

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

**Інженерії машин, споруд та технологій**

(повна назва факультету )

**Технічної механіки та сільськогосподарських машин**

(повна назва кафедри)

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Обґрунтування параметрів комбінованого посівного агрегату**  
**з дослідженням технології вирощування багаторічних трав**

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61  
спеціальності 208

**Агроінженерія**

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

**Співак Д.Д.**

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

**Олексюк В.П.**

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

**Сташків М.Я.**

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

**Бабій А.В.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2025

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

|  |  |          |                        |
|--|--|----------|------------------------|
|  |  |          | Бабій А.В.             |
|  |  | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

«    »                      20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Співаку Дмитру Дмитровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів комбінованого посівного агрегату  
з дослідженням технології вирощування багаторічних трав

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Базова конструкція комбінованого посівного агрегату трактор Т-25А, продуктивність –  
0,9 га/год, ширина захвату – 1,5 м, робоча швидкість – до 5,69 км/год, базова технологія  
вирощування багаторічних трав

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Загально-технічний розділ. 2. Аналітико-дослідницький розділ.

3. Проектно-рекомендаційний розділ. 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.  
Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Аналіз посівних агрегатів. 2. Функціональна схема комбінованого посівного  
агрегату. 3. Кінематична схема комбінованого посівного агрегату.

4. Комбінований посівний агрегат. 5. Апарат для висіву насіння трав.

6. Вал апарату для висіву насіння. 7. Деталювання. 8. Результати досліджень.

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                            | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                   |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | Сенчишин В.С., доцент                     |                |                  |
|                                                   | Стручок В.С., ст.викл.                    |                |                  |

7. Дата видачі завдання

14.11.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                               | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Загально-технічний розділ                         | 30.11.2025 р.                  |          |
| 2     | Аналітико-дослідницький розділ                    | 15.11.2025 р.                  |          |
| 3     | Проектно-рекомендаційний розділ                   | 30.11.2025 р.                  |          |
| 4     | Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях | 10.12.2025 р.                  |          |
| 5     | Реферат. Вступ. Висновки                          | 15.12.2025 р.                  |          |
| 6     | Ілюстративна частина. Специфікації                | 20.12.2025 р.                  |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |
|       |                                                   |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Співак Д.Д.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Олексюк В.П.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Співак Дмитро Дмитрович.

**Тема роботи** – «Обґрунтування параметрів комбінованого посівного агрегату з дослідженням технології вирощування багаторічних трав».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

### **Актуальність теми роботи**

Природні трави зазвичай мають низьку урожайність, тому культивація сіяних трав важлива для отримання високих урожаїв як на корм, так і на насіння, дотримуючись відповідної агротехніки. Крім того, насіння трав є досить вимогливим до вологості ґрунту під час посіву, тому розрив у часі між передпосівним обробітком і сівбою негативно відбивається на схожості і врожайності в цілому.

Внесення добрив шляхом розкидання для сіяних трав може призвести до їх нерівномірного розподілу, перевитрат, вимивання дощем із висот у низини, що спричиняє нерівномірний ріст рослин. Це особливо важливо при вирощуванні сіяних трав на насіння, адже якість насіння впливає на майбутній урожай.

Тому розроблення комбінованих висівних агрегатів для посіву насіння трав, які забезпечують якісне виконання технологічного процесу поверхневої обробки ґрунтів на необхідну глибину при одночасному внесенні мінеральних добрив і висіванні насіння трав є важливим науково-практичним завданням.

Технологія вирощування багаторічних трав базується на комплексному застосуванні агротехнічних прийомів, спрямованих на створення сприятливих умов для росту, розвитку та тривалого використання травостоїв, тому є потреба у дослідженнях сучасних технологій з метою їх оптимізації.

## **Мета роботи**

Основною метою кваліфікаційної роботи є дослідження технології вирощування багаторічних трав на сіно, поряд із обґрунтуванням параметрів модернізованого комбінованого посівного агрегату.

## **Об'єкт, методи та джерела дослідження**

*Об'єкт дослідження.* Технологія вирощування багаторічних трав.

*Предмет дослідження.* Комбінований посівний агрегат.

*Методи дослідження.* Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

## **Отримані результати:**

- проаналізовано сучасний стан і напрями досліджень технології вирощування багаторічних трав;
- розглянуто основні елементи технології: підготовку ґрунту, добір видів і сортів, сівбу, систему удобрень, догляд за посівами, та скошування і використання травостою;
- проведено дослідження технології вирощування люцерни в залежності від рівня мінерального живлення та частоти скошування;
- надано практичні рекомендації щодо технології вирощування багаторічних трав у різних природно-кліматичних зонах України;
- проведено розрахунки кінематичних параметрів комбінованого посівного агрегату;
- обґрунтовано параметри висівного пристрою;
- обґрунтовано експлуатаційні та технологічні параметри посівного агрегату та його вузлів, оцінено його ефективність у використанні;
- розглянуто вимоги техніки безпеки при експлуатації посівних машин;
- наведено заходи із захисту персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів.

## **Практичне значення отриманих результатів.**

Досліджено технологію вирощування люцерни в залежності від рівня мінерального живлення та частоти скошування.

Обґрунтовано параметри комбінованого агрегату для посіву трав'янистих культур, який дає можливість якісно виконувати технологічні операції з

поверхневої обробки ґрунту, одночасного внесення мінеральних добрив та посіву насіння багаторічних трав.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались VIII Міжнародній студентській конференції „Природничі та гуманітарні науки“, Тернопіль, 24-25 квітня 2025 року.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 72, додатки – 11 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 15 арк. формату А4.

**Ключові слова:** багаторічні трави, комбінований посівний агрегат, дослідження технології вирощування, поверхневий обробіток, мінеральні добрива.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$B$  – фактична ширина захвату агрегату, м;

$K_m$  – величина питомого опору агрегату, Н/м;

$\sigma$  – маса агрегату, кг;

$\alpha$  – допустиме значення кута зміни рельєфу, град;

$\sigma_{mp}$  – маса енергозасобу, Н;

$f$  – коефіцієнт опору коченню;

$\eta_0$  – к.к.д. що враховує втрати від пробуксовання;

$\eta_{mp}$  – величина загального к.к.д. трансмісії;

$W$  – годинна продуктивність за основним часом, га/год;

$\tau$  – коефіцієнт використання робочого часу;

$K_{en}$  – експлуатаційної надійності;

$W_2$  – годинна продуктивність посівного агрегату, га/год;

$T$  – тривалість робочого дня, год;

$W_{зм}$  – продуктивність посівного агрегату за зміну, га/зм;

$t_p$  – річне завантаження посівного агрегату, год;

$D$  – максимально допустима кількість днів висіву насіння трав;

$L$  – кількість людей, що обслуговують посівний агрегат;

$V_{з.б.}, V_{з.н}$  – затрати праці на посіві насіння трав відповідно базовим і новим посівними агрегатами, люд-год/га;

$Q$  – річний обсяг робіт, га.

$\rho_n$  – густина насіння трав, г/см<sup>2</sup>;

$k_{po}$  – коефіцієнт, що враховує присутність тих робочих органів, що розміщені в середині бункерів;

$m_I$  – показник ступеня, що визначають експериментально;

$R_z$  – коефіцієнт заповнювання жолобків;

$S_{ж}$  – площа перетину жолобків, м<sup>2</sup>;

$Z_{ж}$  – кількість жолобків;

$l_k$  – робоча довжина жолобків, м;

$\delta_{жс}$  – товщина перемичок поміж жолобками, м;  
 $l_{жс}$  – ширина жолобків, м;  
 $\mu$  – коефіцієнт опору;  
 $S$  – величина площі отвору, м<sup>2</sup>;  
 $h$  – значення висоти стовпа насінин над отворами, м;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $Q$  – значення масової продуктивності т/год;  
 $K_n$  – величина коефіцієнта продуктивності гвинта;  
 $K_p$  – значення відношення кроку гвинта до величина його діаметра;  
 $\omega$  – величина кутової швидкості обертів гвинта, хв<sup>-1</sup>;  
 $d_e$  – величина діаметра вала, м;  
 $C_i$  – коефіцієнт заповнювання;  
 $C_e$  – значення коефіцієнта, що враховує величину кута нахилу жолоба відносно горизонту;  
 $\mu$  – величина коефіцієнта внутрішнього тертя насінин трав;  
 $\beta$  – величина кута нахилу механізму до горизонту, град;  
 $l$  – половина ширини захоплення агрегату, м;  
 $\psi$  – значення кута підйому гвинтових ліній гвинтів, град;  
 $\varphi$  – значення кута тертя для матеріалів, які переміщуються;  
 $P$  – величина кроку шнеків, м;  
 $g_e$  – значення ваги одного погонного метра шнеків, Н/м;  
 $\mu_l$  – величина коефіцієнта тертя в підшипниках;  
 $d_{cp}$  – величина середнього діаметра п'яти, м;  
 $d_e$  – величина діаметра валу шнека, м;  
 $\kappa$  – коефіцієнт, котрий залежить від матеріалів, які переміщуються;  
 $G$  – величина сили ваги котків, Н;  
 $B$  – значення довжини котків, котра рівняється ширині захвату агрегату, м;  
 $q$  – величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунтів, Н/м<sup>3</sup>;  
 $D$  – діаметр котка, м;  
 $l$  – ширина плями контакту котків на ґрунті, м.

## ЗМІСТ

|                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Вступ</b>                                                                                                 | <b>10</b> |
| <b>1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>                                                                          |           |
| 1.1 Аналіз технології вирощування багаторічних трав                                                          | 12        |
| 1.2 Опис комбінованого посівного агрегату                                                                    | 16        |
| 1.3 Аналіз вихідних даних та обґрунтування теми кваліфікаційної роботи                                       | 21        |
| <b>2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ</b>                                                                     | <b>25</b> |
| 2.1 Сучасний стан і напрями досліджень технології вирощування багаторічних трав                              | 25        |
| 2.2 Дослідження технології вирощування люцерни залежно від рівня мінерального живлення та частоти скошування | 28        |
| 2.3 Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо технології вирощування багаторічних трав           | 34        |
| <b>3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ</b>                                                                    | <b>40</b> |
| 3.1 Обґрунтування параметрів посівного агрегату                                                              | 40        |
| 3.3.1 Експлуатаційно-технологічні параметри посівного агрегату                                               | 40        |
| 3.3.2 Кінематичні параметри                                                                                  | 42        |
| 3.3.3 Маса насіння трав, поміщене в бункері                                                                  | 46        |
| 3.3.4 Параметри висіваючого пристрою                                                                         | 47        |
| 3.3.5 Параметри прикочувального котка                                                                        | 56        |
| 3.2 Обґрунтування ефективності використання посівного агрегату                                               | 58        |
| <b>4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>                                                  | <b>62</b> |
| 4.1 Вимоги техніки безпеки при експлуатації посівних машин                                                   | 62        |
| 4.2 Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів                         | 64        |
| <b>Загальні висновки</b>                                                                                     | <b>67</b> |
| <b>Перелік посилань</b>                                                                                      | <b>69</b> |
| <b>Додатки</b>                                                                                               | <b>72</b> |

## ВСТУП

Багаторічні трави займають важливу нішу в системі сучасного землеробства та кормовиробництва, формуючи основу сталого функціонування тваринницької галузі. Їх вирощування сприяє підвищенню родючості ґрунтів, поліпшенню структурного стану орного шару та загальному екологічному оздоровленню агроценозів.

Урожайність природних травостоїв, як правило, є низькою та нестабільною, тому застосування інтенсивних технологій вирощування сіяних багаторічних трав є важливою умовою отримання високих урожаїв як кормової біомаси, так і насіння. Одним із визначальних чинників формування продуктивних посівів є якісне проведення сівби. Зокрема, типова глибина загортання насіння (1,5–2 см) потребує ретельно підготовленого ґрунтового ложа та дотримання оптимальних технологічних параметрів передпосівного обробітку. Значний вплив на схожість і подальший розвиток рослин має також вологість ґрунту в момент сівби, тому надмірна затримка між обробітком ґрунту та висівом може призвести до зниження польової схожості та, відповідно, продуктивності посівів.

Унесення мінеральних добрив шляхом поверхневого розкидання у посівах багаторічних трав нерідко супроводжується нерівномірним їх розподілом, підвищеними втратами елементів живлення та ризиком переміщення добрив опадами на понижені ділянки. Такі явища зумовлюють неоднорідність росту рослин і нерівномірність досягання, що є критичним при вирощуванні багаторічних трав на насіння.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі поставлено завдання дослідити сучасні технології вирощування багаторічних трав, а також обґрунтувати параметри комбінованого посівного агрегату для ефективного виконання технологічного процесу відповідного обробітку ґрунту з одночасним внесенням мінеральних добрив і посівом насіння трав.

Багаторічні трави займають важливу нішу в системі сучасного землеробства та кормовиробництва, формуючи основу сталого функціонування тваринницької галузі. Їх вирощування сприяє підвищенню родючості ґрунтів, поліпшенню структурного стану орного шару та загальному екологічному оздоровленню агроценозів.

Урожайність природних травостоїв, як правило, є низькою та нестабільною, тому застосування інтенсивних технологій вирощування сіяних багаторічних трав є важливою умовою отримання високих урожаїв як кормової біомаси, так і насіння. Одним із визначальних чинників формування продуктивних посівів є якісне проведення сівби. Зокрема, типова глибина загортання насіння (1,5–2 см) потребує ретельно підготовленого ґрунтового ложа та дотримання оптимальних технологічних параметрів передпосівного обробітку. Значний вплив на схожість і подальший розвиток рослин має також вологість ґрунту в момент сівби, тому надмірна затримка між обробітком ґрунту та висівом може призвести до зниження польової схожості та, відповідно, продуктивності посівів.

Унесення мінеральних добрив шляхом поверхневого розкидання у посівах багаторічних трав нерідко супроводжується нерівномірним їх розподілом, підвищеними втратами елементів живлення та ризиком переміщення добрив опадами на понижені ділянки. Такі явища зумовлюють неоднорідність росту рослин і нерівномірність досягання, що є критичним при вирощуванні багаторічних трав на насіння.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі поставлено завдання дослідити сучасні технології вирощування багаторічних трав, а також обґрунтувати параметри комбінованого посівного агрегату для ефективного виконання технологічного процесу відповідного обробітку ґрунту з одночасним внесенням мінеральних добрив і посівом насіння трав.

## **1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **1.1. Аналіз технології вирощування багаторічних трав**

Технологія вирощування багаторічних трав ґрунтується на комплексному застосуванні системи агротехнічних заходів, спрямованих на формування оптимальних умов для росту, розвитку та довготривалої продуктивності травостоїв. До ключових елементів технології належать: підготовка ґрунту, добір видового та сортового складу, проведення сівби, система внесення добрив, догляд за посівами, а також заходи щодо ефективного використання та періодичного оновлення багаторічних травостоїв. Правильне й раціональне виконання кожного з цих етапів визначає рівень урожайності зеленої маси, тривалість використання посівів і якість кормової продукції.

#### **Підготовка ґрунту**

Підготовка ґрунту є одним із найвідповідальніших і визначальних етапів технології вирощування багаторічних трав, оскільки саме на цьому етапі створюється посівне ложе, придатне для формування дружніх і рівномірних сходів. Основним завданням передпосівного обробітку є забезпечення оптимальної структури орного шару, його вирівнювання та досягнення необхідного ступеня ущільнення.

На родючих чорноземах і суглинкових ґрунтах найдоцільніше застосовувати оранку на глибину 25–30 см із попереднім лушенням стерні, що забезпечує якісне розпушення та знищення бур'янів. Для дерново-підзолистих ґрунтів Полісся більш ефективними є поверхневий або комбінований обробіток, який включає дискування на глибину 10–12 см із подальшим коткуванням, що сприяє збереженню вологи та формуванню дрібногрудкуватої структури ґрунту [18].

На легких піщаних ґрунтах і схилах доцільно використовувати безвідвальний або мінімальний обробіток, метою якого є запобігання водній та вітровій ерозії, збереження вологості та підтримання стійкої структури ґрунту.

Передпосівний обробіток традиційно включає культивуацію на глибину 4–6 см, вирівнювання поверхні поля та коткування, що забезпечує рівномірну глибину загортання насіння і сприяє отриманню вирівняних сходів.

### **Вибір видів, сортів і травосумішей**

Формування довговічних і високопродуктивних травостоїв потребує науково обґрунтованого добору видів і сортів багаторічних трав відповідно до природно-кліматичних умов регіону, ґрунтових характеристик і цільового призначення травостою. Правильний видовий підбір забезпечує високу адаптивність посівів, їх продуктивність та стабільність використання протягом тривалого періоду.

У зоні Лісостепу України найбільш ефективними виявилися такі злакові види, як костриця лучна, райграс пасовищний та тимофіївка лучна; серед бобових культур широке поширення мають люцерна посівна та конюшина лучна, які відзначаються високою кормовою якістю та стійкістю до відновлення після скошування. Для умов Полісся доцільно використовувати культури, що краще пристосовані до підвищеної вологості та легких ґрунтів, зокрема стоколос безостий, тонконіг лучний, конюшину повзучу та лядвенець рогатий. У степовій зоні, де вирішальним фактором є стійкість до посухи, найбільш результативними є еспарцет піщаний, костриця борозниста, житняк гребінчастий, а також люцерна жовта.

Найвищу продуктивність демонструють бобово-злакові суміші, у складі яких частка бобових компонентів становить 30–50%. Такий підхід дає змогу оптимізувати азотний баланс ґрунту за рахунок симбіотичної фіксації азоту та формувати поживний, повноцінний корм з вирівняною структурою та збалансованим вмістом протеїну [20].

### **Сівба**

Строки сівби багаторічних трав визначаються ґрунтово-кліматичними умовами конкретного регіону та рівнем забезпеченості ґрунту вологою. Весняний висів доцільно проводити після прогрівання орного шару до температури +6...+8 °С, що гарантує активізацію біологічних процесів і

сприятливі умови для проростання насіння. Осіння сівба повинна здійснюватися за 40–45 днів до завершення вегетаційного періоду, що забезпечує достатній час для формування кореневої системи та підготовки рослин до перезимівлі.

Способи сівби:

- рядковий (міжряддя 15 см) – найпоширеніший для чистих посівів;
- перехресний або широкорядний – для насіннєвих ділянок;
- під покрив зернових культур (овес, ячмінь) – забезпечує кращий захист сходів від пересихання [20].

Норми висіву насіння (чистими посівами):

- злакові – 12–16 кг/га,
- бобові – 10–14 кг/га,
- у травосумішах – 18–25 кг/га.

Глибина загортання насіння: дрібнонасінні види (конюшина, люцерна) – 1,0–1,5 см; злакові (тимофіївка, костриця) – 2–3 см; на легких ґрунтах – до 4 см. Після сівби обов'язкове коткування, що покращує контакт насіння з ґрунтом і підвищує схожість.

### **Удобрення та система живлення**

Багаторічні трави добре реагують на внесення добрив. Високий урожай формується за оптимального співвідношення макроелементів  $N:P:K = 1:0,7:1$ .

Органічні добрива (гній, компост) уносять під основний обробіток ґрунту з розрахунку 30–40 т/га.

Мінеральні добрива: азотні – по 45–60 кг/га д.р., фосфорні – 40–60 кг/га, калійні – 60–80 кг/га.

На другий і наступні роки застосовують підживлення азотом ранньою весною та після першого укосу.

Бобові трави потребують вапнування кислих ґрунтів (2–4 т/га) і інокуляції насіння бульбочковими бактеріями (*Rhizobium*). Такий прийом підвищує фіксацію атмосферного азоту та врожайність на 10–15 % [10].

### **Догляд за посівами**

У перший рік життя важливо забезпечити чистоту посівів від бур'янів. Використовують:

- до- або післясходові гербіциди, дозволені для трав (наприклад, Базагран, Агент 48 %);

- поверхневе боронування легкими боролами у фазі 2–3 листків злаків.

На другий рік проводять підживлення мінеральними добривами, боротьбу з бур'янами та оновлення травостою підсівом. На пасовищах важливо уникати надмірного випасу, щоб не пошкодити вузли кущіння.

### **Скошування і використання травостою**

Оптимальні строки скошування визначаються фазою розвитку:

- злакові – у фазі колосіння,

- бобові – у фазі бутонізації або початку цвітіння.

Запізнення зі скошуванням призводить до зниження вмісту білка та погіршення якості корму. На багаторічних травостоях застосовують 2–3 укуси за сезон.

Таблиця 1.1 – Оптимальні параметри технології вирощування основних багаторічних трав

| Показник                             | Злакові<br>(тимोфіївка,<br>костриця) | Бобові (люцерна,<br>конюшина) | Травосуміш<br>(злаково-бобова) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Глибина обробітку<br>грунту, см      | 25–30                                | 25–30                         | 25–30                          |
| Строк сівби                          | Рання весна /<br>кінець літа         | Рання весна /<br>кінець літа  | Рання весна                    |
| Норма висіву, кг/га                  | 12–16                                | 10–14                         | 18–25                          |
| Глибина<br>загортання, см            | 2–3                                  | 1–1,5                         | 1,5–2                          |
| Доза NPK, кг<br>д.р./га              | 60:45:60                             | 30:60:60                      | 45:60:60                       |
| Кількість укусів                     | 2–3                                  | 3–4                           | 2–3                            |
| Урожайність<br>зеленої маси, т/га    | 30–40                                | 35–50                         | 40–55                          |
| Тривалість<br>використання,<br>років | 4–6                                  | 5–7                           | 5–8                            |

Висота скошування повинна становити 5–7 см для бобових і 6–8 см для злакових, що забезпечує швидке відростання [20].

На пасовищах рекомендовано чергувати ділянки випасу (через 25–30 днів) і проводити періодичне підсівання для підтримання щільності травостою.

У середньому через 5–6 років інтенсивного використання виникає потреба в оновленні травостою, оскільки знижується частка цінних видів, погіршується структура дернини та зменшується врожайність.

Отже, всі технологічні елементи вирощування багаторічних трав мають функціонувати як єдина інтегрована система, адаптована до природно-кліматичних умов регіону. Тільки узгоджене застосування якісного обробітку ґрунту, раціонального підбору травосумішей, збалансованої системи удобрення та правильно організованого використання травостою забезпечує формування високопродуктивних, стійких та економічно ефективних багаторічних угідь.

## **1.2. Опис комбінованого посівного агрегату**

Комбінований посівний агрегат для висіву трав є універсальною навісною машиною, яка в технології вирощування багаторічних і однорічних трав замінює низку окремих агрегатів, зокрема машини для внесення мінеральних добрив, знаряддя поверхневого обробітку ґрунту, сівалки та котки для прикочування посівів. Застосування такого агрегата забезпечує виконання кількох технологічних операцій за один прохід, що підвищує продуктивність робіт і сприяє зменшенню енергетичних затрат.

Основною функцією комбінованого агрегата є здійснення поверхневого обробітку ґрунту з одночасним внесенням мінеральних добрив та висівом насіння, переважно однорічних трав, у достатньо розпушений і вирівняний ґрунтовий шар ранньою весною. Це дозволяє забезпечити рівномірний розподіл елементів живлення та оптимальні умови для проростання насіння.

Конструктивно посівні агрегати для трав містять такі основні вузли:

- висівні апарати для насіння дрібних культур та мінеральних добрив;
- пристрої для прикочування посівного шару;
- активні робочі органи для розпушування ґрунту, які приводяться в дію від валу відбору потужності трактора;
- раму для монтажу всіх робочих елементів;
- з'єднувальні механізми для навішування агрегата на трактор і забезпечення його стійкої роботи в полі.

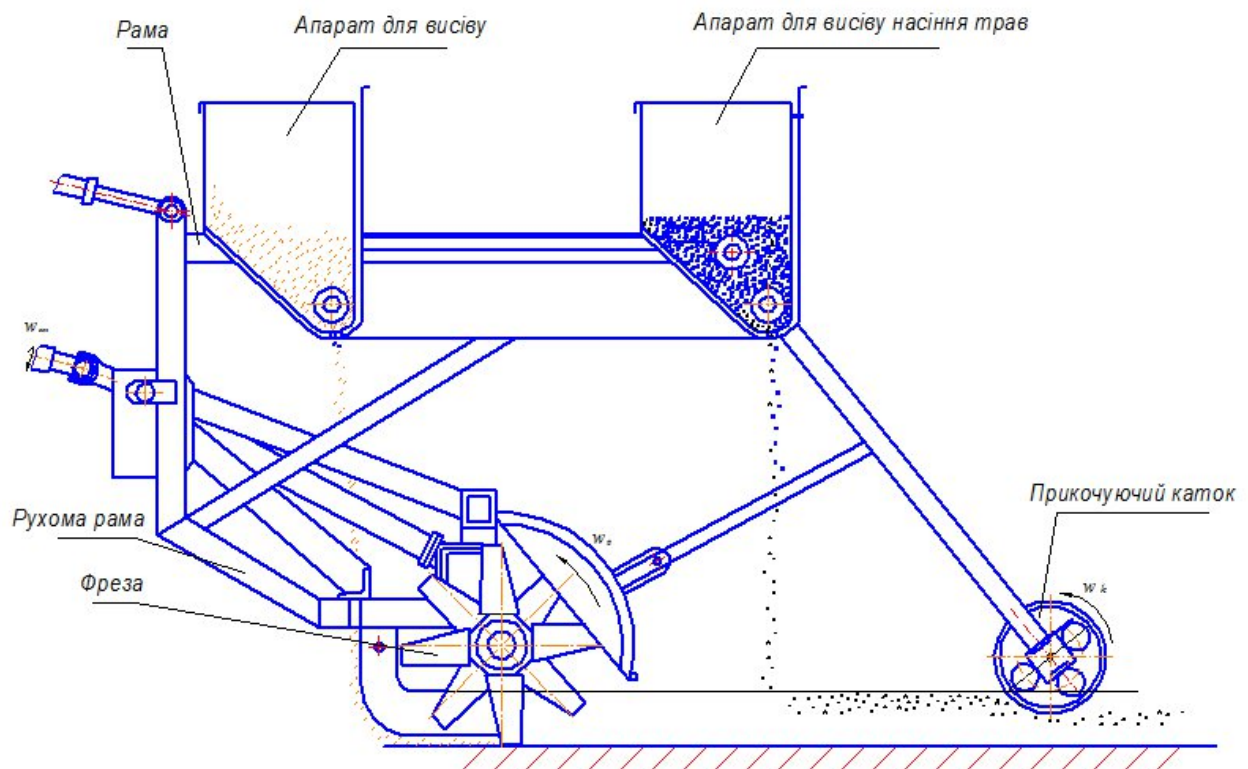


Рисунок 1.1 – Функціональна схема комбінованого посівного агрегату

Розглянутий комбінований агрегат для висіву насіння трав забезпечує високу якість виконання технологічних операцій поверхневого обробітку ґрунту на задану глибину, поєднуючи їх із одночасним внесенням мінеральних добрив та висівом насіння. Такий підхід дозволяє формувати оптимальні умови для проростання дрібнонасінних культур та сприяє рівномірності розподілу

посівного матеріалу.

Особливість технологічного процесу висіву трав полягає в тому, що для їх загортання не потрібні традиційні сошники та тукопроводи, характерні для класичних зернових сівалок. Відмова від цих елементів спрощує конструкцію агрегата, підвищує його надійність і зменшує енергетичні витрати під час роботи. Саме це надає агрегату низку функціональних переваг порівняно зі стандартними посівними машинами, особливо у технологіях поверхневого або мінімального обробітку ґрунту.

#### **Основні технічні характеристики комбінованого посівного агрегату**

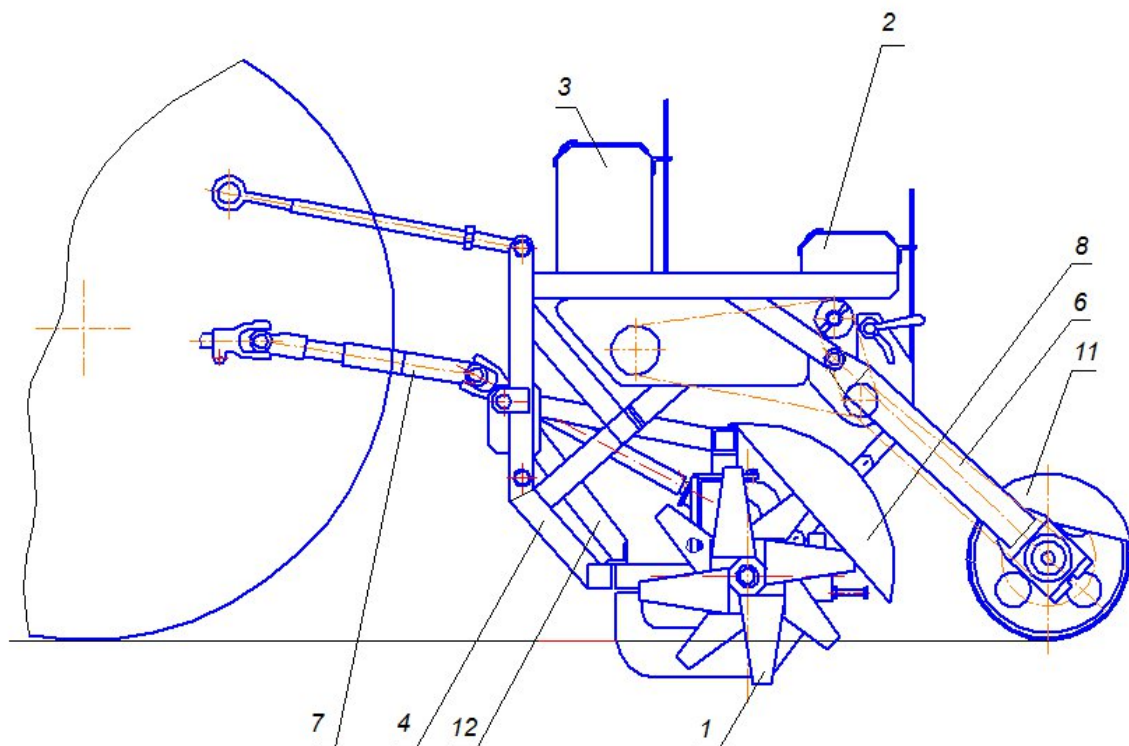
|                                             |                       |
|---------------------------------------------|-----------------------|
| Тип агрегату.....                           | начіпний;             |
| Ширина захоплення, м.....                   | 1,5;                  |
| Обслуговуючий персонал, чол .....           | 1;                    |
| Привід робочих органів.....                 | від ВВП енергозасобу; |
| Габаритні розміри агрегату не більш як, мм: |                       |
| - довжина .....                             | 2000;                 |
| - ширина .....                              | 1800;                 |
| - висота .....                              | 1200;                 |
| Маса не більша, кг .....                    | 400 кг.               |

Висівний апарат розміщується у бункері завдовжки 1,50 м. Днище бункера закріплене на корпусі за допомогою болтових з'єднань і виготовляється з алюмінієвих сплавів або сталі з антикорозійним покриттям, що підвищує його довговічність та стійкість до корозійних процесів. У нижній частині бункера передбачені регульовані отвори, які перекриваються рухомими пластинами. Регулювання положення пластин здійснюється за допомогою рукоятки та важільного механізму, що забезпечує можливість змінювати площу відкритих отворів і, відповідно, норму висіву насіння трав.

Глибину розпушування ґрунту регулюють шляхом зміни положення прикочуючого котка відносно фрези, фіксуючи рухому раму в певних пазах основної рами агрегата. Контроль за дозуванням насіння й мінеральних добрив забезпечується зміною величини відкритих отворів у днищі бункера за

допомогою спеціальних заслінок.

Бункери разом із прикочуючим котком розміщені на окремій модульній рамі, яка може демонтуватися, що дозволяє експлуатувати агрегат у конфігурації навісної фрези. До допоміжних конструктивних елементів належать рухома рама фрези, карданна передача змінної довжини та захисні щитки, які забезпечують безпечну роботу та захист оператора від діючих механізмів.



1 – фреза; 2 – апарат для висіву насіння; 3 – апарат для висіву мінеральних добрив; 4 – рама; 6 – коток; 7 – вал карданний; 8, 11 – кожухи; 12 – рухома рама

Рисунок 1.2 – Комбінований посівний агрегат

Загальна якість виконання технологічних процесів, зокрема операції висіву насіння трав, безпосередньо залежить від ефективності роботи робочих органів посівного агрегата. Від їхньої конструктивної досконалості та функціональної надійності значною мірою залежить формування

високопродуктивних посівів, що забезпечують урожай зеленої маси, сіна та насіння. З метою недопущення злежування або утворення грудок насіння у бункері в сучасних модифікованих комбінованих агрегатах застосовують спеціальний механізм для розпушування насінневої маси.

Розпушувач, виконаний у формі шнека, інтегровано в конструкцію бункера поруч із висівним механізмом. Він забезпечує постійне перемішування та рівномірну подачу насіння до дозувальних отворів у днищі бункера. Привід шнека та висівного апарата здійснюється через ланцюгову передачу, що гарантує синхронність їх роботи.

Комбіновані посівні агрегати цієї конструкції призначені для агрегатування з тракторами типу Т-25А. Машина є навісною, а її активні робочі органи приводяться в дію від валу відбору потужності застосовуваного трактора, що забезпечує стабільний і енергетично ефективний режим роботи.

Посівний агрегат для висіву трав має модульну конфігурацію та складається з елементів декількох типів сільськогосподарських машин: ґрунтообробних знарядь, пристроїв для внесення мінеральних добрив, висівних апаратів, а також котків для ущільнення поверхні ґрунту після сівби. Така конструкція повністю відповідає нормативним вимогам уніфікації, оскільки у складі машини застосовані стандартні вузли та деталі.

До основних складових посівного агрегата належать:

- фреза як активний робочий орган;
- висівні апарати для насіння та мінеральних добрив;
- основна та допоміжна рами;
- прикочуючий коток;
- карданні передачі;
- захисні щитки та інші конструктивні елементи.

Переведення агрегата з робочого положення у транспортне та навпаки здійснюється за допомогою гідравлічної системи навіски трактора, що забезпечує швидке й безпечне перемикавання режимів експлуатації.

### **1.3. Аналіз вихідних даних та обґрунтування теми кваліфікаційної роботи**

Посівні агрегати для висіву насіння трав призначені для використання в різноманітних природно-кліматичних умовах України, включно з вологими та складними ґрунтовими умовами зони Полісся. У межах Полісся виділяють шість агроґрунтових районів, які характеризуються значною строкатістю ґрунтового покриву: від дернових слабкопідзолистих і сірих лісових до темно-сірих опідзолених ґрунтів, чорноземів та вилужених легкосуглинкових супіщаних ґрунтів із малоущільненим підґрунтям. Така різноманітність визначає необхідність адаптації технології посіву та налаштування агрегата залежно від конкретних умов поля.

Комбінований посівний агрегат для трав агрегується з трактором Т-25А, працюючи як навісна машина. Привід активних робочих органів здійснюється від валу відбору потужності трактора, що забезпечує стабільну роботу фрези та синхронність виконання технологічних операцій.

Висів насіння трав на нових ділянках потребує ретельної підготовки ґрунту та забезпечення необхідної глибини загортання – 1–2 см, що є критично важливим для дрібнонасінних культур. Оптимального контакту насіння з ґрунтом досягають за допомогою прикочування, яке забезпечується котками після висіву.

Важливо дотримуватися встановлених агротехнічних строків проведення сівби, оскільки від своєчасності виконання цієї операції залежить рівномірність сходів та подальша продуктивність травостою.

Активними робочими органами агрегата слугують фрези, оснащені прямими ножами або гачками, закріпленими жорстко чи на шарнірних з'єднаннях. Під час роботи швидкість руху трактора не повинна перевищувати 6 км/год, що забезпечує належну якість обробітку. Частота обертання фрези у машинах аналогічної конструкції зазвичай становить 3,5...4,0 с<sup>-1</sup>. Для роботи з трактором Т-25А необхідно забезпечити відповідність частоти обертання

робочих органів частоті обертання ВВП трактора, яка становить 545 об/хв. Це потребує використання відповідних передатних чисел у приводній системі агрегата для досягнення необхідного робочого режиму.

Оскільки комбінований посівний агрегат виконує кілька технологічних операцій – поверхневий обробіток ґрунту, внесення мінеральних добрив та висів насіння трав – під час його експлуатації необхідно враховувати властивості ґрунту, добрив і насіннєвого матеріалу як єдину взаємопов’язану систему. Саме сукупність цих характеристик визначає якість виконання технологічного процесу та ефективність роботи агрегата.

Одним із важливих параметрів, що впливає на роботу ножів фрези, є так звана стиглість ґрунту – його здатність до якісного обробітку за певних умов вологості. Для дерново-підзолистих ґрунтів оптимальний рівень вологості, за якого ґрунт легко піддається різанню та розпушуванню, становить 12...22%, тоді як для чорноземів цей показник вищий і знаходиться в межах 17...30% [20]. Недотримання цих параметрів призводить до зниження ефективності роботи фрези, руйнування структури ґрунту або надмірного налипання.

Технологічні властивості мінеральних добрив включають такі показники, як щільність, гранулометричний склад, сипучість, здатність до рівномірного розсіювання, в’язкість та гігроскопічність. Щільність гранульованих мінеральних добрив зазвичай лежить у діапазоні 0,8–1,7 т/м<sup>3</sup>, а розмір гранул – 1–5 мм. Інші властивості можуть істотно змінюватися залежно від умов зберігання, вологості повітря та попередньої підготовки добрив до внесення [20]. Ці параметри визначають рівномірність подачі та дозування добрив висівним апаратом.

Властивості насіння трав, що впливають на їх взаємодію з робочими органами агрегата, включають вологість, гігроскопічність, форму і розмір насінин, коефіцієнт тертя, щільність та кути природного схилу. Ці характеристики впливають на сипучість насіннєвого матеріалу, рівномірність подачі до отворів дозування, а також на якість загортання.

Оскільки аналізований посівний агрегат є комбінованим, для забезпечення високої якості виконання всього технологічного процесу необхідно провести комплексне дослідження конструкції його складових: робочих органів поверхневого обробітку ґрунту, механізмів висіву насіння та внесення добрив, а також системи прикочування. Взаємодія цих елементів визначає ефективність посіву дрібнонасінних культур і загальну продуктивність агрегата.

Так як оптимальна глибина загортання насіння багаторічних трав становить 1,5...2 см, до якості підготовки посівного шару висуваються підвищені вимоги. Дрібнонасінні культури особливо чутливі до вологості ґрунту в момент сівби, тому значні інтервали між завершенням передпосівного обробітку та висівом негативно впливають на польову схожість і, відповідно, на загальну продуктивність травостою.

Аналізований комбінований посівний агрегат дає змогу якісно виконувати поверхневий обробіток ґрунту на задану глибину з одночасним внесенням мінеральних добрив та висівом насіння трав. Така технологічна схема забезпечує оптимальні умови для рівномірного розміщення насіння в ґрунті, стабільного проростання та подальшого формування дружних сходів.

Ефективність роботи агрегата та якість виконання технологічних операцій, передусім висіву – визначаються конструкцією та надійністю його робочих органів. Саме від їх коректної взаємодії із ґрунтом та насіннєвим матеріалом залежить отримання високих урожаїв як зеленої маси, так і сіна та насіння трав.

Таким чином, створення та вдосконалення комбінованих посівних агрегатів, здатних забезпечувати якісне виконання комплексу технологічних операцій – поверхневого обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив та висіву дрібнонасінних культур, є актуальним і важливим науково-практичним завданням.

У межах даної магістерської кваліфікаційної роботи, поряд із дослідженням особливостей технології вирощування багаторічних трав,

поставлено завдання обґрунтувати параметри комбінованого посівного агрегата. Особливу увагу приділено використанню в його конструкції висівних апаратів зі спеціальними пристроями для розпушування насіння, що дозволяє усунути проблему можливого злежування та нерівномірної подачі насіннєвого матеріалу.

## **2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1. Сучасний стан і напрями досліджень технології вирощування багаторічних трав**

Сучасний етап розвитку кормовиробництва характеризується посиленням уваги до технологій вирощування багаторічних трав, які розглядаються як один із ключових компонентів сталого землеробства та екологічно збалансованих агросистем. Наукові дослідження останніх років акцентуються на питаннях підвищення продуктивності та довговічності травостоїв, удосконалення систем удобрення, оптимізації способів та строків сівби, а також на підвищенні екологічної та енергетичної ефективності технологій вирощування багаторічних кормових культур.

В Україні проблематику вирощування багаторічних трав активно досліджують провідні наукові установи Національної академії аграрних наук, зокрема Інститут кормів та сільського господарства Поділля, Інститут землеробства, Інститут зрошуваного землеробства, а також профільні кафедри аграрних університетів. Дані їхніх багаторічних досліджень свідчать, що впровадження комплексного підходу – правильного передпосівного обробітку ґрунту, раціональної системи удобрення, добору адаптованих сортів і видів, своєчасного скошування та догляду за травостоєм – забезпечує підвищення врожайності зеленої маси на 20–40 % та продовжує період господарського використання травостоїв до 6–8 років [8].

#### **Дослідження вітчизняних учених**

Вітчизняні дослідники приділяють значну увагу вдосконаленню технологій вирощування злакових і бобових багаторічних трав у різних природно-кліматичних регіонах України. Зокрема, Панфілова А. Т. [23] встановила, що на чорноземах Лісостепової зони найвищу продуктивність забезпечують травосуміші на основі костриці лучної та люцерни за умови внесення 60–90 кг/га діючої речовини азотних добрив. Дослідження

Бабича А.О. [23] засвідчили, що використання адаптованих сортів люцерни та еспарцету сприяє підвищенню вмісту сирого протеїну в зеленій масі на 2–3 % порівняно зі звичайними посівами, що підвищує кормову цінність сумішей.

Важливим напрямом роботи українських науковців є також дослідження агроекологічного значення багаторічних трав. Доведено, що систематичне використання таких культур сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті, покращенню водно-фізичних властивостей та активізації мікробіологічних процесів. За результатами досліджень Шевченка О. І. [22], після п'ятирічного циклу використання багаторічних травостоїв уміст гумусу в орному шарі зростає на 0,1–0,15 %, а кількість доступних форм азоту збільшується на 10–15 мг/кг ґрунту, що свідчить про ґрунтополіпшувальний ефект багаторічних трав.

### **Міжнародні напрями досліджень**

У світовому науковому просторі дослідження багаторічних трав охоплюють значно ширше коло питань, ніж лише їх використання як кормової бази. Зростає інтерес до ролі цих культур у пом'якшенні змін клімату, відновленні деградованих земель та розвитку біоенергетики. За даними видання *Sustainability* (2023), тривале вирощування злакових багаторічних трав сприяє акумулюванню вуглецю в ґрунті на рівні близько 0,5 т/га щороку, що істотно знижує загальний вуглецевий слід агровиробництва [27].

Важливим напрямом міжнародних досліджень є вивчення багаторічних трав як енергетичних культур. Значний науковий інтерес викликають міскантус (*Miscanthus giganteus*), свічграс (*Panicum virgatum*) та костриця очеретяна (*Phalaris arundinacea*). Згідно з результатами робіт європейських і північноамериканських дослідників (журнали *Energies*, 2022; *Agronomy*, 2023), ці культури здатні формувати урожай сухої біомаси понад 15 т/га з енергетичним виходом 250–300 ГДж/га, при цьому характеризуються низькою потребою у добривах та передпосівному обробітку [23].

Паралельно з енергетичними напрямами активно розвиваються дослідження у сфері насінництва багаторічних трав. Вивчаються шляхи оптимізації густоти стояння рослин, режимів живлення та способів збирання

насіннєвих травостоїв. Зокрема, у дисертаційних дослідженнях українських учених (Сладковська Т. А., 2020) доведено, що удосконалення системи удобрення та вибір оптимальних строків збирання дає змогу підвищити урожайність насіння тимофіївки лучної на 25–30 % без погіршення його посівних властивостей [24].

### **Новітні технологічні підходи**

Одним із провідних і перспективних напрямів розвитку технологій вирощування багаторічних трав є впровадження ресурсозберігаючих та біологізованих систем землеробства. Такі технології передбачають застосування органічних і бактеріальних добрив, біостимуляторів росту, сидеральних культур, а також мінімізацію інтенсивності обробітку ґрунту. Використання цих елементів дозволяє не лише знизити собівартість продукції, але й поліпшити екологічний стан агроценозів, сприяючи відновленню родючості ґрунтів та зменшенню антропогенного навантаження. Згідно з даними Інституту землеробства НААН (2022), обробка насіння люцерни бактеріальним препаратом *Різоагрин* забезпечує підвищення урожайності зеленої маси на 8–12 %, а вміст білка збільшується на 6–8 % [8].

Суттєвого розвитку набувають також сучасні цифрові агротехнології, що включають моніторинг стану посівів та дистанційне управління травостоями із застосуванням безпілотних літальних апаратів і супутникових систем спостереження. У країнах Європейського Союзу такі методи використовуються для оптимізації строків скошування, оцінки продуктивності та прогнозування накопиченої біомаси у реальному часі, що підвищує точність прийняття управлінських рішень [24].

Таким чином, сучасні наукові дослідження у галузі вирощування багаторічних трав орієнтовані на поєднання високої продуктивності культур, економічної ефективності та екологічної стійкості. Основними тенденціями розвитку є впровадження адаптивних технологій, біологізація землеробства, підвищення енергоефективності виробництва та активне використання цифрових інструментів для управління травостоями. Реалізація цих підходів

сприяє формуванню науково обґрунтованих, екологічно збалансованих та ефективних систем вирощування багаторічних трав, здатних одночасно задовольняти потреби тваринництва та забезпечувати стабільність агроландшафтів.

## **2.2. Дослідження технології вирощування люцерни залежно від рівня мінерального живлення та частоти скошування**

Метою досліджень було вивчення впливу рівня мінерального живлення та частоти скошування на продуктивність та якісні показники люцерни посівної (*Medicago sativa* L.) у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області. Люцерна є цінною багаторічною кормовою культурою, що забезпечує високу врожайність зеленої маси і сухої речовини та характеризується значним вмістом білка. Оптимізація системи живлення і режиму скошування сприяє підвищенню продуктивності посівів і якості корму.

### **Методика проведення дослідів**

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в межах агропідприємство ПАП «Дзвін», що спеціалізується у вирощуванні зернових, зернобобових та кормових культур та цукрового буряку, і розташоване в селі Звиняч Чортківського району Тернопільської області.

Схема дослідів передбачала вивчення двох факторів:

*Фактор А – рівень мінерального живлення:*

- Без добрив (контроль);
- N30P60K60;
- N60P90K90;
- N90P120K120.

*Фактор В – частота скошування:*

- Два укоси;

- Три укоси;
- Чотири укоси.

*Облікові параметри:*

- урожайність зеленої маси, т/га;
- урожайність сухої речовини, т/га;
- вміст сирого протеїну, %;
- довговічність травостою.

Дослід закладали методом рандомізованих блоків у чотирьох повтореннях. Площа облікової ділянки становила 10 м<sup>2</sup>. Під час вегетації проводили стандартні агротехнічні заходи. Зразки для аналізу відбирали з кожної ділянки з урахуванням біологічних повторень.

## **Результати дослідження**

### **1. Вплив мінерального живлення на продуктивність люцерни**

Внесення мінеральних добрив мало суттєвий позитивний вплив на ріст та розвиток рослин люцерни. Найбільше реагували рослини на підвищені дози фосфору та калію, що забезпечували інтенсивніший розвиток кореневої системи та підвищення вмісту білка.

Таблиця 2.1 – Урожайність зеленої та сухої маси

| Рівень добрив | Урожайність зеленої маси, т/га | Урожайність сухої речовини, т/га | Приріст до контролю, % |
|---------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Контроль      | 28,4                           | 6,2                              | –                      |
| N30P60K60     | 34,7                           | 7,9                              | +17,3                  |
| N60P90K90     | 41,6                           | 9,4                              | +34,6                  |
| N90P120K120   | 45,3                           | 10,1                             | +43,5                  |

Найвищу врожайність отримано при внесенні N90P120K120, що зумовлено інтенсивним гілкуванням та швидким відростанням після укосів.

Рівень N60P90K90 забезпечив оптимальне співвідношення врожайності та економічної ефективності.

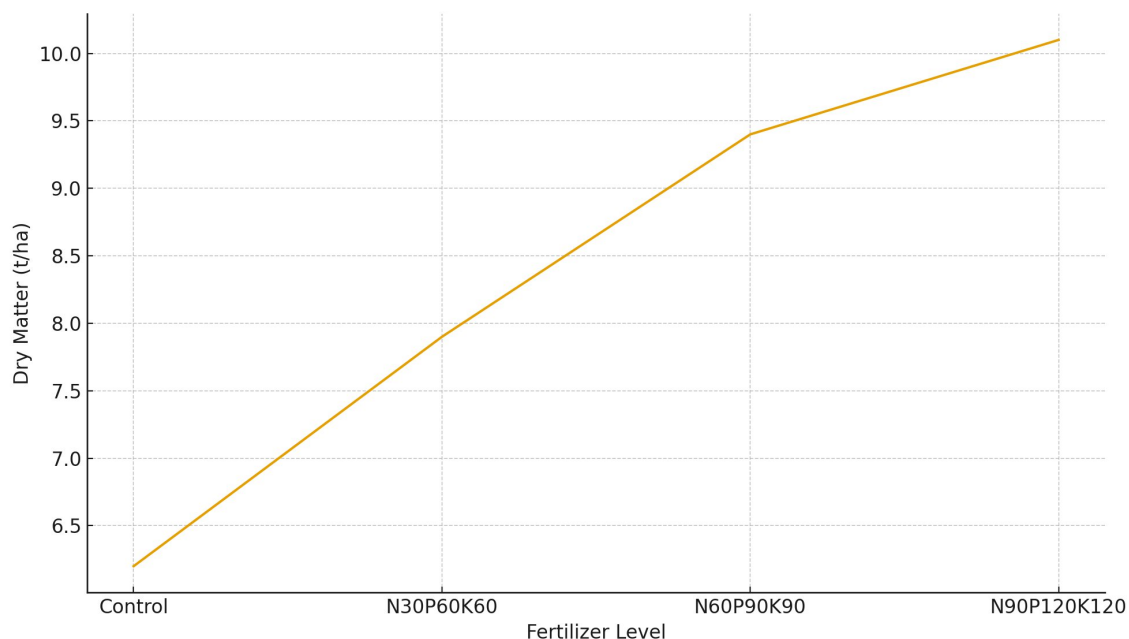


Рисунок 2.1 – Вплив мінерального живлення

Графік демонструє лінійне зростання врожайності сухої речовини зі збільшенням рівня мінерального живлення. Найбільший приріст спостерігається при високих дозах NPK, що свідчить про сильну реакцію люцерни на фосфорно-калійне живлення.

## 2. Вплив частоти скошування на продуктивність і якість корму

Частота скошування впливає не лише на урожайність, але й на якість корму, вміст сирого протеїну та відновлювальну здатність люцерни.

Таблиця 2.2 – Урожайність залежно від кількості укосів

| Частота укосів | Урожайність зеленої маси, т/га | Суша речовина, т/га | Вміст сирого протеїну, % |
|----------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 2 укоси        | 33,1                           | 7,8                 | 17,2                     |
| 3 укоси        | 40,5                           | 9,3                 | 19,1                     |
| 4 укоси        | 38,7                           | 8,5                 | 20,4                     |

3 укоси забезпечили найвищу врожайність сухої речовини – оптимальний режим у більшості кліматичних зон.

4 укоси дали вищий вміст протеїну, але знижену загальну врожайність через недостатній період відновлення.

2 укоси формували потужніший травостій, але з нижчим вмістом білка.

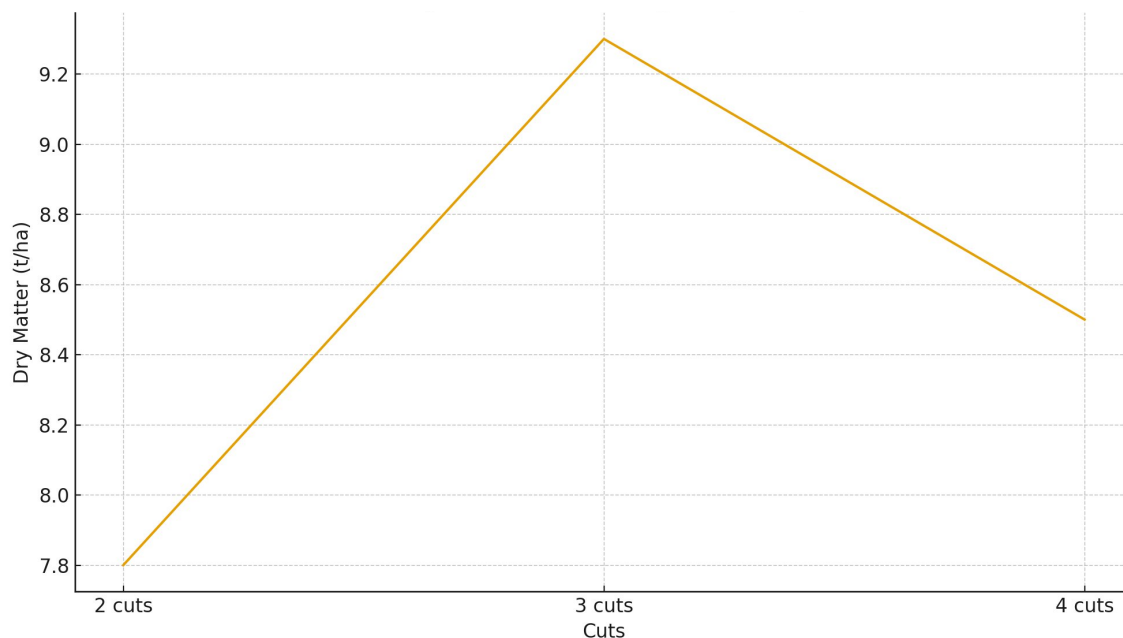


Рисунок 2.2 – Вплив частоти скошування

Максимальна врожайність сухої речовини спостерігається при трьох укосах. Два укоси дають нижчий вихід маси, а чотири укоси призводять до виснаження рослин і зменшення продуктивності.

### 3. Взаємозв'язок мінерального живлення та частоти скошування

Найвищі результати отримано при поєднанні середніх та високих доз добрив з помірною частотою скошування (3 укоси).

Таблиця 2.3 – Комбіновані результати (фактор А × фактор В)

| Добрива / Укоси | 2 укоси (т сух. реч./га) | 3 укоси | 4 укоси |
|-----------------|--------------------------|---------|---------|
| Контроль        | 6,4                      | 6,9     | 5,8     |
| N30P60K60       | 7,9                      | 8,7     | 7,3     |
| N60P90K90       | 8,8                      | 10,2    | 8,4     |
| N90P120K120     | 9,2                      | 10,7    | 8,9     |

Максимальна продуктивність – 10,7 т сухої речовини/га за умов внесення N90P120K120 та трьох укосів.

За чотирьох укосів рослини інтенсивніше виснажуються, тому внесення навіть високих доз добрив не компенсує зниження врожайності.

Дворазове скошування забезпечує найстійкіший травостій, але значно поступається за виходом корму на гектар.

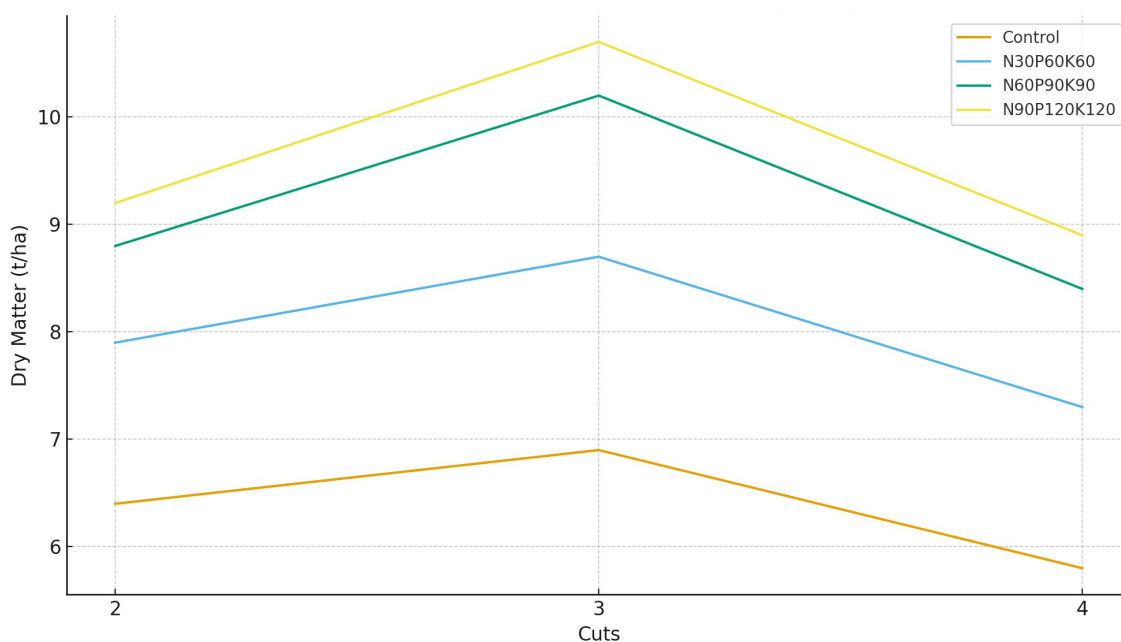


Рисунок 2.3 – Комбінований вплив живлення та скошування

Комбінований графік показує, що найвищий урожай отримано при N90P120K120 і трьох укосах. Чотири укоси значно зменшують ефективність навіть за високого живлення.

#### 4. Вміст сирого протеїну в залежності від добрив і укосів

Накопичення білка в люцерні пов'язане з азотним живленням та віком рослин у фазу скошування.

Таблиця 2.4 – Дані щодо протеїну

| Фактор    | Протеїн, % | Примітка             |
|-----------|------------|----------------------|
| Контроль  | 16,3       | низький азотний фонд |
| N30P60K60 | 18,5       | стабільне покращення |

|             |      |                                        |
|-------------|------|----------------------------------------|
| N60P90K90   | 20,1 | максимальний приріст                   |
| N90P120K120 | 20,5 | межа ефективності азотного живлення    |
| 2 укоси     | 17,2 | старіша фаза розвитку                  |
| 3 укоси     | 19,1 | оптимальний вік рослин                 |
| 4 укоси     | 20,4 | молодший стеблостій, але менший урожай |

Висновок: найкращий баланс між продуктивністю і якістю корму – при внесенні N60P90K90 і трьох укосах.

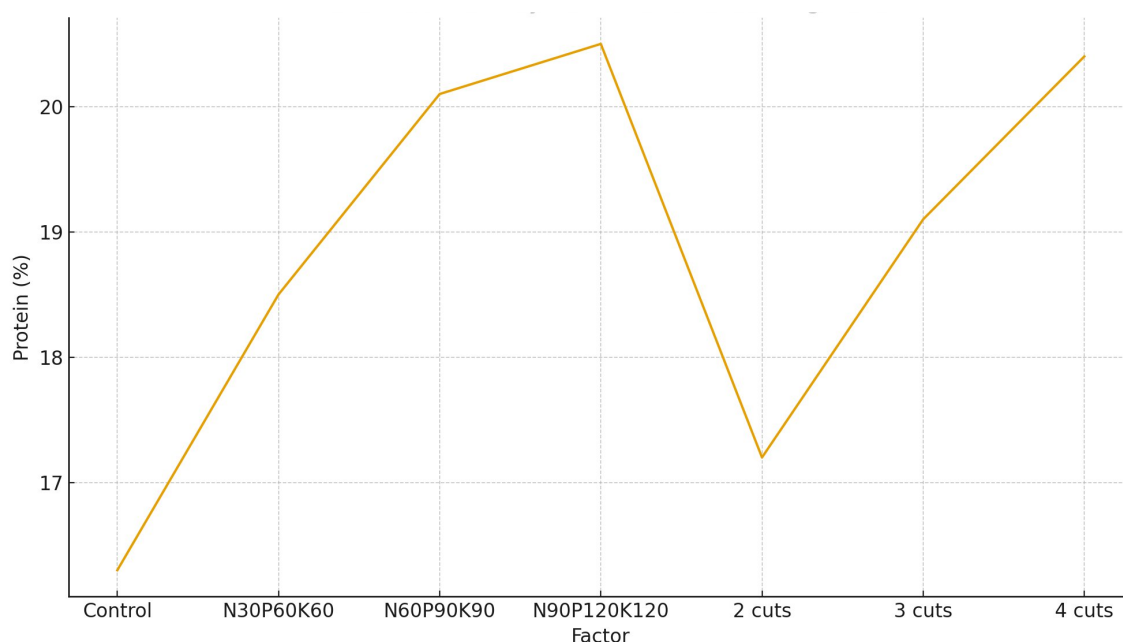


Рисунок 2.4 – Вміст сирого протеїну

Вміст протеїну зростає як із підвищенням мінерального живлення, так і зі збільшенням частоти укосів. Максимальні показники протеїну фіксуються при чотирьох укосах та високих дозах NPK.

### **5. Довговічність травостою**

При 2 укосах травостій зберігається 4–5 років.

При 3 укосах – 3–4 роки.

При 4 укосах – 2–3 роки через виснаження кореневої системи.

Підвищення частоти укосів прискорює виснаження, тому в інтенсивних технологіях необхідно збільшувати дози добрив.

### **Висновки**

1. Мінеральне живлення суттєво впливає на продуктивність люцерни:
  - приріст сухої маси становив до 43–45 % при високих дозах NPK.
2. Частота скошування має критичне значення:
  - найбільша урожайність сухої речовини – при трьох укосах,
  - найвищий вміст протеїну – при чотирьох укосах.
3. Оптимальне поєднання факторів:
  - N60P90K90 + 3 укоси – найбільш економічно доцільний варіант;
  - N90P120K120 + 3 укоси – максимальна продуктивність, але дорожче.
4. Довговічність травостою зменшується при збільшенні частоти укосів, особливо без достатнього живлення.

Результати досліджень свідчать, що продуктивність люцерни значною мірою залежить від забезпечення рослин мінеральними елементами живлення та регламентованої частоти скошування. Внесення добрив сприяє збільшенню врожайності зеленої та сухої маси, підвищує вміст сирого протеїну та пришвидшує відновлення рослин після укосів. Найбільш ефективною технологією вирощування є поєднання середнього рівня мінерального живлення (N60P90K90) з трьома укосами за сезон, що забезпечує високу врожайність кормової маси, добру якість та прийнятні економічні показники.

### **2.3. Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо технології вирощування багаторічних трав**

Аналіз сучасних наукових публікацій і узагальнення результатів експериментальних досліджень підтверджують, що багаторічні трави посідають

ключове місце у структурі сталого землеробства, кормовиробництва та екологічної рівноваги агроландшафтів. Їх вирощування забезпечує не лише стабільне виробництво високоякісних кормових ресурсів, а й позитивно впливає на ґрунтовий покрив: покращує його родючість, знижує інтенсивність ерозійних процесів, сприяє фіксації атмосферного азоту та збільшенню кількості органічної речовини в орному шарі.

Результати проведених в Україні та за кордоном досліджень демонструють, що підвищення продуктивності та тривалості використання багаторічних травостоїв значною мірою залежить від оптимізації технологічних елементів: правильного добору видового складу, раціональної системи удобрення, науково обґрунтованої системи обробітку ґрунту та ефективної організації використання травостою. Сукупність цих факторів визначає вплив технології вирощування на продуктивність культур та екологічну стабільність агроєкосистем.

### **Аналіз результатів досліджень**

#### *Добір видів і травосумішей*

Раціональний і науково обґрунтований підбір видового складу багаторічних трав, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, є ключовим чинником формування високопродуктивних і довговічних травостоїв. Доведено, що поєднання у травосумішах бобових культур (люцерни, конюшини, еспарцету) зі злаковими компонентами (кострицею лучною, тимофіївкою лучною, райграсом пасовищним) забезпечує підвищення врожайності зеленої маси на 15–25 % порівняно з монопосівами. Бобові культури, завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту, здатні збагачувати ґрунт на 150–200 кг/га азоту за вегетаційний період, що суттєво покращує азотний режим ґрунту й позитивно впливає на врожайність наступних культур у сівозміні.

#### *Система удобрення*

Ефективна система живлення багаторічних трав базується на поєднанні органічних і мінеральних добрив з використанням біопрепаратів, що забезпечує

високу врожайність і одночасно сприяє екологічній безпечності технології. Найбільш збалансованим є співвідношення елементів живлення N:P:K = 1:0,7:1, за якого азотні добрива вносять ранньою весною та після першого укосу. На кислих ґрунтах обов'язковим є проведення вапнування у нормі 2–4 т/га CaCO<sub>3</sub>, а насіння бобових культур потребує інокуляції штамами бульбочкових бактерій. Застосування таких технологічних прийомів дозволяє підвищити врожайність зеленої маси люцерни до 45–50 т/га, конюшини – до 40–45 т/га, а змішаних бобово-злакових травосумішей – до 55 т/га.

#### *Обробіток ґрунту*

Сучасні тенденції розвитку землеробства підкреслюють доцільність переходу до ресурсозберігаючих систем обробітку, зокрема мінімального та безвідвального. Такі технології сприяють збереженню структури ґрунту, підвищенню його вологоутримувальної здатності та активізації біологічних процесів. Науковими дослідженнями підтверджено, що використання мінімального та безвідвального обробітку не знижує врожайності багаторічних трав, а енерговитрати при цьому зменшуються на 15–20 % порівняно з традиційною поліцевою оранкою.

#### *Сівба та догляд*

Для формування рівномірних і дружніх сходів необхідно суворо дотримуватися оптимальної глибини загортання насіння: 1–1,5 см для дрібнонасінних бобових культур та 2–3 см для злакових видів. Важливою складовою технології є післяпосівне коткування, яке забезпечує щільний контакт насіння з ґрунтом та покращує умови для проростання. У перший рік вегетації основними заходами догляду є боротьба з бур'янами, контроль ущільнення ґрунту та підтримання оптимального водного режиму. На старіших травостоях ефективною практикою є регулярне підживлення та частковий підсів, що забезпечує підтримання щільності та продуктивності угідь протягом 6–8 років.

#### *Скошування та використання травостою*

Максимальна кормова цінність багаторічних трав досягається за умови

проведення скошування у фазі бутонізації для бобових культур та початку колосіння для злакових. Порушення оптимальних строків призводить до зниження вмісту сирого протеїну на 10–15 %, що зменшує поживність зеленої маси. За належної організації догляду травостій може забезпечувати 2–3 укоси на рік. Для пасовищного використання найбільш ефективною є система почергового випасу з періодом відновлення ділянок 25–30 днів, що сприяє рівномірному відростанню травостою та запобігає його деградації.

### **Сучасні тенденції та перспективи**

У сучасних умовах, що характеризуються кліматичними змінами, зростанням витрат на енергоресурси та погіршенням стану ґрунтів, особливої актуальності набуває впровадження біологізованих технологій вирощування багаторічних трав. Використання мікробіологічних препаратів, біостимуляторів росту, органічних добрив та сидеральних культур дозволяє суттєво зменшити хімічне навантаження на агроєкосистеми, сприяючи формуванню більш екологічно збалансованих та стійких систем землеробства.

За результатами досліджень Інституту землеробства НААН (2022), застосування біопрепарату *Різоагрин* у технології вирощування люцерни забезпечує підвищення урожайності на 8–12 % та збільшує вміст білка у зеленій масі до 18–20 % [8]. Одночасно стрімко розвиваються цифрові технології дистанційного моніторингу, зокрема використання безпілотних літальних апаратів, супутникових систем та індексного аналізу NDVI. Ці інструменти дають можливість здійснювати високоточний контроль за станом травостоїв, оцінювати рівень вологозабезпечення та визначати оптимальні строки скошування.

У світовій практиці зростає інтерес до вирощування енергетичних видів багаторічних трав, таких як міскантус (*Miscanthus giganteus*), свічграс (*Panicum virgatum*) та костриця очеретяна (*Phalaris arundinacea*). Дані численних досліджень свідчать, що ці культури здатні формувати врожай сухої біомаси понад 15 т/га, характеризуючись високою енергоефективністю, де коефіцієнт енергетичного виходу сягає 6,5–8,0. Інтеграція таких культур у структуру

посівів забезпечує можливість одночасного отримання високоякісних кормів та біоенергії, що відповідає сучасній концепції циркулярної економіки та сприяє підвищенню стійкості агровиробництва.

### **Практичні рекомендації**

На основі аналізу літературних джерел та досліджень можна сформулювати такі практичні рекомендації щодо технології вирощування багаторічних трав у різних природно-кліматичних зонах України:

*Підготовка ґрунту:* здійснювати глибокий основний обробіток (25–30 см) з вирівнюванням поверхні; на схилах – мінімальний або комбінований обробіток.

*Підбір видів:*

Полісся – тимофіївка лучна, стоколос безостий, конюшина повзуча, лядвенець рогатий;

Лісостеп – костриця лучна, люцерна, конюшина лучна;

Степ – еспарцет піщаний, житняк гребінчастий, люцерна жовта.

*Сівба:* ранньовесняна або літньо-осіння; норма висіву 18–25 кг/га у травосумішах; глибина загортання 1,5–2 см; післяпосівне коткування обов'язкове.

*Удобрення:* застосовувати повне мінеральне живлення (N60P45K60) у поєднанні з органікою або біопрепаратами; підживлення азотом після першого укошу.

*Догляд:* контроль бур'янів, весняне боронування, підсів кожні 3–4 роки, обмеження випасу.

*Скошування:* проводити у фазах бутонізації або колосіння, висота зрізу 6–7 см, не допускати пізнього збирання.

*Тривалість використання:* 5–8 років; після деградації травостою – переорювання і створення нового посіву.

### **Висновки**

Таким чином, технологія вирощування багаторічних трав повинна бути максимально адаптована до конкретних природно-кліматичних умов регіону та

орієнтована на повне використання біологічного потенціалу культур за умови мінімізації виробничих витрат. Ефективність такої технології забезпечується раціональним поєднанням традиційних агрозаходів із сучасними інноваційними рішеннями, впровадженням елементів біологізованого землеробства, точним управлінням ресурсами та використанням цифрових методів моніторингу стану травостоїв. Сукупність цих підходів створює сприятливі умови для отримання стабільно високої продуктивності, покращення якості кормової маси та підтримання екологічної рівноваги агроєкосистем.

Багаторічні трави залишаються одним із стратегічних компонентів аграрного виробництва України, адже вони не лише формують надійну кормову базу, але й сприяють зміцненню продовольчої безпеки, розвитку енергетичної незалежності та забезпеченню екологічної стійкості сільських територій. Саме їх інтеграція у сучасні системи землеробства є важливим чинником сталого розвитку аграрного сектору.

### 3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Обґрунтування параметрів посівного агрегату

##### 3.1.1. Експлуатаційно-технологічні параметри посівного агрегату

Ключовими експлуатаційними параметрами, що забезпечують якісне виконання технологічних операцій посівного агрегата, є швидкість його руху, величина тягового опору та потужність силового агрегата [3]. Саме ці показники визначають стабільність роботи робочих органів, рівномірність обробітку ґрунту і точність внесення насіння та добрив.

Беручи до уваги агротехнічні вимоги та технічні характеристики енергозасобу Т-25А, доцільно обрати швидкісний режим роботи, що відповідає другій та третій передачам коробки перемикання передач, які забезпечують оптимальне поєднання тягових властивостей і робочої швидкості агрегата [2].

При  $V_{II}=2,58$  км/год;  $V_{III}=5,69$  км/год., тягові зусилля на гаку складатимуть  $P_r^{II}=5,10$  кН;  $P_r^{III}=4,20$  кН.

Продуктивність агрегату (га/год) знайдемо так:

$$W = 0.1 \times B \times V_m, \quad (3.1)$$

де  $B=1,5$  м (згідно заданих вимог).

Отже

$$W_{II} = 0.1 \times 1,5 \times 2,58 = 0,39 \text{ га/год};$$

$$W_{III} = 0.1 \times 1,5 \times 5,69 = 0,85 \text{ га/год}.$$

Опір комбінованого агрегату для посіву [3]:

$$R_m = K_m \times B_p + s_m \times \sin \alpha, \quad (3.2)$$

$$R_{\text{м}} = 1000 \times 1,5 + 4000 \times 0,0523 = 1700 \text{ Н}.$$

Опір, що виникає під час руху енергозасобу по полю, може бути визначений із використанням відповідної розрахункової залежності:

$$R_{\text{мр}} = s_{\text{мр}} \times f, \quad (3.3)$$

$$R_{\text{мр}} = 17650 \times 0,15 = 2647,5 \text{ Н}.$$

Споживана потужність, необхідна для пересування машинно-тракторного агрегату, що складається з енергозасобу Т-25А та комбінованого посівного агрегата, визначається за відповідною розрахунковою залежністю [3]:

$$N_{\text{н}} = \frac{(R_{\text{мр}} + R_{\text{м}}) \times K_{\text{р}}}{3,6 \times \eta_{\text{мр}} \times \eta_{\text{б}}}, \quad (3.4)$$

$$N_{\text{н}}^{\text{II}} = \frac{(1,7 + 2,7) \times 2,58}{3,6 \times 0,95 \times 0,6} = 5,53 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{н}}^{\text{III}} = \frac{(1,7 + 2,7) \times 5,69}{3,6 \times 0,95 \times 0,6} = 12,2 \text{ кВт}.$$

Отже, результати проведених розрахунків свідчать, що потужність двигуна енергозасобу Т-25А є достатньою для забезпечення виконання технологічних операцій комбінованим посівним агрегатом у режимах роботи, що відповідають другій та третій передачам.

### 3.1.2. Кінематичні параметри

Комбіновані посівні агрегати у своєму складі містять чотири основні групи робочих органів: активні фрези для поверхневого обробітку ґрунту, висівні апарати для мінеральних добрив, висівні апарати для насіння трав, а також прикочувальні пристрої. З метою оптимізації конструктивних габаритів агрегата та раціонального використання потужності енергозасобу привод активних фрез реалізується від валу відбору потужності (ВВП) трактора, тоді як механізми висіву насіння і добрив отримують рух від прикочувальних котків.

Для аналізу роботи агрегата розроблено два варіанти кінематичних схем приводу робочих органів (див. рис. 3.1 та рис. 3.2). У конструкції прийнято стандартні параметри елементів приводу: труби відповідних типорозмірів, діаметр барабанів прикочувальних котків Ø270 мм, а також приводний ланцюг ПРЛ-19,05-2950 згідно з вимогами ГОСТ 13568-75.

З урахуванням швидкості руху енергозасобу Т-25А на третій передачі ( $V_{III} = 5,69$  км/год [2]), частоту обертання барабана визначають за формулою:  $n = V/\pi d$ . Перевівши швидкість трактора у метри за секунду та діаметр котка у метри, отримуємо відповідні розрахункові значення частоти обертання барабана.

$$n = \frac{1,58}{3,14 \times 0,27} = 1,86 \text{ с}^{-1}$$

З метою спрощення розрахунків, значення частот обертання барабанів визначимо як  $n = 112$  об/хв.

Для забезпечення приводу робочих органів на валах прикочувальних котків передбачено встановлення зірочок з числом зубців  $Z_5 = 14$ . Згідно з довідковими даними [9], частота обертання робочих органів гвинтового типу, що застосовуються для транспортування та дозування зернистих матеріалів, зазвичай знаходиться в межах  $n = 60\text{--}700$  об/хв.

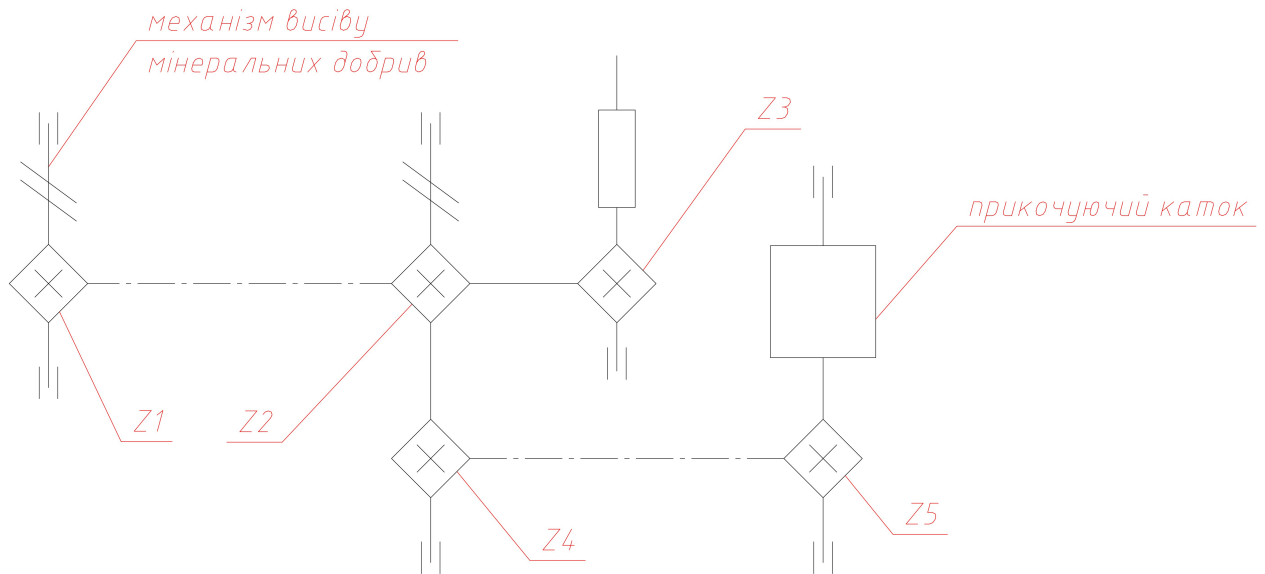


Рисунок 3.1 – Кінематична схема приводу висівного механізму

Беручи це до уваги, частоту обертання подаючих механізмів доцільно встановити дещо вищою за частоту обертання барабанів прикочувальних котків. Такий підхід дозволяє компенсувати можливе проковзування барабанів відносно поверхні ґрунту, забезпечуючи стабільність та рівномірність подачі насіння і мінеральних добрив під час роботи агрегату.

Прийmemo  $Z_4 = 12$ .

Тоді, передаточне число для вибраної передачі буде:

$$i = \frac{Z_5}{Z_4} = \frac{14}{12} = 1,16. \quad (3.5)$$

Частоту обертання валів приводу механізмів для висівання насіння трав доцільно встановити такою:

$$n_g = n_{\bar{g}} \times 1,16 \approx 112 \times 1,16 \approx 130 \text{ об / хв.} \quad (3.6)$$

Частоти обертання приводів пристроїв для розпушування насіння у

бункерах та механізмів його висіву приймаються однаковими.

$$n_2 = n_3 = 130 \text{ об/хв.}$$

Числа зубів зірочок будуть  $Z_3 = Z_2 = 12$ .

Водночас частоту обертання гвинтових механізмів, призначених для подачі мінеральних добрив, доцільно встановлювати дещо нижчою. Це зумовлено специфічними фізико-механічними властивостями гранульованих добрив – їх щільністю, схильністю до сегрегації, різною сипучістю – а також значно нижчими нормами внесення порівняно з висівом насіння трав.

Прийmemo  $Z_1 = 16$ .

Отже

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{12}{16} = 0,75. \quad (3.7)$$

Частота обертання валів механізму подавання міндобрив:

$$n_1 = n_2 \times i = 130 \times 0,75 = 97,5 \text{ об/хв.} \quad (3.8)$$

Аналіз робочого процесу фрез із активними робочими органами свідчить, що за швидкості руху агрегату в межах 2–6 км/год оптимальні частоти їх обертання повинні становити 3,5–4,0 с<sup>-1</sup>.

Отже  $n_\phi = 3,7 \text{ с}^{-1}$ , або  $n_\phi = 222 \text{ об/хв.}$

За умови, що частота обертання валу відбору потужності трактора становить  $n_{\text{ввп}} = 545 \text{ об/хв.}$ , загальне передавальне число буде

$$n_{\text{заг}} = \frac{545}{222} = 2,45.$$

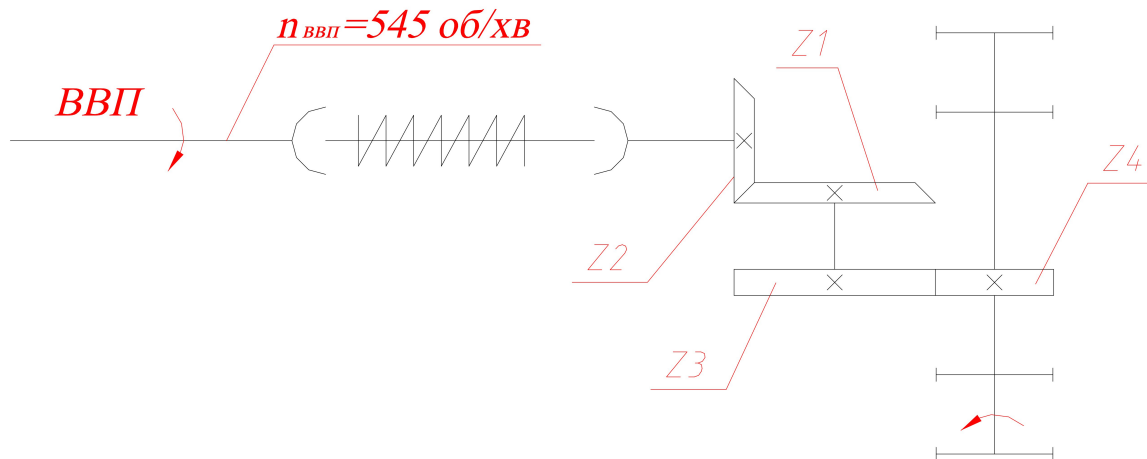


Рисунок 3.2 – Кінематична схема приводу фрез

Для приводу активних фрез у конструкції посівного агрегата передбачено застосування двоступінчастих редукторів, у яких використано конічні прямозубі передачі на першому ступені та циліндричні прямозубі понижуючі передачі на другому. Згідно з довідковими даними [16], раціональні значення передавальних чисел для прямозубих конічних і циліндричних передач зазвичай знаходяться в межах  $i = 1 \dots 2$ .

Для конічної передачі приймемо передаточне число  $i_k = 1,62$ , при  $Z_1 = 34$  і  $Z_2 = 21$ .

Тоді, частота обертання проміжних валів складатиме:

$$n_{\text{пром}} = \frac{n_{\text{ввп}}}{i} = \frac{545}{1,62} = 336 \text{ об/хв.} \quad (3.9)$$

Необхідні передаточні числа для циліндричної прямозубої передачі:

$$i_u = \frac{n_{\text{пром}}}{n_{\text{ф}}} = \frac{336}{222} = 1,51 \quad (3.10)$$

Число зубів шестерні  $Z_3 = 31$ ,

число зубів колеса  $Z_4 = Z_3 \cdot i_{\text{ц}} = 31 \cdot 1,51 = 46,81$ .

Приймаємо  $Z_4 = 47$ .

### 3.1.3. Маса насіння трав, поміщене в бункері

Провівши аналіз існуючих конструкцій бункерів пристроїв для внесення мінеральних добрив і транспортування зернистих сипких матеріалів [3], а також з метою уніфікації складових елементів комбінованих посівних агрегатів для висіву насіння трав, було розроблено конструкцію бункера, поперечний переріз якого подано на рис. 3.3.

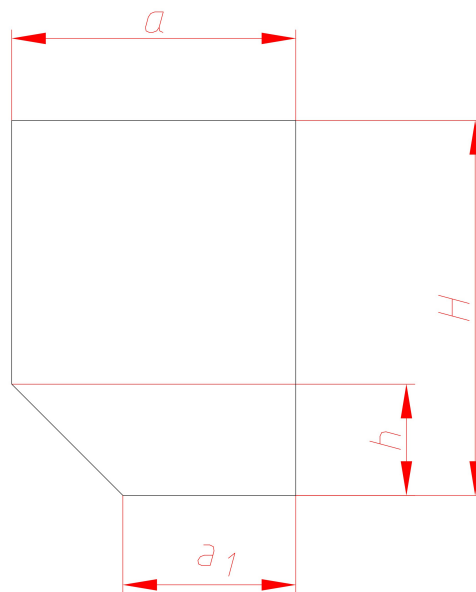


Рисунок 3.3 – Форма бункера для насіння трав

Об'єм бункера визначають як суму об'ємів двох геометричних елементів, при цьому їх висота приймається рівною ширині захвату посівного агрегату В.

$$V_{\text{г}} = (H - h) \times a \times B; \quad (3.11)$$

$$V_{II} = \frac{1}{2} (a - a_1) \times B. \quad (3.12)$$

Тобто

$$V_{\Sigma} = V_I + V_{II} = \frac{1}{2} (H - h) \times a + \frac{1}{2} (a + a_1) \times h \times B. \quad (3.13)$$

Тоді:

$$V_{\Sigma} = V_I + V_{II} = \frac{1}{2} (0,42 - 0,17) \times 0,20 + \frac{1}{2} (0,20 + 0,04) \times 0,17 \times 0,5 = 0,106 \text{ м}^3.$$

Маса матеріалу (кг), яка знаходиться в бункері [9]:

$$G_M = 10^3 \times V_{\Sigma} \times \rho_n \times \rho_{po}, \quad (3.14)$$

$$G_M = 10^3 \times 0,106 \times 0,8 = 84,8 \text{ кг}.$$

### 3.1.4. Параметри висівального пристрою

У практиці рядкового висіву сипких сільськогосподарських матеріалів найчастіше використовують катушкові висівні апарати (див. рис. 3.4). Під час обертання катушок формується потоковий рух насіння: частина його надходить із жолобів у зоні II, інша частина – із простору між катушками та днищем висівного апарата у зоні III. У зоні I насіння переміщується самопливом під дією власної ваги.

Товщина активного робочого шару насіння у зоні взаємодії з катушками визначається фізико-механічними властивостями матеріалу та становить приблизно 4...6 крат від середнього розміру насінини.

Загальна товщину активних шарів:

$$h_n = \frac{h}{m_1} + 1. \quad (3.15)$$

Для насіння трави, приймаємо  $m_1 = 1,5$ .

Тоді

$$h_n = \frac{5}{2,5} + 1 = 2 \text{ мм.}$$

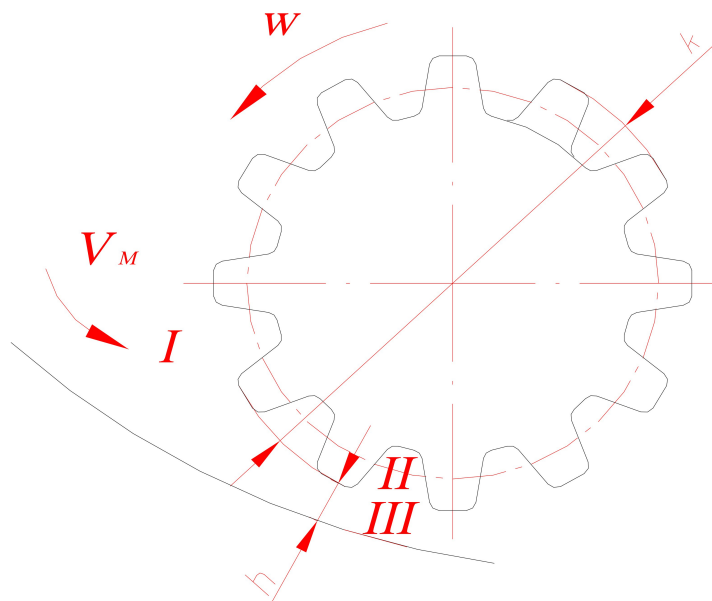


Рисунок 3.4 – Схематизація катушкового висівального апарату

### Параметри катушкового дозатора

Робочий об'єм катушкових дозаторів визначається як сума двох

складових: об'єму насіння, що утримується в жолобах катушок ( $V_{ж}$ ), та об'єму насіння, яке знаходиться в активному робочому шарі ( $V_{акт}$ ) [9].

Відповідно, об'єм насіння, що накопичується в жолобах катушок, може бути визначений на основі наступної залежності:

$$V_{жс} = R_3 \times S_{жс} \times Z_{жс} \times \lambda_k, \quad (3.16)$$

За діаметра  $d_k = 70$  мм, площа перерізу жолобів визначатиметься їх профілем (див. рис.3.5).

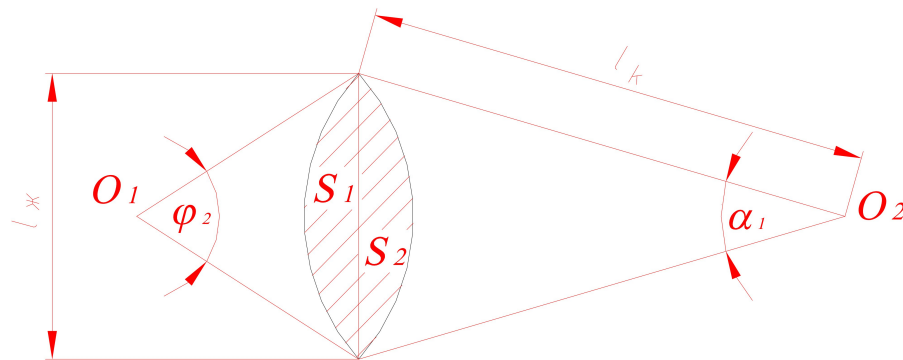


Рисунок 3.5 – Схема до визначення профілю жолобів

Знайдемо площу перерізу профіля:

$$S_{жс} = S_1 + S_2 = \frac{l_k^2 \times (\alpha' - \sin \alpha')}{8} + \frac{r^2 \times (\varphi_2 - \sin \varphi_2)}{2}, \quad (3.17)$$

де  $\alpha' = \arcsin l_{жс}/d_{жс}$ ;

$\varphi_2 = 2\arcsin l_{жс}/2r$ ;

$l_{жс} = l_k \cdot \sin \pi/Z_{жс} - \delta_{жс}$ .

Отже

$$l_{жс} = 70 \cdot \sin 180/10 + 5 = 16 \text{ мм};$$

$$\varphi'2 = 2 \cdot \arcsin 16/2 \cdot 12 = 0,99;$$

$$\alpha' = \arcsin 16/70 = 0.22.$$

При  $\alpha = 8^\circ$  і  $\varphi_2 = 120^\circ$ , будемо мати

$$S_{жс} = \frac{70^2 \times (0,22 - 0,14)}{8} + \frac{12^2 \times (0,99 - 0,5)}{2} = 84,28 \text{ мм}^2.$$

Знайдемо об'єм насіння активних шарів за одиницю часу:

$$V_{ак} = h_n \cdot V_k \cdot l_k. \quad (3.18)$$

Таким чином, об'єм насіння  $V_{акт}$ , що знаходиться у товщі активного шару та може бути поданий у зону висіву протягом одного повного оберту катушок, визначається на основі відповідної розрахункової залежності:

$$V_{акт} = \pi \cdot d_k \cdot n_k \cdot l_k. \quad (3.19)$$

Знайдемо робочі об'єми  $V_k$ .

$$V_k = (R_3 \cdot S_{жс} \cdot Z_{жс} + \pi \cdot d_k \cdot h_{л}) \cdot l_k. \quad (3.20)$$

Отже

$$V_k = (0,9 \cdot 84,28 \cdot 10 + 3,14 \cdot 70 \cdot 5) \cdot 50 = 92,9 \text{ см}^3.$$

### Продуктивність висівного апарату насіння трав

Однією з характерних особливостей обраної конструкції комбінованого посівного агрегату є відсутність традиційних сошників, насінне- і тукопроводів. Подача насіння здійснюється безпосередньо з бункера крізь отвори, розташовані в донній частині насінневих секцій. Для забезпечення вільного падіння насіннєвого матеріалу діаметр цих отворів прийнято 20 мм. Їхній робочий переріз регулюється за допомогою шиберної заслонки, що дозволяє змінювати інтенсивність висіву.

Подальші розрахунки проводитимуться для випадку, коли шиберна заслонка повністю відкрита. У цьому режимі витрата насіння  $Q_1$  визначається законом витікання сипких матеріалів через отвір, що за фізичною суттю відповідає моделі витікання рідини. Відповідно, обчислення витрати здійснюються згідно з відомою залежністю [9]:

$$Q_1 = m \times S \times \sqrt{2 \times g \times h}, \quad (3.21)$$

$$Q_1 = 0,3 \times 3,14 \times 0,01^2 \times \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 0,015}{0,54}} = 0,05 \times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Кількість отворів, передбачених у донній частині насіннєвого бункера, визначається з урахуванням робочої ширини захвату агрегату.

$$n = \frac{B}{d + 1} = \frac{1450}{20 + 5} = 58. \quad (3.22)$$

Продуктивність посівного агрегату, з урахуванням густини насіннєвого матеріалу, яка становить  $1,103 \text{ кг/м}^3$ , визначатиметься згідно з відповідною розрахунковою залежністю:

$$W = Q_1 \cdot n \cdot \rho, \quad (3.23)$$

$$W = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 58 \cdot 1,1^3 = 2,9 \text{ кг/с.}$$

### Параметри механізму для перемішування насіння

Механізми перемішування насіння, застосовані в конструкції бункерів, виконані у вигляді шнекових елементів. Розрахунок їхніх параметрів може здійснюватися за методиками, що використовуються для проектування гвинтових транспортуючих механізмів [9], оскільки принцип дії таких пристроїв є аналогічним.

Одним з ключових параметрів є діаметр гвинта, який визначається виходячи з вимог до масової продуктивності подачі насіннєвого матеріалу.

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{(450 \times K_n \times K_p \times \alpha \times w)}} , \quad (3.24)$$

$$w = \frac{p \times \alpha}{30} = \frac{3,14 \times 30}{30} = 3,14 \text{ с}^{-1}. \quad (3.25)$$

Після добору необхідних розрахункових коефіцієнтів та підстановки їх у відповідні формули отримано такі результуючі значення:

$$D = \sqrt[3]{\frac{10,4}{(450 \times 0,6 \times 2 \times 3,6)}} = 0,059 \text{ м.}$$

Коректуємо діаметр гвинта згідно виразу:

$$D_{\phi} = \sqrt{D^2 + d_{\phi}^2} . \quad (3.26)$$

Приймаємо  $d_{\phi} = 0,03 \text{ м.}$

Отже

$$D\phi = \sqrt{0,059^2 + 0,03^2} = 0,06 \text{ м.}$$

Для подальшого уточнення конструктивних параметрів шнекового механізму виконаємо розрахунок маси насіннєвого матеріалу, що припадає на кожен метр довжини перемішувального пристрою.

$$g = 250 \cdot \pi \cdot (D^2 - d_{\phi}^2) \cdot C_i \cdot C_{\phi} \cdot \gamma, \quad (3.27)$$

де  $\gamma = 5 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$ .

$$g = 250 \cdot 3,14 \cdot (0,06^2 - 0,03^2) \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^3 = 6359 \text{ Н/м.}$$

Осьове зусилля, що діє на шнек:

$$F_a = g \cdot \left( \sin b + m \cdot \cos b \right). \quad (3.28)$$

Тоді

$$F_a = 6359 \cdot \frac{1,5}{2} \cdot (\sin 0^\circ + 0,5 \cdot \cos 0^\circ) = 2384,4 \text{ Н.}$$

Крутний момент, що діє на валах шнекових гвинтів у процесі роботи, формується внаслідок опору переміщенню насіннєвого матеріалу в суцільному шарі та сил тертя між матеріалом і поверхнею гвинтів. Його величину визначають відповідно до розрахункової залежності, наведеної в [16]:

$$T_l = 0,5 \cdot D_{cp} \cdot F_a \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi), \quad (3.29)$$

де  $D_{cp} = 0,8 \cdot D$ .

$$\operatorname{tg} \varphi = \mu; \quad (\varphi = \operatorname{arctg} \mu); \quad (3.30)$$

$$\operatorname{tg} \psi = P/\pi \cdot D_{cp}; \quad \psi = \operatorname{arctg} P/\pi \cdot D_{cp}, \quad (3.31)$$

де  $P = 0,074$ .

Отже,  $\operatorname{tg} \varphi = 0.5$ .

$$T_l = 0,5 \cdot 0,048 \cdot 2384,4 \cdot 1 = 57,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вага шнека:

$$G_g = g_g \cdot L; \quad (3.32)$$

$$G_g = 40 \cdot 1,5 = 60 \text{ Н}.$$

Колова силу  $F_2$  на гвинтах:

$$F_2 = \frac{2T_l}{P_{cp}} = \frac{2 \cdot 57,3}{0,048} = 2384,5 \text{ Н}. \quad (3.33)$$

Знайдемо зусилля  $F_r$  тиску на радіальні підшипники:

$$F_r = \sqrt{(G_g \cdot \cos \psi)^2 + F_2^2}; \quad (3.34)$$

$$F_r = \sqrt{(60 \cdot 0,8)^2 + 2384,5^2} = 2385 \text{ Н}.$$

Зусилля тиску на підп'ятники:

$$F'_a = F_a + G_6 \cdot \sin \beta . \quad (3.35)$$

Так як  $\sin \beta = 0$ , то

$$F'_a = F_a = 2384,4 \text{ Н.}$$

Крутний момент, що виникає на валах шнекових механізмів унаслідок дії реакцій опор у підшипниках, визначається на основі відповідної розрахункової формули, наведеної у [16]:

$$T_r = F_a \cdot \mu_l \cdot \frac{d_{cp}}{2} + F_r \cdot \mu_l \cdot \frac{d_6}{2}, \quad (3.36)$$

де  $\mu_l = 0,1$ ;  $d_{cp} = 1,2$ .

$$d_{cp} = 1,2 \cdot 0,03 = 0,036 \text{ м.}$$

Отже:

$$T_r = 2384,4 \cdot 0,1 \cdot 0,018 + 2385 \cdot 0,1 \cdot 0,015 = 7,87 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Загальний крутний момент:

$$T = \kappa T_l + T_r ; \quad (3.37)$$

$$T = 1,2 \cdot 57,3 + 7,87 = 122,47 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Потужність для приведення в дію механізму змішування насіння трави:

$$P = \frac{T \cdot n_{\phi}}{9550}, \quad (3.38)$$

$$\text{де } n_{\phi} = n \cdot \frac{P_{\text{дв}}}{P} = 130 \cdot \frac{0,06}{0,053} = 137,5 \text{ об/хв.}$$

Тоді:

$$P = \frac{122,47 \cdot 137,5}{9550} = 1,76 \text{ кВт}.$$

Проведений аналіз фізико-механічних властивостей насіння трав і гранульованих мінеральних добрив дає підстави стверджувати, що енергетичні витрати на привід механізмів їх подачі та перемішування будуть приблизно однаковими.

### 3.1.5. Параметри прикочувального котка

Силу опору, що виникає під час руху притискного котка, доцільно визначати за методикою розрахунку для твердого колеса. У цьому випадку вона обчислюється відповідно до формули, наведеної у [3]:

$$P = 0,86 \cdot \sqrt{\frac{G^4}{B \cdot q \cdot D^2}}, \quad (3.39)$$

де  $G = 620 \text{ Н}$ ;  $q = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^3$ .

$$P = 0,86 \cdot \sqrt{\frac{620^4}{1,5 \cdot 10^7 \cdot 0,27^2}} = 0,86 \cdot \sqrt{2402,5} = 11,61 \text{ Н}.$$

Глибина колії:

$$h = 1.31 \sqrt{\frac{G^2}{B^2 \times q^2 \times D}}; \quad (3.40)$$

$$h = 1.31 \sqrt{\frac{620^2}{1,5^2 \times (1,5 \times 10^7)^2 \times 0,27}} = 0,0085 \text{ м} \gg 8,5 \text{ мм.}$$

Оптимальні значення питомого тиску на ґрунт під час прикочування повинні знаходитися в межах  $q = 3 \dots 4 \text{ Н/см}^2$ . Вказаний показник визначають на основі відповідної розрахункової залежності, що враховує конструктивні параметри котка та умови його взаємодії з ґрунтом:

$$q = \frac{2 \times G}{B \times l}. \quad (3.41)$$

Величина хорди  $l$ :

$$l = 2 \sqrt{h \times (D - h)}; \quad (3.42)$$

$$l = 2 \sqrt{0,8 \times (27 - 0,8)} = 9,1 \text{ см.}$$

За (3.37) маса котка складатиме:

$$G = \frac{B \times l \times q}{2}; \quad (3.43)$$

$$G = \frac{150 \times 9,1 \times 3}{2} = 2047,5 \text{ Н.}$$

Отримане значення повинно відповідати максимально допустимому рівню для застосовуваних прикочувальних котків, що забезпечує ефективне ущільнення ґрунту без його надмірного деформування..

### **3.2. Обґрунтування ефективності використання посівного агрегату**

Розроблений комбінований посівний агрегат призначений для виконання поверхневого обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив, висіву насіння та його подальшого прикочування. Застосування такого агрегату дозволяє поєднати дві технологічні операції – передпосівний обробіток ґрунту та сівбу з прикочуванням у єдиний технологічний процес. Це дає змогу повністю виключити з технології вирощування люцерни традиційний передпосівний обробіток, зокрема боронування.

У зв'язку з цим ефективність роботи нового агрегату доцільно порівнювати з продуктивністю двох машинно-тракторних агрегатів, які використовуються в базовій технології: МТЗ-80 + СЗТ-3,6 + СКГ-2-2 та Т-70С + С-11У + БЗТС-1,0 [1].

У базовому варіанті технології застосовуються два агрегати, сумарна продуктивність яких становить приблизно 2,88 га/год, що відповідає фактичним 1,44 га/год при одночасній роботі. Для комплексу МТЗ-80 + СЗТ-3,6 + СКГ-2-2 необхідно два оператори, тоді як агрегат Т-70С + С-11У + БЗТС-1,0 обслуговується одним машиністом, і таким чином загальна потреба у персоналі для базової технології становить три працівники. Запропонований комбінований посівний агрегат потребує лише одного тракториста-машиніста, що знижує трудомісткість технологічного процесу.

Продуктивність нового посівного агрегату за одну зміну може бути визначена на основі відповідної розрахункової формули:

$$W_{\varepsilon} = W \cdot K_{en}, \text{ га/год.} \quad (3.44)$$

Новий агрегат:

$$W_{\varepsilon n} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,95 = 0,68 \text{ га/год.}$$

Базовий агрегат:

$$W_{\varepsilon b} = 0,85 \cdot 1,44 \cdot 0,95 = 1,16 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = W_{\varepsilon} \cdot T, \text{ га/год.} \quad (3.45)$$

Новий агрегат:

$$W_{зм,н} = 0,68 \cdot 8 = 5,44 \text{ га/зм.}$$

Базовий агрегат:

$$W_{зм,б} = 1,16 \cdot 8 = 9,28 \text{ га/зм.}$$

Обсяг виконання посівних робіт на протязі року

$$Q = W_{зм} \cdot t_p, \text{ га/рік.} \quad (3.46)$$

$$t_p = T \cdot D, \text{ год.} \quad (3.47)$$

$$t_p = 8 \cdot 15 = 120 \text{ год.}$$

Отже, новий агрегат:

$$Q_n = 0,68 \cdot 96 = 81,6 \text{ га.}$$

Базовий агрегат:

$$Q_b = 1,16 \cdot 120 = 139,2 \text{ га.}$$

Річний обсяг робіт складає

$$Q = Q_n = Q_b = 81,6 \text{ га.}$$

Затрати праці на посів насіння трав:

$$V_z = \frac{L}{W}, \text{ люд - год/га.} \quad (3.48)$$

Отже, новий агрегат:

$$V_{z.n} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ люд - год/га.}$$

Базовий агрегат:

$$V_{z.b} = \frac{3}{1,16} = 2,58 \text{ люд - год/га.}$$

Визначимо щорічну економію трудових затрат, що досягається завдяки застосуванню нового комбінованого посівного агрегату:

$$V_{3.cn} = (V_{3.б} - V_{3.н}) \cdot Q, \text{ люд-год.} \quad (3.49)$$

Отже,

$$V_{3.cn} = (2,58 - 1,47) \cdot 81,6 = 91,1 \text{ люд-год.}$$

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Вимоги техніки безпеки при експлуатації посівних машин**

Для роботи на посівних машинах допускаються особи не молодше 18 років, що знають будову техніки, правила її експлуатації і пройшли інструктаж з безпеки праці [12]. Працювати на тракторах можуть юнаки не молодше 17 років за умови, якщо на це погодяться профспілковий комітет і медична комісія.

При експлуатації комбінованого посівного агрегату необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених вимогами діючих стандартів. Для безпечної роботи з цією машиною слід керуватися наступними правилами:

- не допускати до роботи осіб без прав тракториста-машиніста, осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис у журналі;
- стороннім особам категорично забороняється знаходитися поблизу працюючої машини;
- забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час роботи;
- всі види регулювань і технічного огляду виконувати тільки після зупинки машини і при виключеному двигуні трактора;
- забороняється проводити будь-які роботи при відчепленій машині, якщо під її колеса не поставлено противідкатні башмаки;
- забороняється робота на агрегаті у незаправленому одязі;
- перед початком роботи слід переконатися у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплень всіх захисних щитків і кожухів; не розпочинати роботу при знятих кожухах;
- про початок руху агрегату необхідно попередити сигналом людей, які стоять поблизу;
- не можна торкатися руками робочих органів машини під час її роботи;

- забороняється знаходитися попереду, позаду і зліва агрегату під час його роботи;
- слід остерігатися рухомих частин механізму;
- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки зміни швидкостей у нейтральне положення і виключити вал відбору потужностей;
- обганяти транспорт, який рухається, швидкість руху якого перевищує вказану транспортну швидкість машини забороняється;
- перевезення агрегатованої машини у нічний час, під час сильного туману забороняється;
- перегін машини дорогами загального користування необхідно проводити відповідно до "Правил дорожнього руху";
- періодично оновлювати знаки безпеки, які є на машині.

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатки і використання машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

При одночасному обслуговуванні, ремонту машини кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт).

У машині повинна бути аптечка з необхідними медикаментами.

Наявність на машинах робочих та стоянкових гальм повинна бути встановлена у технічних вимогах. Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не менше 18%.

Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причіпів або напівпричіпів є обов'язковим.

Машини, ширина яких перевищує габарит енергозасобу, повинні бути устатковані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного,

передні – білого кольорів. Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи продукції машини кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних в окружність діаметром 100 мм.

Машини, які при агрегуванні з енергозасобами закривають прилади світлової сигналізації енергозасобу, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації.

Машини та робочі органи повинні бути вкомплектовані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Місця встановлення засобів пожежогасіння повинні бути легкодоступними та забезпечувати їх знімання без застосування інструменту.

Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні мати систему звукової сигналізації для зв'язку з оператором ЕЗ. Рівень звуку звукового сигналу повинен бути на 8 дБ вище рівня звуку зовнішнього шуму від роботи самого агрегату.

#### **4.2. Захист персоналу та навколишнього середовища від небезпечних виробничих факторів**

Охорона навколишнього середовища є важливим завданням загальнодержавного значення, вирішення якого пов'язане з охороною здоров'я людей [11].

Особливу увагу слід приділяти правильному регулюванню паливної апаратури, тому що при неправильному її регулюванні виділяється сажа. Вона викликає подразнення носоглотки, а при тривалій дії - легеневі захворювання.

В атмосферу часто виділяються токсичні речовини, що не є продуктами згорання. До таких в першу чергу належать сполуки свинцю. Як і відпрацьовані

гази, атмосферу забруднюють картерні гази та випаровування з бака, в яких міститься майже 40% вуглеводів, що виділяються двигуном. Значної шкоди завдають ці речовини тваринам. негативно впливають вони на стан земельних угідь, водних ресурсів та тваринного світу.

Необхідно слідкувати за справністю та правильним регулюванням системи живлення, тому від цього залежить кількість токсичних викидів. Склад суміші значно впливає на токсичність відпрацьованих газів та економічність двигунів.

Внаслідок неправильної експлуатації автомобільного парку та самохідних сільськогосподарських машин нафтопродукти потрапляють в ґрунт в результаті переливів при заправках, зливанні відпрацьованих масел з двигунів та агрегатів трансмісії, а також під час миття автомобілів, тракторів та сільськогосподарських машин в непризначених для цього місцях. Значної шкоди завдають нафтопродукти водним джерелам.

Правильна підготовка транспортних засобів та раціональна організація їх роботи також є заходами, що запобігають забрудненню навколишнього середовища. Перед початком роботи щоденно слід провести контрольний огляд автомобіля чи машинно-тракторного агрегату і переконатись у відсутності підтікань палива з елементів системи живлення, масла через нещільності у з'єднаних двигуна, коробки передач, мостів, рульового керування, електроліту з акумуляторних батарей.

Значний вплив на забруднення навколишнього середовища має загальний технічний стан транспортного засобу чи МТА, тому слід пам'ятати, що будь-яка несправність призводить до підвищення витрати палива та збільшення викидів шкідливих речовин. Цьому можна запобігти, якщо раціонально використовувати техніку і високоякісно її обслуговувати.

При широкому впровадженні в сільському господарстві нових технологій, технологічних процесів і енергонасичених і технічних засобів, використання електроенергії, мінеральних добрив, пестицидів одночасно із зростанням продуктивності і культури праці, може поширюватись на

працівників шкідлива і небезпечна дія виробничих факторів, спричиняючи різні захворювання і виробничий травматизм. Керівництво підприємства зобов'язане приділяти велику увагу поліпшенню умов і безпеки праці на виробництві. Передбачено створювати сприятливі умови для високопродуктивної праці, покращувати культуру виробництва, послідовно скорочувати ручну малокваліфіковану і важку фізичну працю.

В процесах сільськогосподарського виробництва повинні бути застосовані змінні режими праці і відпочинку обслуговуючого персоналу.

При переїздах, а також при виконанні робіт під електропередачами напругою до 1000 В віддалять від машини до електричного провідника не повинна бути меншою по горизонталі 1,5 м, а по вертикалі 1 м.

Якщо агрегати працюють біля ліній високої напруги, то віддалять збільшують і в кожному конкретному господарстві є свої норми. Під час викопування картоплі можлива дія таких небезпечних факторів:

- рухомі механізми; незахищені рухомі частини; підвищені рухомі частини;
- підвищення концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
- фізичні і нервово психологічні перевантаження, які діють на персонал при роботі;
- підвищення запиленості і загазованості повітря в робочій зоні;
- підвищення рівня шуму на робочому місці.

Розроблені заходи безпеки сприятимуть уникненню травмонебезпечних і аварійних ситуацій при технічному обслуговуванні та експлуатації посівних агрегатів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування параметрів удосконаленого комбінованого посівного агрегату шляхом упровадження у конструкцію висівного апарата спеціального пристрою для розпушування насіння, який запобігає його злежуванню та нерівномірній подачі. Крім того, робота спрямована на дослідження технології вирощування багаторічних трав на сіно та оцінювання її ефективності.

У межах магістерської роботи виконано розгорнутий аналіз технології вирощування багаторічних трав, що основана на комплексному застосуванні агротехнічних прийомів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту, розвитку та довготривалого використання високопродуктивних травостоїв. Розглянуто ключові елементи технологічного процесу: підготовку ґрунту, добір видового та сортового складу, особливості сівби, систему удобрення, заходи догляду за посівами, а також організацію скошування й подальшого використання травостою.

На основі проведеного аналізу конструкції комбінованого посівного агрегату, характеристик технологічних процесів та властивостей оброблюваного матеріалу сформовано вихідні дані для розрахунків і здійснено обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексний аналіз сучасного стану та основних напрямів досліджень технології вирощування багаторічних трав. Проведено дослідження особливостей вирощування люцерни залежно від рівня мінерального живлення та частоти скошування, а також сформовано практичні рекомендації щодо підвищення ефективності технології вирощування багаторічних трав у господарських умовах.

На основі виконаних теоретичних і розрахункових досліджень обґрунтовано експлуатаційні та технологічні параметри комбінованого посівного агрегату і його основних вузлів. Проведено оцінювання кінематичних характеристик привідних механізмів, визначено параметри висівного апарата,

побудовано функціональну, кінематичну та принципову схеми агрегату, а також розроблено робочі креслення його деталей та складальних вузлів. Окрему увагу приділено аналізу ефективності використання запропонованого агрегату в порівнянні з традиційними машинно-тракторними комплексами.

У роботі також розглянуто вимоги техніки безпеки під час експлуатації посівних машин та проаналізовано комплекс заходів щодо запобігання виробничим небезпекам, охорони праці персоналу та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Запропонований комбінований агрегат для посіву трав'янистих культур забезпечує високий рівень технологічної якості виконання операцій: поверхневий обробіток ґрунту, одночасне внесення мінеральних добрив та рівномірний висів насіння трав, що підвищує загальну продуктивність і ефективність технологічного процесу.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
2. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів / І.І. Водяник. К. : Урожай, 1994. 224 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
4. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ, «Урожай», 1988. 354 с.
5. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
6. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін., / За ред. В.Ю.Зінченка. К.: Урожай, 1993. 288 с.
7. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
8. Інститут землеробства НААН України. *Результати досліджень з біологізації технологій вирощування кормових культур.* 2022.
9. Кльонін Н. И. т ін. Сільськогосподарські машини (Елементи теорії робочих процесів, розрахунок регулювальних параметрів и режимів роботи). Навч. посібник. К.: «Колос», 1970. 456 с.
10. Кучеренко І. О. *Біологічна фіксація азоту у бобових культурах.* Вісник аграрної науки. 2022.
11. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. / В.М. Лапін. Львів: ЛБК

НБУ. Київ: Знання, 2000. 188 с.

12. Лехман С.В. Довідник з охорони праці в сільському господарстві, К.: Техніка, 1990.

13. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.

14. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.

15. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: [http://ipal.at.ua/publ/okhorona\\_praci/mozhlivi](http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi)

16. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

17. Пошук оптимальних конструкцій посівних агрегатів для висіву насіння трав / Басок І., Горгулько Я., Олексюк А., Олексюк В. П. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. Т. : ТНТУ, 2022. С. 6–7. (Аграрні науки та продовольство).

18. Тищенко І. Г. *Ресурсозберігаючі системи обробітку ґрунту під багаторічні трави.* // Землеробство. 2021.

19. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

20. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.

21. Чомко В. Аналіз технології вирощування багаторічних трав / Чомко В., Співак Д. // Матеріали Міжнародної студентської конференції „Природничі та гуманітарні науки“, 24-25 квітня 2025 року. Т.: ТНТУ, 2025. С. 38–39. (Аграрні науки та продовольство).

22. Шевченко О. І. *Вплив багаторічних трав на родючість ґрунту.* // Агроекологія. 2020.

23. Energies (MDPI). Perennial Grass Species for Bioenergy Production. 2022.

24. European Commission Report on Smart Agriculture. Brussels, 2023.

25. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.

26. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

27. Sustainability (MDPI). Soil Organic Carbon Accumulation under Perennial Grasses. 2023.

28. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

29. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

## **ДОДАТКИ**