО с.г. машини працюючий знаходиться під машиною, піднятою гідросистемою НД ₁ .	Можливе самовільне опускання с.г. машини НС ₄	Травма	Важелі гідросистеми трактора повинні мати блокувальний пристрій для запобігання самовільному опусканню начіпної машини
Модель процесу НУ ₂ → НД ₁ → НС ₄ → Т				
Зднання трактора з машиною здійснюється ручними операціями НУ ₃ і з залученням допоміжного працівника НУ ₄	Під час агрегування працівник знаходиться між трактором і машиною НД ₂	Можливий наїзд на допоміжного працівника НС ₅	Аварія. Травма допоміжного працівника	Трактор повинен мати спеціальний пристрій для автоматичного агрегування причіпних машин
Модель процесу НУ ₃ → НД ₂ → НС ₅ → Т НУ ₄ → ↑				

Рис. 4.3. Моделювання виробничих небезпек під час виконання технологічної операції

Кабіна повинна бути оснащена торсійним сидінням з гідравлічним амортизатором, аптечкою першої допомоги, термосом для питної води, склоочисниками, притискним козирком і дзеркалом заднього виду.

Підвищеної обережності слід дотримуватись при навішуванні сільськогосподарських машин, особливо навісних, на навіски автозчеплення. Під час цього процесу рекомендується залучення допоміжного персоналу. Виконувати роботу можна лише після надійної фіксації машини на навісці.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА



Розрахунок техніко-
економічної ефективності

проводили відповідно до вимог. Під час розрахунку машинно-тракторного агрегату його продуктивності (МТА) використовували дані наведені в методичних вказівках та посібниках.

Розрахунок продуктивності агрегату, витрати палива та розрахунок економічного ефекту наведено в додатках.

Розрахунок продуктивності МТА проводили в порівнянні для 2 машинних агрегатів новітнього закордонного та нашого вдосконаленого.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції визначаємо за формулою

$$E_p = (P_6 - P_n)B_3 \quad (5.1)$$

де P_6 P_n – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і новій машинах, грн./од;

B_3 – річний обсяг наробітку новою машиною, од. наробітку.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності представлено в табл. 5.1

Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності МТА

Показники	Числові значення показників вибору	
	базового	нового
Оптова ціна, грн.:		
трактора	308 тис.	396 тис.
машини	210 тис.	220 тис.
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову	1,1	1,1
Продуктивність за годину експлуатаційного часу	14 т/год	19,5 т/год
Вартість дизельного пального,	55 грн./кг	
Питомі витрати пального, кг/т	0,457	0,40
Річне завантаження, год:		
трактора / машини	1100 / 400	1350 / 400
Норма відрахувань на ремонт,		
трактора	10%	
машини	12,5	

Результати розрахунку економічної ефективності представлено в таблиці

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Провівши аналіз господарства СТОВ «Вікторія», з'ясували що господарство має в обробітку техніку для обробітку 3592 га орної землі. Вирощують технічні, зернові та зернобобові культури. Має в достатній кількості, як енергетичні засоби так і сільськогосподарські знаряддя, які дозволяють якісно та своєчасно виконувати технологічні операції.

Нами було наведено основні способи внесення добрив, які використовуються при вирощуванні с.г. культур та їх переваги. Описані агротехнічні вимоги дозволять ефективно та якісно виконати технологічну операцію по внесенню добрив. Наведений огляд машин для внесення добрив та їх робочих органів. Проведений патентний огляд дозволив проаналізувати тенденції в розвитку машин та робочих органів для виконання поставленої технології операції.

Теоретично було обґрунтовано процес надходження органічних добрив до розкидального барабану та його розподіл по поверхні поля. Наведені формули для визначення техніко-експлуатаційних показників використання машини.

Проведені дослідження показали вплив розміру частинки на коефіцієнт парусності та вплив кутової швидкості розкидального барабану на ширину розкидання органічної фракції по полю. Наведено удосконалену модель розкидально-подрібнювального апарату серійного розкидача добрив. Агрегат, який нами було спроектовано працював при швидкості 8 км/год, рівномірність внесення органічних добрив склала 21% (по ширині внесення) та 7% по довжині.

Запропоновані вимоги до охорони праці під час роботи з добривами дозволять безпечно виконувати технологічну операцію, а наведені моделі технологічних процесів виникнення виробничих небезпек дозволять зменшити кількість нещасних випадків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрива: коли та якими способами їх вносити. Сайт <https://ropa.in.ua/>. Головна / Новини. 23.08.2023. URL: https://ropa.in.ua/news/dobriva-koli-ta-jakimi-sposobami-vnositi/?srsltid=AfmBOorb5j8SAUIYnngi8ixf4QhI1He7mV44zThrDg_LYS0xR7DjJqLF (дата звернення: 11.09.2025).
2. Ткаченко А.М. Огляд досліджень машин для внесення добрив // Матеріали XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2025. с
3. Сидякіна О., Підручна Д. Органічні добрива як запорука сталого розвитку аграрної галузі. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 6 грудня 2024 року*, Миколаїв, Україна, 6 груд. 2024. Ломжа – Миколаїв.: MANS w Łomży, 2024. С. 123–127. ISBN 978 - 83 - 68480 - 02 - 3. URL: <https://doi.org/10.58246/SREC7881>.
4. Дідур, В., В'юник, О., & Комар, А. (2023). Аналіз способів внесення добрив. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 12(1), 1 з 3. <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i1.281>
5. Войтюк Д., Мартишко В., Волянський М. 2. Машини для підготовки та внесення добрив. Сайт. <https://vukladach.pp.ua/> Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти. Сільськогосподарські машини / Електронний посібник. URL: <https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/2/2.htm> (дата звернення: 08.05.2025).
6. Розкидати гній – отримати високий урожай [Електронний ресурс] // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2015. – Режим

доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/rozkidati-gniy-otrimati-visokiy-urozhay>.

7. Вега Н. І., Кафедра Агрохімії Та Ґрунтознавства Львівського Нуп. Підвищення родючості ґрунту шляхом застосування нетрадиційних видів органічних добрив. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Головна / Новини / Рослинництво. 10.09.2022. URL: <https://agroelita.info/pidvyshchennia-rodichosti-gruntu-shliakhom-zastosuvannia-netradytsiynykh-vydiv-orhanichnykh-dobryv/> (дата звернення: 10.09.2025).

8. Калнагуз О.М. Результати лабораторних досліджень розподільного органу до розкидачів органічних добрив з боковим розсіюванням [Текст] / В.О. Кудря, О.М. Калнагуз // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідом. темат. наук. зб. НААН ННЦ «ІМЕСГ». - Глеваха, 2014. - Вип. 99. – С. 398-406.

9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: машини для приготування і внесення добрив. Харків: Око, 2002. Т. 1. Ч. 3. 352 с

10. Ткаченко А.М., Саржанов Б.О., Харченко Ф.М., Калнагуз О.М. Огляд машин для внесення добрив та їх робочих органів // Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 31-ої міжнародної науково-практичної конференції (21-23 жовтня 2025 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2025 - с 79-81.

11. Розкидач органічних добрив : пат. 45382 Україна : А01С 3/06 (2009.01). № u200905125 ; заявл. 25.05.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/fr228lcv-pub-description.pdf>

12. Розкидач органічних добрив : пат. 88754 Україна : А01С 3/06 (2009.01). № u200901541 ; заявл. 23.02.2009 ; опубл. 10.11.2009, Бюл.№ 21, 2009 р. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/as8byx89-pub-description.pdf>

13. Розкидач органічних добрив : пат. 42332 Україна : А01С 3/00. № u200901825 ; заявл. 02.03.2009 ; опубл. 25.06.2009, Бюл.№ 12, 2009 р.. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/uy43t3sq-pub-description.pdf>

14. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.С. Головченко, О.М.Калнагуз, Ю.В. Сіренко; За редакцією С. С. Яцуна. – Суми.: СНАУ, 2011. – 143 с.

15. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл. ISBN 966-7947-06-8 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://lib.dsau.dp.ua/pub/mexaniko_tehnologichni_vlastivosti_s_g_mat.pdf

16. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс за ред. І.М. Бендери / [І.М. Бендера, В.П. Грубий, П.І. Роздорожнюк та ін.]. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. – 576 с.

17. Машина для розкидання органічних добрив з куп : пат. 42332 Україна : А01С 3/06 (2006.01); А01С 3/08 (2006.01). № а 2012 04321 ; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 11.02.2013, Бюл.№ 3, 2013 р.. <https://iprop-ua.com/inv/pdf/knfcim9b-pub-description.pdf>

18. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 22.08.2024. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/30441-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html> (дата звернення: 06.04.2025).

19. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Сайт "Агрономія сьогодні". <https://agronomy.com.ua/>. Агрономічний довідник для фермерів та агрономів/статті. 29.04.2024. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/2432-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html> (дата звернення: 14.02.2025).

20. Думич В., Куліш О., Львівська Філія Укрндіпвт Ім. Л. Погорілого. Елементи машин для органіки. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 07.02.2018. URL: <https://agro-business.com.ua/>

business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9380-elementy-mashyn-dlia-orhaniky.html (дата звернення: 03.09.2025).

21. Машина для внесення органічних добрив. Сайт <https://alfatech.com.ua/>. Головна / Новини / Машина для внесення органічних добрив. 20.05.2025. URL: <https://alfatech.com.ua/news/mashyny-dlya-vnesennya-orhanichnykh-dobryv> (дата звернення: 10.09.2025).

22. Журавський А. О. Удосконалення технологічного процесу внесення органічних добрив з модернізацією розкидача : кваліфікаційна робота : спец. 208 «Агроінженерія» / Поліський нац. ун-т, каф. агроінженерії та технічного сервісу ; наук. кер. Заєць М. Л. – Житомир, 2023. – 33 с.

23. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Особливості роботи машин для внесення твердих органічних добрив // Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 р.). Національний університет природокористування України. Київ. 2024. С. 155-158.

24. Кудря В.О. Обґрунтування параметрів робочого органу роторно-лопатевого типу навісного модуля до розкидачів органічних добрив.- Дисертація канд. техн. наук: 05.05.11, Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва" (ННЦ "ІМЕСГ"). - Глеваха, 2015.- 240 с.

25. Бойко І. Розкидачі органічних добрив: ефективність, види та особливості використання. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт <https://agroelita.info/>. Головна / Новини / Техніка /. 22.12.2024. URL: <https://agroelita.info/rozkydachi-orhanichnykh-dobryv-efektyvnist-vydy-ta-osoblyvosti-vykorystannia/> (дата звернення: 06.04.2025).

26. Розкидач органічних добрив : пат. 73196 Україна : А01С 3/06 (2006.01) № u 2012 03915 ; заявл. 30.03.2012 ; опубл. 10.09.2012, Бюл.№ 17.. <https://ipro-pua.com/inv/pdf/wyb816q5-pub-description.pdf>

27. Li, Bowei & Zhang, Congming & Qian, Yanjun. (2024). The application of organic fertilizers and farmers' income increase. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 39. 10.1017/S1742170524000176.

28. Yu, Dandan & Miao, Qingfeng & Shi, Haibin & Feng, Zhuangzhuang & Feng, Weiyang. (2024). Effects of Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizers on Physical and Chemical Properties in Saline–Alkali Soil. *Agronomy*. 14. 2236. 10.3390/agronomy14102236.

29. Pameena, T & Priyatharshini, Pinthujan & Anchanadevi, S. (2024). EFFECTS OF DIFFERENT ORGANIC FERTILIZERS APPLICATIONS ON GROWTH AND YIELD OF TOMATO (*Solanum lycopersicum*).

30. Adamchuk, V. & Pogorilyy, S. & Prysyzhnyi, V.. (2023). Efficiency of using technical equipment in the application of organic fertilizers. *MECHANICS and AUTOMATICS of AGROINDUSTRIAL PRODUCTION*. 38-43. 10.37204/2786-7765-2023-2-4.

31. Патент 143576 України на корисну модель. МПК А01С 3/06 Відокремлювально-подрібнювальний барабан розкидача органічних добрив / Кудря В.О.(UA); Довжик М. Я. (UA); Калнагуз О. М. (UA); Горовий М.В. - u201911003; заяв. 08.11.2019; опубл. 10.08.2020, бюл. № 15/2020

32. Кудря В. О. Обґрунтування параметрів робочого органу роторно-лопатевого типу навісного модуля до розкидувача органічних добрив: автореф. дис... канд. техн. наук. 05.05.11. Глеваха. 2015. 18 с.

32. Bernik, R. & Benedičič, Janez & Duhovnik, Joze. (2003). Conceptual Design Of A Stable-Manure Spreader Using A Mathematical Model. *Strojnski Vestnik*. 49. 538-548.

33. Охорона праці в галузях сільського господарства: Навч. Посіб./І.П. Осадчук, М.М. Сакун, П.І. Осадчук, Т.В. Столярова: Одеськ.держ.аграр.ун./Каф.безпеки. – Одеса: «Видавництво Барбашин», 2007. – 480 с.

34. Основи охорони праці / [В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін.]; за ред.В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2005. – 480 с.

35. Охорона праці [З.М. Яремко, С.В. Тимошук, С.В. Писаревська та ін.]; за ред. З.М. Яремка. –Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 430 с.

36. Методичні вказівки щодо економічного обґрунтування інженерно-технічних рішень в дипломних проектах. Частина 1. Альтернативні технологічні рішення □ В.О. Прасол, О.М. Калнагуз – Суми: СНАУ, 2011. – 21с.

37. Методичні вказівки щодо економічного обґрунтування інженерно-технічних рішень в дипломних проектах. Частина 2. Впровадження енергозберігаючих технологій при вирощуванні с.-г. культур □ В.О. Прасол, О.М. Калнагуз – Суми: СНАУ, 2011. – 39с.

ДОДАТКИ