

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту  
“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025р.  
Зав. кафедри к.т.н., доцент  
(науковий ступінь, вчене звання)  
А.В. Войтік  
(підпис) (ініціали, прізвище)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)**  
перший (бакалаврський)  
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Комплексна механізація для вирощування озимої пшениці з  
удосконаленням розкидача мінеральних добрив»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-3-ім  
освітньої програми бакалавра  
спеціальності 208 «Агроінженерія»  
Нечитайло В.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік





## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                     | 5  |
| РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ<br>ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....                                                     | 8  |
| 1.1 Існуюча технологія та система машин з обробітку та збирання озимої<br>пшениці                                                              | 8  |
| 1.2 Досягнення науки та передових технологій при вирощуванні озимої пшениці                                                                    | 11 |
| 1.3 Обґрунтування комплексу агротехнічних, технологічних та організаційних<br>заходів щодо перспективних технології вирощування озимої пшениці | 12 |
| Висновок за розділом                                                                                                                           | 17 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ                                                                                            | 18 |
| Висновок за розділом                                                                                                                           | 30 |
| РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ<br>ДОБРИВ .....                                                                        | 31 |
| 3.1 Огляд існуючих розкидальних дисків                                                                                                         | 31 |
| 3.2 Запропоноване удосконалення                                                                                                                | 32 |
| Висновок за розділом                                                                                                                           | 33 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                                                  | 34 |
| 4.1 Небезпечні фактори при використанні мінеральних добрив                                                                                     | 34 |
| 4.2 Основні шляхи профілактики отруєнь пестицидами і мінеральними<br>добривами                                                                 | 34 |
| Висновок за розділом                                                                                                                           | 38 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА<br>МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ .....                                                         | 39 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....                                                                                                                         | 41 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                | 42 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                                   | 42 |

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Сучасне сільське господарство може досягати високої ефективності лише за умови впровадження інтенсивних технологій та використання сучасних засобів механізації. Основним завданням підприємств аграрної сфери залишається виробництво сільськогосподарської продукції з метою забезпечення продовольчої безпеки України. Ці підприємства є складовою частиною агропромислового комплексу, до якого входять не лише безпосередні виробники, а й постачальники матеріально-технічних ресурсів і переробні галузі.

Однією з ключових умов отримання високих врожаїв є забезпечення культур достатнім водопостачанням. Для цього необхідно зменшити втрати вологи через поверхневе випаровування і стік, а також підвищити водоутримувальні властивості ґрунту шляхом збагачення його органічними речовинами. Ефективним методом досягнення цього є своєчасний обробіток ґрунту після збирання попередника. У технологічному процесі широко застосовуються ротаційні борони, чизельні культиватори, дискові агрегати, а також роторні культиватори, хоча останні є більш енергоємними та затратними.

Обробіток ґрунту відіграє вирішальну роль у формуванні врожайності сільськогосподарських культур. Його якість безпосередньо впливає на продуктивність, водночас цей процес є одним з найтрудомісткіших та енерговитратних у рослинництві: на нього припадає близько 40 % енергоспоживання та понад 25 % трудових витрат. Аналіз структури цих витрат свідчить про наявність значного потенціалу для їх зменшення.

Сучасні виклики, зокрема низькі ціни на сільгосппродукцію, аграрно-політичні умови та зростаюча міжнародна конкуренція, вимагають від аграріїв підвищення економічної ефективності. У довгостроковій перспективі

рентабельність аграрних підприємств може бути забезпечена лише за рахунок отримання високих урожаїв при одночасному зниженні витрат.

Одним із дієвих шляхів оптимізації витрат є зменшення інтенсивності обробітку ґрунту. У контексті глобального зростання споживання енергії цей напрям є вкрай актуальним. Наприклад, при оранці одного гектара плугом необхідно підняти, перевернути і подрібнити близько 6 тисяч тонн ґрунту. Зі збільшенням глибини обробітку зростають потреби в тязі, витрати палива і втрачається цінний робочий час у вегетаційний період.

## РОЗДІЛ 1

### ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

#### 1.1. Існуюча технологія та система машин з обробітку та збирання озимої пшениці

##### *Значення мінеральних добрив у вирощуванні озимої пшениці*

Мінеральні добрива є ключовим фактором підвищення урожайності та якості сільськогосподарської продукції. Їхнє правильне використання покращує родючість ґрунту, сприяє збереженню позитивного балансу біогенних елементів і гумусу. Близько 50% загального врожаю забезпечується завдяки мінеральним добривам. Для досягнення стабільного росту і розвитку культур важливо постійно забезпечувати рослини поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду. Оскільки природного вмісту поживних елементів у ґрунті часто недостатньо, добрива вносять у декілька етапів різними способами.

##### *Особливості ґрунтів і технологія вирощування*

На території області переважають дерново-підзолисті ґрунти на моренних суглинках і пісках, де вирощують озиму пшеницю. Пшеницю зазвичай сіють після конюшини, кукурудзи, багаторічних трав або озимого ріпаку. Обробіток ґрунту залежить від попередника: після конюшини проводять оранку плугом ППП-7-40, далі – вирівнювання дисковою бороною БДТ-3. При дернині – застосування важкої дискової борони, а також агрегатів АКШ-6 і АКШ-7,2.

Передпосівна підготовка поля передбачає розпушення ґрунту до дрібногрудкуватого стану (1–5 см), вирівнювання і дотримання точності глибини  $\pm 1$  см. Луцання стерні проводиться БДТ-7. Такі заходи знижують втрати вологи і забезпечують якісний посів.

##### *Добриво та захист посівів*

Основне живлення:

- фосфорні — 99 кг/га

- калійні — 116 кг/га
- азотні — 52 кг/га

Посів проводять сортами з високим потенціалом урожайності ("Легенда", "Сюїта", "Кобра", "Копилянка"). Норма висіву – 0,21 т/га, глибина загортання – 4–5 см, міжряддя – 15 см. Використовується техніка FENDT-936 + Horsch Pronto.

#### *Система догляду та підживлення*

1. Через 7 днів після посіву — хімпрополка "Марафон".
2. Перше підживлення — ранньою весною (фаза кущіння), УЕСМ "Роса".
3. Через місяць — обробка проти вилягання (Dammann DT 2000 H):
  - Хлормекват-Хлорид — 1,2 кг/га
  - Акварін — 2 кг/га
  - Феразим — 0,6 кг/га
  - Купорос мідний — 0,2 кг/га
  - Марганець сірчаноокислий — 0,23 кг/га
4. Друге підживлення (вихід в трубку): Карбомід — 100 кг/га (МТЗ-80 + Bogballe).
5. Через 10 днів — 1-ша фунгіцидна обробка (Dammann DT 2000 H):
  - Фолікур — 1 кг/га
  - Фастак — 0,1 кг/га
  - Купорос мідний — 0,2 кг/га
  - Марганець сірчаноокислий — 0,23 кг/га
6. Через 20 днів — 2-га фунгіцидна обробка Фалькон — 0,5 кг/га (Dammann DT 2000 H).
7. Третє підживлення — 20 червня, Карбомід — 70 кг/га (Беларус-820 + Bogballe).
8. Перед збиранням — дефоліація Раундал — 3 кг/га (Беларус-820 + ОП-2000).

### *Збирання врожаю*

Озима пшениця збирається однофазним способом — прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості при вологості зерна 16–20% (комбайн КЗС-1218).

## **1.2. Досягнення науки та передових технологій при вирощуванні озимої пшениці.**

### *Різноманіття пшениці та її значення в аграрному виробництві*

Пшениця представлена 22 видами, які класифікуються за хромосомним набором у соматичних клітинах на п'ять груп. Найбільший практичний інтерес становлять три з них:

1. *Диплоїдна група ( $2n=14$ )* – включає 4 види. Найбільш відомий представник – *Triticum monosocum* (однозернянка плівчаста).

2. *Тетраплоїдна група ( $2n=28$ )* – налічує 11 видів. Основні представники – *Triticum durum* (тверда пшениця) і *Triticum turgidum* (тургідна пшениця).

3. *Гексаплоїдна група ( $2n=42$ )* – представлена *Triticum aestivum* (м'яка пшениця), яка є основою більшості сортів озимої та ярої пшениці, вирощуваних у світі. Цей вид характеризується високою адаптивністю, стабільною врожайністю та якісним зерном.

В умовах України сорти озимої м'якої пшениці демонструють урожайність 6,0–7,0 т/га високоякісного зерна, а сучасні селекційні програми мають на меті досягти 8,5–9,0 т/га.

### *Господарське значення озимої пшениці*

Зерно озимої пшениці перевершує інші зернові культури за поживною цінністю та засвоюваністю. Воно використовується:

- для виробництва борошна (основа хлібопечення),
- одержання крохмалю та спирту.

Солому пшениці застосовують:

- як грубий корм і підстилку для тварин,

- у виробництві паперу, матів, кошиків, капелюхів,
- як будівельний матеріал.

#### *Досягнення української селекції*

Видатний селекціонер І.К. Коптик зробив вагомий внесок у розвиток сортів озимої пшениці. Ним створено сорти:

- *Березина, Надзея, Сузір'я, Пошук, Копилянка* — поширені в агровиробництві України.

У межах державної науково-технічної програми "Зерно" було створено та передано на випробування високопродуктивні сорти продовольчого призначення:

- *Гармонія, Коровай, Гродненська 23, Гродненська 7, Веда-Заариця, Аріна.*

Ряд із них (*Гармонія, Коровай, Веда, Гродненська 23, Гродненська 7, Легенда, Билина*) вже районовані та активно впроваджуються в аграрне виробництво.

### **1.3. Обґрунтування комплексу агротехнічних, технологічних та організаційних заходів щодо перспективних технології вирощування озимої пшениці.**

#### *Підсумок щодо технології вирощування озимої пшениці та прогнозування врожайності*

Підсумовуючи використану технологію вирощування озимої пшениці, слід зазначити, що всі агротехнічні заходи виконуються своєчасно, а техніка функціонує надійно, що безпосередньо впливає на досягнення запланованих показників урожайності. Для сівби використовується сучасна сівалка *Horsch Pronto*, яка підвищує якість посіву, скорочує трудові витрати, пришвидшує процес і дозволяє застосовувати новітні високопродуктивні сорти насіння.

Збирання врожаю здійснюється комбайнами *K3C-1218*, що забезпечує оперативне виконання робіт у межах оптимальних агротехнічних термінів.

Транспортування зернової маси виконується автомобілями *МАЗ-555142*, що завдяки механізованому розвантаженню підвищує ефективність перевезень.

### *Прогноз урожайності*

Урожайність культур на ґрунтах із різним механічним складом визначається рівнем їх ефективної родючості, кількістю внесених добрив та якістю застосованих агротехнічних заходів. Основу для прогнозу врожайності становлять бали бонітету, що враховують як агротехнічний стан ділянки, так і кліматичні умови регіону. Прогнозований урожай ( $У_{\text{п}}$ ) визначається як сума базової продуктивності ґрунту та очікуваного приросту врожайності внаслідок внесення мінеральних і органічних добрив за відповідною формулою:

$$У_{\text{п}} = \frac{(B_{\text{м}} \cdot Ц_{\text{б}} \cdot K) + (D_{\text{м.у}} \cdot O_{\text{м.у}}) + (D_{\text{о.у}} \cdot O_{\text{о.у}})}{100}$$

де  $B_{\text{м}}$  – бал угіддя після проведення меліорації та освоєння;

$Ц_{\text{б}}$  – ціна бала, кг/га продукції;

$K$  – поправочний коефіцієнт до ціни бала;  $K = 0,92$ .

$D_{\text{м.д.}}$  – доза мінеральних добрив у діючій речовині, кг/га;

$O_{\text{м.д.}}$  – оплата мінеральних добрив приростом урожаю, кг на 1 кг NPK;

$D_{\text{о.д.}}$  – доза органічних добрив, т/га;

$O_{\text{о.д.}}$  – оплата органічних добрив урожаєм, кг на 1 т;

100 – коефіцієнт переведення кілограмів у центнери продукції.

Урожайна ціна бала – це кількість продукції, яку можна отримати з 1 бала родючості ґрунту. В Україні при плануванні продуктивності земель прийнято такі орієнтовні значення ціни бала: для зернових культур – 21–36 кг/бал, картоплі – 150–248 кг/бал, кукурудзи – 114–166 кг/бал, однорічних трав – 159–243 кг/бал.

Після обчислення проектного врожаю на основі природної родючості ґрунту, додатково розраховують прибавку врожайності за рахунок внесення мінеральних та органічних добрив. Норми внесення мінеральних добрив визначаються відповідно до технологічних карт. Показник окупності добрив

відображає приріст урожаю з 1 кг діючої речовини мінерального добрива або з 1 тонни органічного добрива.

Згідно з оціночною шкалою, скоригованою з урахуванням агротехнологічного стану, окультуреності земель і кліматичних факторів, середній бал родючості ґрунту становить 28. Ціна бала для озимого тритикале визначена на рівні 48 кг зерна. Заплановано внесення 220 кг діючої речовини мінеральних добрив, ефективність яких оцінюється приростом урожайності в 7,8 кг зерна на 1 кг добрива. Крім того, передбачено внесення 25 т/га органічних добрив, кожна тонна яких забезпечує прибавку 23 кг зерна.

Таким чином, проектний рівень урожайності (ц/га) озимої тритикале становитиме:

$$y_{\text{п}} = \frac{(28 \cdot 48 \cdot 0,92) + (220 \cdot 7,8) + (25 \cdot 23)}{100} = 40 \text{ ц/га}$$

#### *Розробка інтенсивної технології вирощування та збирання озимої пшениці*

Для створення технологічної карти вирощування озимої пшениці насамперед враховують такі вихідні дані: особливості застосування сільськогосподарської техніки в господарстві, попередню культуру, строки та норми внесення добрив, засоби хімічного захисту рослин, заплановану врожайність і відстань перевезення продукції.

На основі цієї інформації складається зведена таблиця технологічних операцій у хронологічному порядку — від січня до грудня. До неї вносять усі агротехнічні заходи, включно зі стаціонарними, навантажувально-розвантажувальними, транспортними роботами та обслуговуванням тваринницьких об'єктів, які виконує машинно-тракторний парк.

Якщо однакові за назвою операції мають різні агротехнічні характеристики, їх слід розглядати окремо. Такі операції потрібно включити до переліку з уточненням в назві, наприклад: "Ранньовесняна культивация (10–12 см) з боронуванням", "Передпосівна культивация (8–10 см) з боронуванням" тощо.

Обсяг робіт за кожною операцією визначають, виходячи з площі посіву, норм витрати насіння й добрив, кількості продукції, що збирається, а також з урахуванням логістичних факторів.

Строки виконання операцій встановлюються на основі багаторічного досвіду вирощування озимої пшениці в конкретному господарстві. Вчасне і якісне проведення технологічних процесів має вирішальне значення для забезпечення високої врожайності. Роботи розпочинають у ті строки, коли стан ґрунту чи посівів є найбільш сприятливим для виконання операції з максимальною якістю.

Початок робіт у господарстві визначає агроном з урахуванням фактичного стану ґрунту. Кількість днів для виконання робіт не повинна перевищувати агрономічно допустимих термінів, рекомендованих науковими установами для даного регіону.

Кількість робочих днів фактичних (гр. 11) можна визначити за формулою:

$$D_p = D_k K_{\text{тг}} K_{\text{им}}, \quad (1.2)$$

де  $D_k$  – календарний агротермін днів;

$K_{\text{тг}}$  – коефіцієнт технічної готовності агрегату;

$K_{\text{им}}$  – коефіцієнт використання часу за метеоумовами.

При  $K_{\text{им}} \leq 0,8$   $K_{\text{тг}} = 1,0$ , а при  $K_{\text{им}} > 0,8$   $K_{\text{тг}} = 0,95$

З іншого боку  $D_p = D_p^{\text{опт}}$ , где  $D_p^{\text{опт}}$  – оптимальний термін роботи за рекомендаціями вчених і виробничого досвіду роботи.

Режим робочого дня визначається відповідно до внутрішнього розпорядку господарства. У сільськогосподарському виробництві стандартна тривалість зміни становить 7 годин, а під час роботи з агрохімікатами — не більше 6 годин. Тривалість зміни може варіюватися залежно від виду виконуваних операцій та умов праці, зокрема передбачено можливість роботи в темну пору доби для проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту. Водночас такі процеси, як посів, догляд за культурами, внесення добрив і збирання врожаю, плануються в межах світлового дня.

Для допоміжних агрегатів (заправники, навантажувачі, транспортні засоби) тривалість зміни узгоджується з робочим днем основних механізованих агрегатів.

При формуванні складу агрегатів враховуються машини з найвищою продуктивністю, які забезпечують якісне виконання робіт, водночас зменшуючи витрати праці й коштів. Чисельність механізаторів і допоміжного персоналу визначається згідно з встановленими нормативами.

У випадку, коли одну операцію виконують кілька агрегатів різного типу, обсяг робіт фіксується окремо для кожного з них. Загальна сума обсягів має відповідати загальному обсягу технологічної операції.

Продуктивність агрегату в зміну та витрати пального на одиницю площі або обсягу беруться з господарських нормативів.

*Приклад розрахунку складу агрегату:*

Для агрегату МТЗ-80 у комплекті з МВУ-5 продуктивність за зміну становить 220 тонн, а витрата пального — 1,07 кг на гектар. Обслуговує агрегат один тракторист. Запланована тривалість виконання операції — 2 робочі дні.

Число нормозмін на виконання заданої роботи:

$$N_{\text{см}} = U_{\text{ф}} / W_{\text{смн}} , \quad (1.3)$$

Де  $U_{\text{ф}}$  – обсяг робіт на агрегат даного типу, га, т, ткм (гр. 5).

$$N_{\text{см}} = 220 / 74,9 = 2,9$$

Потребувана кількість агрегатів:

$$n_{\text{а}} = U_{\text{ф}} / (D_{\text{р}}^{\text{опт}} W_{\text{см}} K_{\text{см}}), \quad (1.4)$$

де  $K_{\text{см}} = T_{\text{сут}} / T = T_{\text{сут}} / 7$  – коефіцієнт змінності;

$T_{\text{сут}}$  – число годин роботи МТА на добу, год;

$$T_{\text{сутф}} = 7 U_{\text{ф}} / n_{\text{ф}} D_{\text{р}} W_{\text{см}} , \text{ год} \quad (1.5)$$

$$n = 220 / (2 \cdot 74,9 \cdot 1) = 2,7 \text{ приймаємо} = 3$$

Отримане число округляємо до найближчого більшого цілого числа  $n=3$

Необхідне число механізаторів і допоміжних робітників за роботами розраховуємо за формулами:

$$\sum m = n_{\text{аф}} m \quad (1.6)$$

$$\sum n = n_{\text{аф}} n, \quad (1.7)$$

де  $m$ ,  $n$  – кількість механізаторів і допоміжних робітників, які обслуговують агрегат, чол.

Витрату палива (кг) на весь обсяг робіт, визначаємо як добуток питомої витрати палива на обсяг роботи зведеної відомості:

$$Q = \theta U_{\text{ф}}, \quad (1.8)$$

де  $\theta$  – витрата палива на одиницю роботи, кг/га (т, ткм).

$$Q = 1,07 \cdot 220 = 235,4 \text{ кг}$$

Витрати праці (год) визначаємо на весь обсяг роботи за кожною операцією окремо для механізаторів і допоміжних робітників :

$$З_{\text{м}} = 7 N_{\text{см}} m, \quad (1.9)$$

$$З_{\text{в}} = 7 N_{\text{см}} n, \quad (1.10)$$

де  $m$ ,  $n$  – кількість нормозмін механізаторів і допоміжних працівників.

$$З_{\text{м}} = 2,9 \cdot 7 = 20,6 \text{ час.}$$

Заробітна плата розраховується за формулою:

$$З_{\text{пл}} = З_{\text{см}} N_{\text{н.см}}, \quad (1.11)$$

де  $З_{\text{см}}$  - оплата праці за змінну норму виробітку;

$N_{\text{н.см}}$  - кількість нормозмін.

$$З_{\text{пл}} = 24822 \cdot 2,9 = 72908 \text{ грн.}$$

## Висновки по розділу

В першому розділ кваліфікаційної роботи розроблена перспективна технологія та підібрано комплекс машин для вирощування озимої пшениці.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТНО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги

Мінеральні добрива випускаються у вигляді порошку або гранул, розмір яких коливається від 1 до 5 мм. Їхні фізико-механічні характеристики значною мірою залежать від рівня вологості. Зі зміною вмісту води змінюється і сипучість добрив — властивість, за якої частинки вільно переміщуються, не злипаються, а утримуються лише силами тертя. Більшість мінеральних добрив мають низьку сипучість.

*Розсіяність* — здатність добрив проходити через вузькі отвори висівних апаратів — залежить від вологості та сипучості. Гранульовані добрива демонструють кращу розсіяність у порівнянні з порошкоподібними.

*Злежуваність* описує схильність гранул або зерен злипатися в монолітну масу. Цей показник залежить від рівня вологості, температури, висоти шару добрив та умов їх зберігання.

Агротехнічні вимоги до зберігання та підготовки:

1. Добрива зберігаються в буртах висотою до 3 м, які розділяють щитами або стінками. Добрива в мішках укладають у штабелі висотою 10–20 рядів, враховуючи їхні фізико-механічні властивості.

2. Злежані добрива перед змішуванням або внесенням подрібнюють і просіюють. Середній розмір часток має становити 1–3 мм, великі фракції не повинні перевищувати 5 мм, а часток менше 1 мм має бути не більше 5%.

3. Для змішування добрив враховують їхні фізико-хімічні властивості, використовуючи спеціальні таблиці. Перед змішуванням здійснюється аналіз компонентів на вміст елементів живлення та води. Відхилення від заданого співвідношення не повинні перевищувати 10% для елементів і 25% — для води.

4. Норми внесення добрив визначаються відповідно до запланованого врожаю зернових культур.

5. Недопустимими є необроблені ділянки, похибки з'єднання проходів агрегатів, а також втрати добрив під час транспортування або на полі.

6. Час між розкиданням добрив по поверхні й їх закладенням у ґрунт не повинен перевищувати 12 годин.

## **2.2 Організація і технологія внесення добрив**

Вибір схеми внесення залежить від наявності техніки, відстані до поля, обсягу внесення та інших умов. Застосовують три основні схеми: прямоточну, перевантажувальну і перевалочну.

*Прямоточна схема:* добрива транспортуються безпосередньо зі складу на поле машиною для внесення. Це економічно доцільно на малих відстанях.

*Перевантажувальна схема:* добрива переміщуються у послідовності: склад → перевізник → перевантажувач → розкидач → поле. Така схема дозволяє підвищити продуктивність агрегату, оскільки основна машина зайнята лише внесенням.

*Перевалочна схема:* передбачає проміжну перевантажувальну площадку — склад → автосамоскид → перевалочний пункт → машина для внесення → поле. Це дозволяє доставити добрива заздалегідь, що особливо важливо для вапнякових матеріалів, які вносяться у великих дозах.

Для мінеральних добрив найчастіше застосовують прямоточну та перевалочну схеми, оскільки вони економічніші та забезпечують повну механізацію.

## **2.3 Розрахунок операцій з внесення мінеральних добрив**

У господарстві для розкидання добрив використовується агрегат МБУ-5 у комплекті з трактором МТЗ-80. Оскільки ця техніка виконує як транспортування, так і розкидання, необхідно провести розрахунки її роботи в обох режимах — транспортному та робочому.

Розрахунок операцій внесення мінеральних добрив проведений за стандартною методикою представлений в (Додаток А).

## 2.4. Огляд існуючих розкидних дисків

Залежно від принципу дії, туковисівні машини поділяються на дві основні групи: сівалки з тарілчастими туко-розподільниками та розкидачі, що працюють за відцентровим принципом.

Актуальні наукові дослідження зосереджені на покращенні якісних характеристик дискових розкидачів мінеральних добрив. Значний внесок у цю галузь зробили такі вчені, як В.П. Горячкін, П.М. Василенко, П.В. Сисолін, Л.В. Погорєлов, П.В. Савич, В.В. Адамчук та інші. Вони проаналізували роботу різних типів розкидачів, порівнявши їхні конструктивні особливості та принципи дії.

У ході досліджень були розглянуті п'ять моделей іноземного виробництва: *Amazone ZA-M*, *Bogballe M3W*, *Rauch AXIS 30.1*, *KUHN MDS 1141*, *Kverneland EDW 1500*.

Усі вони мають можливість регулювання норми внесення добрив за шириною, з урахуванням типу добрива та швидкості руху машини. Конструктивною особливістю цих розкидачів є наявність дисків із лопатками, довжина та кут розміщення яких відносно радіуса диска можуть змінюватися.

Вітчизняні моделі, такі як РУМ-5, МВУ-5, 1-РМГ-4, оснащені дисковими розкидачами, що складаються з двох горизонтально встановлених дисків із радіально розміщеними лопатками.

Питання руху частинок по обертовій шорсткій поверхні досліджували багато вчених. Найбільш ґрунтовно воно розглянуте в роботі П.М. Василенка, де на основі диференціальних рівнянь руху частинки було запропоновано модель логарифмічної спіралі як її траєкторії. Це дозволило отримати аналітичні вирази для обчислення швидкості та часу руху частки по заданій траєкторії.

При попаданні добрив на диск, вони розкидаються в сторони під дією відцентрової сили, досягаючи відстані приблизно 6 метрів. Основним недоліком таких пристроїв є обмежена можливість регулювання ширини захвату і рівномірності внесення.

Ключовими параметрами, що впливають на робочі характеристики розкидача (зокрема, на ширину захвату та рівномірність розподілу), є частота обертання та діаметр диска. Частоту можна регулювати, на відміну від діаметра, який залишається фіксованим.

## 2.5. Запропоноване удосконалення конструкції

У вдосконаленому варіанті конструкції розкидача МВУ-5 (рис. 2.1-2.2) пропонується встановлення робочих органів з поворотними лопатками, здатними змінювати своє положення на кут до  $90^\circ$ . Конструкція включає диск, насаджений на вал, до якого за допомогою гвинтових механізмів прикріплені дві лопатки.



Рис. 2.1 -Удосконалення на робочого органу розкидача мінеральних добрив МВУ-5 (вид з боку)



Рис. 2.2 -Удосконалення на робочого органу розкидача мінеральних добрив МБУ-5 (вид заду)

На лопатках встановлюються подовжувачі, що дозволяють збільшити робочу ширину захвату до 30 метрів. Основна ідея вдосконалення полягає у створенні такого робочого органу, який забезпечує зміну ширини захвату агрегату безпосередньо в процесі внесення мінеральних добрив.

Розрахунок конструктивних і кінематичних параметрів нового робочого органу, а також аналіз дальності розкидання частинок, було виконано на основі теоретичних і експериментальних даних (Додаток Б).

### **Висновки за 2 розділом**

Внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю з використанням удосконаленого розкидача МБУ-5

Для підживлення озимої пшениці мінеральними добривами запропоновано використання розкидача МБУ-5, оснащеного модернізованими розкидними дисками. Застосовується прямоточна технологічна схема, за якої машина виконує як транспортування, так і безпосереднє внесення добрив у поле.

За результатами проведених досліджень, основні техніко-економічні показники внесення добрив розкидачем МБУ-5 становлять:

- Продуктивність агрегату – 44,28 га за зміну,
- Витрата палива – 1,17 кг/га,
- Трудовитрати – 0,15 люд.-год/га,
- Прямі експлуатаційні витрати – 35,4 грн/га,
- Приведені витрати – 47,27 грн/га.

Для підвищення якості внесення добрив запропоновано конструктивне вдосконалення – нові диски з рухомими лопатками, що дозволяє забезпечити кращу рівномірність розподілу речовини та гнучке регулювання норми внесення. Це досягається за рахунок збільшеного перекриття між суміжними проходами агрегату.

У ході дослідження були розраховані основні конструктивні та технологічні параметри удосконалених дисків:

Радіус обертання крайньої точки лопатки регулюється в діапазоні 0,239–0,335 м;

Кут відхилення лопатки відносно радіального положення – від  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ ;

Дальність розкидання добрив змінюється в межах 15–30 м, залежно від положення лопаток.

Запропоноване рішення дозволяє адаптувати ширину захвату відповідно до умов експлуатації, підвищуючи ефективність та точність внесення добрив.

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 3.1. Загальні положення охорони праці в рослинництві

Охорона праці в Україні є ключовим напрямом державної політики, оскільки в кожній країні приділяється значна увага забезпеченню безпеки, збереженню здоров'я та життя працівників. Зокрема, питання охорони праці механізаторів у процесі механізованого вирощування кукурудзи на силос набуває особливої актуальності.

З розвитком технічного оснащення, підвищенням енергоозброєності та рівня механізації зростають вимоги до машин, організації виробничих процесів та дотримання правил техніки безпеки. Працівники повинні неухильно дотримуватись норм виробничої санітарії, використовувати засоби індивідуального захисту та бути обізнаними з вимогами експлуатації сучасної високопродуктивної техніки.

Основною метою охорони праці при механізації вирощування кукурудзи на силос є оперативне усунення несправностей техніки та створення безпечних умов праці на робочих місцях.

Перед початком роботи агрегати мають бути повністю справними: всі ключові вузли машинно-тракторного комплексу повинні бути налаштовані, змащені та підготовлені до експлуатації. Трактор і причіпне обладнання мають бути оснащені двосторонньою аварійною сигналізацією, вогнегасником, мітлою, лопатою, набором інструментів і аптечкою для надання першої допомоги.

#### 3.2. Охорона праці при роботі на машино-тракторному агрегаті

*Вимоги безпеки перед початком роботи:*

- Привести у належний стан спецодяг: застібнути манжети рукавів, заправити одяг без утворення звисаючих елементів, надіти щільно прилеглий головний убір, прибрати волосся під нього.

- Оглянути кабіну: прибрати сторонні предмети з підлоги, очистити прилади та інтер'єр від пилу, бруду й мастила.

- Перед запуском двигуна встановити важіль коробки передач у нейтральне положення.

- Перевірити роботу двигуна, сигналізаційних систем, освітлення, гідравліки, а також справність сільськогосподарських машин, з'єднаних із трактором.

- Під час зчіпки/навішування агрегатів працювати на малих обертах, без ривків, із ногою на педалі зчеплення, уважно слідкувати за діями оператора зчіпки.

- Усі технічні операції проводити лише при вимкненому двигуні.

*Вимоги безпеки під час роботи:*

- Перед початком руху переконатися у відсутності людей під агрегатом, поруч або попереду.

- Подати звуковий сигнал перед рушенням.

- Під час роботи стежити за технічним станом агрегату. У разі появи сторонніх шумів або збоїв — негайно зупинити агрегат і усунути несправність.

- Контролювати зону обробітку, особливо уважно — на поворотах, при русі обочинами, поблизу ярів, скирд, кущів.

- Не залишати агрегати з піднятим обладнанням при тривалих зупинках.

- Машини повинні бути оснащені засобами для очищення робочих органів.

*Вимоги безпеки після завершення роботи:*

- Встановити агрегат на місце стоянки, перевести важелі в нейтральне положення.

- Очистити трактор і знаряддя від пилу та бруду, провести візуальний огляд.

- Зняти спецодяг, привести його до ладу, вимити руки, обличчя або прийняти душ.

*Дії в аварійних ситуаціях:*

- У разі нещасного випадку — надати першу допомогу, викликати швидку медичну допомогу та повідомити керівника робіт.

### **3.3. Структурно-функціональний аналіз процесу внесення мінеральних добрив**

Процес внесення добрив охоплює такі етапи:

1. Змішування і завантаження добрив у транспортний засіб.
2. Транспортування добрив.
3. Завантаження добрив у розкидач.
4. Безпосереднє внесення добрив.

Потенційні джерела небезпеки:

- Під час змішування/завантаження:
  - Відсутність захисних кожухів.
  - Невикористання засобів індивідуального захисту.
  - Перебування сторонніх осіб у зоні робіт.
- При транспортуванні:
  - Несправність транспортного засобу.
  - Ігнорування ПДР.
- Під час завантаження в розкидач:
  - Перевантаження.
  - Відсутність захисних засобів.
- Під час внесення:
  - Присутність сторонніх осіб поблизу.
  - Несправності гідросистеми трактора.

Виявлення цих факторів дозволяє мінімізувати ризики й попередити нещасні випадки. Результати аналізу представлено у таблиці 4.1 у вигляді моделей потенційних небезпечних ситуацій.

### 3.4. Організаційно-технічні рекомендації щодо безпечного перебігу виробничого процесу

#### 3.4.1. Розрахунок стійкості агрегату при роботі на схилах

Щоб уникнути перекидання агрегату на похилих ділянках, слід визначити максимально допустимий кут нахилу. Розрахунок виконується шляхом порівняння моментів сил, що діють на агрегат відносно точки можливого перекидання, згідно з методикою [13].

Таблиця 3.1 Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій при внесенні мінеральних добрив

| Вид технологічної операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Виробнича небезпека                                                                                                                  |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                       | Можливі наслідки          | Заходи запобігання небезпечних ситуацій                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Небезпечна умова (НУ)                                                                                                                | Небезпечна дія (НД)                                                                                                                           | Небезпечна ситуація (НС)                                                                                                                              |                           |                                                                                                                                                                                            |
| Внесення мінеральних добрив (МТЗ+МВУ-5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Знаходження машини в піднятому положенні (НУ <sub>1</sub> ).<br>Забивання робочих органів мінеральними добривами (НУ <sub>2</sub> ). | Знаходження обслуговуючого персоналу в зоні завантаження (НД <sub>1</sub> ).<br>Очищення робочих органів в процесі роботи (НД <sub>2</sub> ). | Самовільне опускання розкидача (НС <sub>1</sub> ).<br>Захоплення верхнього одягу тракториста-машиніста робочими органами розкидача (НС <sub>2</sub> ) | Травма Т <sub>1,2,3</sub> | Забороняється завантаження мінеральних добрив у піднятому положенні транспортера.<br>З працівникам и повинен бути проведений інструктаж з техніки безпеки при внесенні мінеральних добрив. |
| Модель процесу: <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 10px;"> <math display="block">  \begin{array}{lcl}  \text{НУ}_1 &amp; \longrightarrow &amp; \text{НД}_1 \\  \text{НУ}_2 &amp; \longrightarrow &amp; \text{НД}_2  \end{array}  \begin{array}{c}  \searrow \\  \nearrow  \end{array}  \text{T}_{1,2,3}  </math> </div> |                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                       |                           |                                                                                                                                                                                            |

$$P_B \cdot h_u = G_T \frac{B}{2}, \quad (3.1)$$

У цей момент відцентрову силу визначаємо за формулою

$$P_B = \frac{G_T \cdot \vartheta^2}{g \cdot R} = \frac{3160 \cdot 4,31^2}{9,8 \cdot 3,8} = 1576,27 \text{ Н.}$$

Тоді швидкість руху трактора на повороті, при якій починається перекидання, можна визначити за формулою:

$$\vartheta_{\max} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2h_u}}, \quad (3.2)$$

Боковому ковзанню коліс при цьому буде протидіяти сила бокового зчеплення коліс з дорогою  $P_D$ , яку визначають за формулою:

$$P_D = G_T \cdot \varphi, \quad (3.3)$$

$$P_D = 3160 \cdot 0,5 = 1580.$$

З умови рівноваги між відцентровою силою бокового зчеплення з дорогою

$$\frac{G_T \cdot \vartheta^2}{g \cdot R} = G_T \cdot \varphi \quad (3.4)$$

визначимо швидкість руху на повороті, при якій виникає початок зносу (ковзання) [14]

$$\vartheta_3 = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi}, \quad (3.5)$$

$$\vartheta_3 = \sqrt{3,8 \cdot 9,8 \cdot 0,5} = 4,31 \text{ м/с.}$$

де  $h_u$  – висота центру ваги трактора, м;

$B$  – ширина колії, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$G_m$  – маса трактора, кг;

$R$  – радіус повороту;

$\vartheta$  – швидкість руху, м/с;

$\varphi$  – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою.

Якщо трактор рухається по дорозі з поперечним нахилом, то з умови рівноваги сил, які діють на нього відносно осі, що проходить через точки опори правих коліс, можна записати

$$\sum RB + G_T h_u \sin \beta - G_T \frac{B}{2} \cos \beta = 0, \quad (3.6)$$

де  $\sum R$  – сума нормальних реакцій на лівих колесах, кг;

$G_T$  – повна маса трактора, кг.

На початку перекидання нормальні реакції на лівих колесах дорівнюють нулю ( $\sum R=0$ ). Тоді буде спостерігатись рівність

$$G_T h_u \sin \beta = G_T \frac{B}{2} \cos \beta, \quad (3.7)$$

або

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2 \cdot h_u} = \frac{1,4}{2 \cdot 1,4} = 0,5,$$

$$\beta = 27^\circ.$$

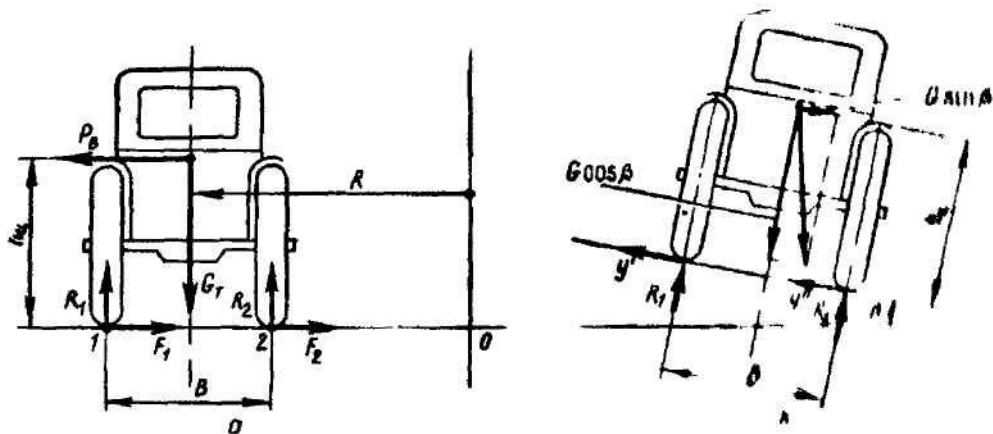


Рис. 3.1. Схема сил, що діють на трактор: а – при повороті; б – на схилі

#### 4.4.2. Правила безпеки праці при внесенні мінеральних добрив

*Загальні вимоги безпеки:*

- До виконання робіт допускаються особи віком від 18 років, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та медичний огляд.

- Працівники, задіяні у внесенні мінеральних добрив, мають бути забезпечені індивідуальними засобами захисту (ІЗЗ).

*Вимоги перед початком роботи:*

- Як профілактику впливу мінеральних добрив на організм слід дотримуватись збалансованого харчування та режиму пиття.
  - Рекомендується прийом їжі не менше трьох разів на добу.
  - Загальна кількість спожитої рідини (вода, молоко, чай, компот, кисіль, супи) повинна становити не менше 2,5–3 літри на добу.
- Перед початком роботи необхідно провести технічний огляд розкидачів:
  - перевірити справність робочих органів;
  - впевнитися у надійній роботі гальмівної системи, освітлення, сигналізації та органів управління.

*Вимоги під час роботи:*

- Під час завантаження мінеральних добрив у розкидач тракторист зобов'язаний залишити кабінку, щоб уникнути контакту з добривами.
- Рух розкидачів на полі має здійснюватися з урахуванням напрямку вітру — вітер повинен дути з боку.
  - Для зменшення пилу та покращення контролю рекомендується використовувати поворотні сопла, керування якими здійснюється з кабіни.

*Вимоги після завершення роботи:*

- Після завершення робіт сліди добрив з поверхні шкіри необхідно видалити за допомогою вазеліну.
- Обов'язково прийняти душ або ретельно вимити руки та обличчя.

## **Висновок до розділу**

Забезпечення безпеки праці при внесенні мінеральних добрив є важливою складовою організації виробничого процесу в сільському господарстві. Дотримання встановлених вимог до технічного стану обладнання, правильного використання індивідуальних засобів захисту, а також організації режиму праці та відпочинку дозволяє мінімізувати вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників.

Особливу увагу слід приділяти профілактичним заходам, інструктажам з техніки безпеки, а також контролю за станом техніки перед і під час роботи. Аналіз потенційних травмонебезпечних ситуацій дозволяє своєчасно виявити й усунути загрози на кожному етапі технологічного процесу, що є запорукою стабільної та безпечної діяльності аграрного підприємства.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ МВУ-5

Удосконалена модель розкидача мінеральних добрив МВУ-5 призначена для транспортування та рівномірного розподілу гранульованих мінеральних добрив. Цей агрегат забезпечує суцільне внесення добрив як перед проведенням основного обробітку ґрунту (оранкою), так і перед поверхневим обробітком навесні після зябу. Особливістю модернізованого розкидача є застосування нових розкидних дисків, які сприяють більш рівномірному внесенню добрив на оброблюваній площі та підвищують продуктивність завдяки розширеній ширині захвату порівняно з базовою версією.

У зв'язку з цим економічна ефективність удосконаленого розкидача МВУ-5 оцінюється шляхом порівняння з типовою конструкцією, яка використовує стандартні розкидні диски з жорстко закріпленими лопатками.

З огляду на актуальні зміни у вартості сільськогосподарської техніки, пально-мастильних матеріалів, продукції сільського господарства, а також нормативів заробітної плати, усі розрахункові показники приймаються як реальні для умов впровадження даного агрегата на підприємстві. Економічне обґрунтування застосування розкидача здійснюється за встановленою методикою та включає послідовний аналіз експлуатаційних характеристик як удосконаленої, так і базової машини. Розрахунок базується на нормативних даних і реальних цінах на трактори, сільгосптехніку, паливо та інші ресурси. На цій основі формується таблиця вихідних даних для подальшого визначення економічної доцільності.

Вихідна інформація для розрахунку економічної ефективності станом на 2024 рік подана у таблиці 4.1, де враховано лише ті параметри, що безпосередньо стосуються технологічного процесу внесення добрив та впливають на економічні результати.

Аналіз економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми на мові «gwbasic».

Таблиця 4.1.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив (станом на 2024 рік)

| ПОКАЗНИКИ                                                                          | МТЗ-80 + МВУ-5 |               |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
|                                                                                    | Базовий        | удосконалений |
| Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: га                     | 4,57           | 6,32          |
| Балансова вартість (середня порайонну машин вік яких не перевищує 10 років), грн.: | 420            |               |
| машини                                                                             | 00             | 44000         |
| трактора                                                                           | 120<br>000     | 120000        |
| Річне завантаження, год.:                                                          |                |               |
| машини                                                                             | 110            | 110           |
| трактора                                                                           | 120<br>0       | 1200          |
| Чисельність виробничого персоналу, чол.:                                           |                |               |
| основного                                                                          | 1              | 1             |
| Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :                                              |                |               |
| основного персоналу                                                                | 52             | 52            |
| Коефіцієнт, що враховує доплати:                                                   |                |               |
| основного персоналу                                                                | 1,1            | 1,1           |

|                                                                                                           |               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
| Коефіцієнт відрахувань на реновацію:<br>трактора<br>машини                                                | 0,125<br>0,14 | 0,125<br>0,14 |
| Коефіцієнт відрахувань на поточний<br>ремонт і технічне обслуговування<br>трактора<br>машини              | 0,22<br>0,17  | 0,22<br>0,17  |
| Коефіцієнт відрахувань на капітальний<br>ремонт:<br>трактора<br>машини                                    | 0,04<br>—     | 0,04<br>—     |
| Витрата паливо-мастильних матеріалів,<br>кг/га                                                            | 0,96          | 1,17          |
| Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості<br>мастильних матеріалів, що припадає на 1<br>кг палива, грн      | 22,5          | 22,5          |
| Затрати на зберігання, що припадають на<br>1 годину експлуатаційного часу, грн/год:<br>трактора<br>машини | 2,2<br>1,5    | 2,2<br>1,5    |
| Нормативний коефіцієнт ефективності<br>капітальних вкладів                                                | 0,15          |               |
| Коефіцієнт гарантій споживу<br>економічного ефекту                                                        | 0,95          |               |
| Коефіцієнт переведення оптової ціни в<br>балансу                                                          | 1,1           |               |

Розрахунок економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми, що розроблена на мові “gwbasic”.

У діалоговому режимі з машиною вихідні дані з таблиці 6.1. заносяться в програму. Показники економічної ефективності виводяться на друкуючий пристрій, та заповнюється таблиця 4.2. результатів розрахунку економічної ефективності.

Таблиця 4.2

Показники економічної ефективності використання удосконаленого  
розкидача мінеральних добрив МВУ-5

| Показники                                                         | МТЗ-80 + МВУ-5 |               |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|
|                                                                   | Базовий        | Удосконалений |
| 1. Річне напруцювання, га                                         | 502,7          | 695,2         |
| 2. Прямі затрати (грн./га) на:                                    |                |               |
| — оплату праці                                                    | 12,88          | 12,08         |
| — паливо-мастильні матеріали                                      | 20,73          | 26,32         |
| — технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт          | 19,89          | 14,87         |
| — реновацію                                                       | 14,43          | 10,83         |
| — інші прямі затрати                                              | 0,8            | 0,58          |
| — всього прямих затрат                                            | 68,73          | 64,68         |
| 3. Капітальні вкладення, грн./га                                  | 105,4<br>3     | 79,11         |
| 4. Зведені затрати, грн./га                                       | 63,69          | 47,82         |
| 6. 5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн | —              | 11032         |

|                                                                                       |      |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|
| 6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн | —    | 38041  |
| 7. Верхня межа ціни нової машини, грн                                                 | —    | 125583 |
| 8. Лімітна ціна нової машини, грн                                                     | —    | 120853 |
| 9. Затрати праці, люд.-год/                                                           | 0,21 | 0,15   |
| 10.Річна економія праці, люд-год.                                                     | —    | 41,71  |
| 11. Ступінь зменшення затрат (в %)                                                    |      |        |
| — праці                                                                               | —    | 28,57  |
| — прямих затрат                                                                       | —    | 24,89  |
| — зведених затрат                                                                     | —    | 24,91  |
| — капіталовкладень                                                                    | —    | 24,96  |

Результати проведених розрахунків підтверджують доцільність впровадження удосконаленого розкидача мінеральних добрив, оснащеного модернізованими розкидними дисками з рухомими лопатками, у порівнянні з базовою моделлю МВУ-5.

Використання вдосконаленої конструкції дозволяє досягти суттєвого зниження витрат на обробку одного гектара: прямі витрати зменшуються на 24,89 %, зведені – на 24,891 %, капіталовкладення – на 24,96 %, а трудові витрати – на 28,57 %.

У підсумку, при річному обсязі робіт 695,2 гектара, економічний ефект від експлуатації вдосконаленого розкидача становить 11 032 грн (за цінами станом на 2024 рік).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено перспективну технологію вирощування озимої пшениці, а також підібрано відповідний комплекс машин для її реалізації.

Для внесення мінеральних добрив у посівах озимої пшениці запропоновано використання розкидача МВУ-5, модернізованого шляхом встановлення розроблених розкидних дисків. Застосування прямої системи дозволяє розкидачу одночасно транспортувати та вносити добрива.

З метою покращення якості внесення добрив запропоновано нову конструкцію розкидних дисків, яка встановлюється на існуючий агрегат МВУ-5. Завдяки застосуванню рухомих лопаток підвищується рівномірність розподілу добрив, спрощується регулювання норми внесення, а також збільшується зона перекриття між суміжними проходами.

У ході дослідження проведено розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів нових дисків: максимальний радіус обертання кінця лопатки змінюється від 0,239 м до 0,335 м, а кут її відхилення від радіального положення – від 0 до 90°. Дальність розкидання частинок варіюється від 15 м до 30 м залежно від зміни радіуса.

Техніко-економічна оцінка модернізованого розкидача МВУ-5 свідчить про зниження трудомісткості операцій, підвищення продуктивності праці та зменшення питомих приведених витрат. Річний економічний ефект від впровадження модернізації становить 11 032 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В. Завантажувач сівалок ЗПС-30. Аграрна наука – виробництву. 2002. № 4. С. 26.
2. Адамчук В. В., Кравчук В. І., Войтюк Д. Г., Мойсеєнко В. К. Техніка для землеробства майбутнього. Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомч. темат. наук. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2002. Випуск 86. С. 20 - 32.
3. Адамчук В. В. Механіко - технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів : автореф. дис. канд. техн. наук / Національний аграрний університет. Київ, 2006. 40 с.
4. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Землеробство майбутнього і техніка для нього. Вісник аграрної науки. 2001. № 11. С. 55-60.
5. Адамчук В. В., Мойсеєнко В. К. Машина для розсівання мінеральних добрив МРД-4. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого. Дослідницьке, 2005. Вип. 8 (22): в 2-х кн. Кн.2. С. 209 - 219.
6. Адамчук В. В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів. Техніка АПК. 2000 .№ 3. С. 10 - 12.
7. Вожик Ю. Г. Науково - технічні основи внесення твердих мінеральних добрив із використанням енергії стисненого повітря : автореф. дис. ... докт. техн. наук / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. 40 с.
8. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства. Механізація сільськогосподарського виробництва : зб. наук. пр. / Національний аграрний університет. Київ, 2002. Том XIII. С. 93 – 97.

9. Дядя В. М. Обґрунтування параметрів відцентрового робочого органа з активними лопатями машин для внесення мінеральних добрив : автореф. ... канд. техн. наук / Таврійська ДАТА. Мелітополь, 2003. 19 с.
10. Система точного землеробства : підручник / Л. В. Аніскевич [та ін.]; за ред. Л. В. Аніскевича. Київ, 2018. 556 с.
11. Ясенецький В., Шейченко В. Розкидачі мінеральних добрив для господарств усіх форм власності. Техніка АПК. 2002. № 12. С. 16 - 17.
12. V. Adamchuk, V. Bulgakov, Hr. Beloev, M. Korenko. Mineral fertilisation theory and working tools of fertiliser spreading machines. Sofia : Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2017. 165 p.
13. Відцентровий розсівальний орган : пат. 61855 Україна : МКВ А 01 С 17/00 / В. В. Адамчук; ННЦ «ІМЕСГ»(Україна). № 2003098188; заявл. 02.09.03; опубл. 17.11.03, Бюл. № 11. 3 с.
14. Савченко С. В., Сторожук О. О. Огляд існуючих машин для внесення і транспортування мінеральних добрив. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 118-126.
15. Савченко С.В., Сторожук О.О., Халимівський Я.О. Переобладнання ТЗУ-9 для внесення мінеральних добрив. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

## Додатки