

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин**

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення мостової технології землеробства шляхом  
розробки конструкції модуля для садіння часнику**

**Виконав:** студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Чепурченко Дмитро Олександрович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Бойко Владислав Борисович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2026

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г. В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

## З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Чепурченку Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Удосконалення мостової технології землеробства шляхом розробки конструкції модуля для садіння часнику

керівник роботи Бойко Владислав Борисович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«5» травня 2026 року № 912.

**2. Строк подання студентом роботи** 8.06.2026 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Матеріали по механізації вирощування часнику та його садінню. Актуальні розробки запропоновані в патентах та реалізовані у вигляді діючих машин та пристроїв, наукові напрацювання за даною тематикою науковців кафедри ТСГМ.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Характеристика господарства. 2. Аналіз сучасних машин для садіння часнику. 3. Обґрунтування конструкції модуля для садіння часнику. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка модуля для садіння часнику. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Аналіз господарської діяльності підприємства (A1). 2. Аналіз конструктивних рішень (A1). 3. Конструктивна схема (A1). 4. Складальне креслення (A1). 5. Деталювання (A1). 5. Економічні показники проекту (A1).

**6. Консультанти розділів проекту**

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-5           | Бойко В.Б., доцент                        |                |                  |
| нормоконтроль | Золотовська О.В., доцентка                |                |                  |

**7. Дата видачі завдання: 23.03.2026 р.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)         | до 3.04.26                    |          |
| 2     | Технологічний                   | до 20.04.26                   |          |
| 3     | Конструктивний                  | до 18.05.26                   |          |
| 4     | Охорона праці                   | до 22.05.26                   |          |
| 5     | Економічний                     | до 28.05.26                   |          |
| 6     | Графічна частина                | до 8.06.26                    |          |

**Студент**

\_\_\_\_\_  
( підпис )

**Чепурченко Д.О.**

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_  
( підпис )

**Бойко В. Б.**

(прізвище та ініціали)

| Поз.     | Форм. | Позначення         |       | Найменування                                 | Кіл.             | Прим. |        |
|----------|-------|--------------------|-------|----------------------------------------------|------------------|-------|--------|
|          |       |                    |       | <u>Текстові документи</u>                    |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          | A4    | 52ДП.063.000.000ПЗ |       | Пояснювальна записка                         | 79               |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       | <u>Графічні матеріали</u>                    |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
| 1        | A1    | 52ДП.063.000.000А  |       | Аналіз господарської діяльності підприємства | 1                |       |        |
| 2        | A1    | 52ДП.063.000.000А  |       | Аналіз конструктивних рішень                 | 1                |       |        |
| 3        | A1    | 52ДП.063.000.000ТХ |       | Конструктивна схема                          | 1                |       |        |
| 4        | A1    | 52ДП.063.101.000СК |       | Складальне креслення                         | 1                |       |        |
| 5        | A1    | 52ДП.063.101.000   |       | Деталювання                                  | 1                |       |        |
| 6        | A1    | 52ДП.063.000.000Е  |       | Економічні показники проекту                 | 1                |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
|          |       |                    |       | 52.ДП.063.000.000.ПД                         |                  |       |        |
|          |       |                    |       |                                              |                  |       |        |
| Зм.      | Арк.  | № докум.           | Підп. |                                              |                  |       |        |
| Розроб.  |       | Чепурченко Д.О.    |       | Відомість<br>дипломного проекту              | Лім.             | Лист  | Листів |
| Перев.   |       | Бойко В.Б.         |       |                                              | у                | 4     | 79     |
| Т.контр. |       |                    |       |                                              | ДДАЕУ<br>АІ-2-22 |       |        |
| Н.контр. |       | Золотовська О.В.   |       |                                              |                  |       |        |
| Зат.     |       | Теслюк Г.В.        |       |                                              |                  |       |        |

## АНОТАЦІЯ

Чепурченко Д.О. Удосконалення мостової технології землеробства шляхом розробки конструкції модуля для садіння часнику / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню рівня механізації процесу висаджування часнику в умовах мостової технології землеробства.

Метою роботи є підвищення ефективності мостової технології землеробства шляхом розробки конструкції садильного модуля (часникосаджалки), адаптованого для агрегаткування з мостовою машиною.

У першому розділі розглянуто питання ефективності господарювання ТОВ «Колос», проаналізовано основні напрямки його діяльності, рівень механізації виробничих процесів та визначено шляхи підвищення ефективності використання технічних засобів.

У другому розділі проведено огляд існуючих засобів механізації вирощування часнику, окрему увагу приділено процесу його висаджування. Запропоновано конструкцію садильного модуля для часнику, адаптованого для роботи в системі мостового землеробства.

У третьому розділі з урахуванням конструктивних особливостей мостової машини виконано розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів садильного модуля для часнику, що забезпечують якісне дозування та висаджування посадкового матеріалу.

У четвертому розділі розглянуто заходи з охорони праці при експлуатації мостової машини з садильним модулем для часнику.

У п'ятому розділі наведено техніко-економічну оцінку ефективності використання розробленого садильного модуля в умовах мостової технології землеробства.

**Ключові слова:** садильний модуль, часникосаджалка, агроміст, мостова технологія землеробства, дозування, висаджування, продуктивність.

## ЗМІСТ

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                               | 8  |
| 1. ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КОЛОС»                                              | 9  |
| 1.1. Загальна інформація про ТОВ «Колос»                                            | 9  |
| 1.2. Характеристика галузі рослинництва                                             | 10 |
| 1.3. Механізація технологічних процесів                                             | 13 |
| 1.4. Енергонасиченість господарства                                                 | 17 |
| 1.5. Актуальність розробки модуля для садіння часнику                               | 20 |
| 1.6. Висновки                                                                       | 22 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА                                                             | 23 |
| 2.1. Особливості механізації вирощування часнику                                    | 23 |
| 2.2. Вирощування часнику з використанням мостового технології землеробства          | 27 |
| 2.3. Шляхи удосконалення мостової технології землеробства                           | 30 |
| 2.4. Висновки                                                                       | 36 |
| 3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ МОДУЛЯ ДЛЯ САДІННЯ ЧАСНИКУ | 37 |
| 3.1 Розробка конструкції модуля для садіння часнику                                 | 37 |
| 3.2. Розрахунок основних складових модуля для садіння часнику                       | 41 |
| 3.3. Розрахунок енергетичних витрат на виконання процесу садіння часнику            | 45 |
| 3.4. Розрахунок на міцність                                                         | 49 |
| 3.5. Висновки                                                                       | 53 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА                                 | 54 |
| 4.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві                                      | 54 |
| 4.2. Заходи щодо поліпшення умов праці                                              | 55 |

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації<br>мостової машини з садильним модулем для часнику | 58 |
| 4.4. Захист навколишнього середовища при<br>експлуатації модуля для садіння часнику                 | 61 |
| 4.5. Висновки                                                                                       | 64 |
| 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ                                                         | 65 |
| 5.1. Розрахунок витрат на виготовлення модуля для садіння<br>часнику                                | 66 |
| 5.2. Розрахунок експлуатаційних та інших витрат                                                     | 69 |
| 5.3. Розрахунок економічного ефекту                                                                 | 72 |
| 5.4. Висновки                                                                                       | 74 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ                                                                                   | 75 |
| ЛІТЕРАТУРА                                                                                          | 77 |
| ДОДАТКИ                                                                                             | 80 |

## ВСТУП

Сучасний розвиток сільського господарства характеризується зростаючими вимогами до ефективності виробництва, раціонального використання ресурсів та впровадження інноваційних технологій. Особливої актуальності набувають питання зниження енерговитрат, підвищення продуктивності праці та збереження родючості ґрунтів. Традиційні технології вирощування сільськогосподарських культур, що базуються на багаторазовому використанні машинно-тракторних агрегатів, призводять до ущільнення ґрунту, збільшення витрат пального та зниження ефективності виробництва [1-3].

Одним із перспективних напрямків удосконалення аграрного виробництва є впровадження мостової технології землеробства [4- 6]. Сутність цієї технології полягає у виконанні технологічних операцій за допомогою спеціалізованих машин, які переміщуються по стаціонарних напрямних або рейкових шляхах, що дозволяє повністю виключити контакт ходових систем із ґрунтом. Це забезпечує збереження його структури, зниження тягового опору та створює умови для підвищення точності виконання технологічних процесів.

Особливу увагу в сучасних умовах приділяють вирощуванню овочевих культур, які характеризуються високою рентабельністю та значним попитом на ринку. Серед них важливе місце займає часник, який використовується як харчовий продукт і має стабільний попит. Разом з тим існуючі технології його вирощування, зокрема процес висаджування, залишаються недостатньо механізованими та не забезпечують необхідної точності виконання операцій.

У зв'язку з цим актуальним є удосконалення мостової технології вирощування часнику шляхом створення ефективного садильного модуля, який забезпечить точне розміщення посадкового матеріалу, зменшення витрат енергії та підвищення продуктивності виконання робіт.

**Метою роботи** є підвищення ефективності мостової технології землеробства шляхом розробки конструкції садильного модуля для висаджування часнику.

## **1. ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КОЛОС»**

### **1.1. Загальна інформація про ТОВ «Колос»**

ТОВ «Колос» функціонує як багатoproфільне аграрне підприємство, діяльність якого поєднує виробництво сільськогосподарської продукції та її подальшу переробку [7]. Господарство розміщене в смт. Царичанка Дніпропетровської області, де природно-кліматичні умови сприятливі для ведення землеробства. Для даної території характерні високі літні температури, відносно м'які зими та нестабільне зволоження, що потребує адаптації технологій вирощування культур.

Виробнича база підприємства орієнтована на використання орних земель, основну частину яких займають родючі чорноземи. Такі ґрунти мають високий потенціал урожайності, проте при інтенсивному використанні потребують дотримання науково обґрунтованих агротехнічних заходів, спрямованих на збереження їх структури та родючості.

Ключову роль у діяльності господарства відіграє рослинницька галузь, яка забезпечує отримання основної продукції. У посівній структурі домінують зернові культури, зокрема пшениця та ячмінь, а також технічні культури, серед яких важливе місце займає соняшник. Поряд із цим у господарстві розвивається напрям вирощування овочевих культур – картоплі, томатів та часнику. Вирощування часнику розглядається як перспективний напрямок, що має попит на ринку та потенціал для подальшого розширення.

Особливістю діяльності підприємства є наявність власної переробної інфраструктури. До її складу входять олійниця, макаронний цех та пекарня, що дозволяє здійснювати переробку вирощеної продукції безпосередньо в господарстві. Такий підхід сприяє підвищенню економічної віддачі виробництва та зменшує залежність від сторонніх переробних підприємств.

Організація виробництва базується на поєднанні основних і допоміжних підрозділів, які забезпечують виконання технологічних операцій, обслуговування техніки та управління виробничими процесами. Функціонування господарства підтримується постійним штатом працівників у кількості 36 осіб, тоді як у періоди сезонних робіт додатково залучаються близько 14 тимчасових працівників.

Наявний виробничий потенціал створює передумови для впровадження сучасних технологій у рослинництві, зокрема елементів точного землеробства. Разом з тим подальший розвиток господарства потребує вдосконалення технічного забезпечення, особливо в частині механізації процесів вирощування овочевих культур, які вимагають високої точності виконання технологічних операцій.

## **1.2. Характеристика галузі рослинництва**

Рослинництво у ТОВ «Колос» виступає основою виробничої діяльності та забезпечує формування основної частини товарної продукції. Господарство спеціалізується на вирощуванні культур різного призначення, що дозволяє поєднувати реалізацію продукції із її використанням у власній переробці.

Склад посівних площ відображає збалансоване поєднання зернових, технічних та овочевих культур. Відповідні показники наведені в таблиці 1.1. Аналіз цих даних показує, що провідне місце займають зернові культури, зокрема пшениця та кукурудза, що пояснюється їх стабільною врожайністю та високим попитом на ринку. Значну частку також становить соняшник як одна з ключових технічних культур.

Таблиця 1.1 – Основні вирощувані культури ТОВ «Колос»

| Культура  | РОКИ        |             |             |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
|           | 2023 (га/%) | 2024 (га/%) | 2025 (га/%) |
| Пшениця   | 120 / 22,5  | 127 / 23,0  | 135 / 24,8  |
| Кукурудза | 150 / 28,2  | 160 / 29,0  | 165 / 30,4  |
| Ячмінь    | 90 / 16,9   | 88 / 15,9   | 85 / 15,7   |
| Картопля  | 40 / 7,5    | 39 / 7,1    | 42 / 7,7    |
| Томати    | 20 / 3,8    | 23 / 4,2    | 25 / 4,6    |
| Соняшник  | 112 / 21,1  | 115 / 20,8  | 80 / 14,7   |
| Часник    | 0 / 0       | 0 / 0       | 10,5 / 1,9  |
| Всього    | 532 / 100   | 552 / 100   | 542,5 / 100 |

Овочевий напрям представлений культурами з підвищеною трудомісткістю, серед яких виділяються картопля та томати. Попри менші площі вирощування, вони забезпечують більший економічний ефект. У 2025 році в господарстві розпочато вирощування часнику, площа якого становить 10,5 га. Введення цієї культури свідчить про розширення асортименту продукції та орієнтацію на більш прибуткові сегменти ринку.

Динаміка зміни посівних площ вказує на поступове вдосконалення структури виробництва. Відбувається перерозподіл земель на користь культур із вищою рентабельністю, що дозволяє підвищити загальну ефективність використання земельних ресурсів.

Важливим елементом організації рослинництва є дотримання сівозміни, яка забезпечує підтримання родючості ґрунтів і стабільність урожайності. У господарстві застосовується система чергування культур, що передбачає послідовну зміну зернових, технічних та овочевих рослин.

Типова схема включає вирощування пшениці, кукурудзи, соняшнику, ячменю та овочевих культур. Такий підхід сприяє більш ефективному використанню поживних речовин, знижує ризик поширення хвороб і шкідників та створює сприятливі умови для розвитку рослин.

Ґрунтові умови господарства представлені чорноземами середнього ступеня гумусованості, які відзначаються високим рівнем природної родючості. Вміст органічної речовини в них знаходиться на рівні 3–5 %, що забезпечує достатній запас поживних елементів і сприятливі водно-фізичні властивості. Разом із тим інтенсивне використання земель призводить до поступового погіршення їх структури, зокрема через ущільнення, що негативно впливає на продуктивність.

Показники врожайності культур, наведені в таблиці 1.2, свідчать про позитивну динаміку їх зміни. Зростання врожайності пояснюється вдосконаленням технологій вирощування та підвищенням рівня механізації. Найвищі результати спостерігаються у овочевих культур, що пов'язано з більш інтенсивними умовами їх вирощування.

Таблиця 1.2 – Урожайність основних сільськогосподарських культур, ц/га

| Культура  | РОКИ |      |      |
|-----------|------|------|------|
|           | 2023 | 2024 | 2025 |
| Пшениця   | 42   | 45   | 47   |
| Кукурудза | 55   | 60   | 63   |
| Ячмінь    | 38   | 40   | 41   |
| Картопля  | 180  | 195  | 210  |
| Томати    | 220  | 240  | 260  |
| Соняшник  | 25   | 27   | 28   |
| Часник    | —    | —    | 85   |

Зернові культури характеризуються стабільними показниками з тенденцією до зростання, що підтверджує ефективність застосованих агротехнічних заходів. Урожайність соняшнику також збільшується, хоча більш помірними темпами.

Особливу увагу привертає отриманий результат по часнику, врожайність якого у 2025 році досягла 85 ц/га. Це свідчить про сприятливі умови для вирощування даної культури та доцільність її подальшого розвитку.

Отже, галузь рослинництва у ТОВ «Колос» характеризується стабільним функціонуванням і наявністю потенціалу для подальшого вдосконалення. Підвищення ефективності виробництва пов'язане з впровадженням сучасних технологій та удосконаленням технічного забезпечення, особливо у сфері вирощування овочевих культур.

### **1.3. Механізація технологічних процесів**

Забезпечення технологічних процесів у ТОВ «Колос» здійснюється за рахунок сформованого машинно-тракторного парку (табл. 1.3), який дозволяє виконувати всі основні етапи вирощування сільськогосподарських культур. Для більш повного аналізу рівня механізації доцільно розглядати технічні засоби за їх функціональним призначенням.

Енергетичну основу господарства становлять трактори різних класів потужності, які використовуються залежно від характеру виконуваних робіт. Для операцій, що потребують значних тягових зусиль, застосовуються трактори типу ХТЗ-150К. Універсальні роботи виконуються за допомогою тракторів МТЗ-80.1 та ДТЗ-5504. Поряд із цим у господарстві використовується сучасний трактор імпортного виробництва John Deere 6120M, який забезпечує підвищену точність виконання операцій і більш економне використання пального.

Таблиця 1.3 – Основні засоби механізації ТОВ «Колос»

| №                           | Найменування машини (агрегату) | Марка (модель)   | Кіл, од. | Технічний стан |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------|----------|----------------|
| 1                           | 2                              | 3                | 4        | 5              |
| Трактори                    |                                |                  |          |                |
| 1                           | Трактор колісний важкого класу | ХТЗ-150К         | 2        | Задовільний    |
| 2                           | Трактор універсально-просапний | МТЗ-80.1         | 2        | Задовільний    |
| 3                           | Трактор універсальний          | ДТЗ-5504         | 1        | Добрий         |
| 4                           | Трактор сучасний               | John Deere 6120M | 1        | Добрий         |
| Машини для обробітку ґрунту |                                |                  |          |                |
| 5                           | Плуг навісний                  | ПЛН-5-35         | 2        | Задовільний    |
|                             |                                |                  |          |                |
| 6                           | Дискова борона                 | АГД-2,5          | 1        | Добрий         |
| 7                           | Дискова борона                 | БДТ-3            | 1        | Задовільний    |
| 8                           | Культиватор                    | КПС-4            | 2        | Задовільний    |
| Посівна техніка             |                                |                  |          |                |
| 9                           | Сівалка зернова                | СЗ-3,6           | 2        | Задовільний    |
| 10                          | Сівалка просапна               | УПС-8            | 1        | Задовільний    |
| 11                          | Сівалка точного висіву         | Vaderstad Tempo  | 1        | Добрий         |
| Машини для овочевих культур |                                |                  |          |                |
| 12                          | Картоплесаджалка               | КСМ-4            | 1        | Задовільний    |

Продовження табл. 1.3

| 1                         | 2                        | 3                                | 4 | 5           |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|---|-------------|
| 13                        | Картоплекопач            | КТН-2В                           | 1 | Задовільний |
| Машини для захисту рослин |                          |                                  |   |             |
| 14                        | Обприскувач<br>причіпний | ОП-2000                          | 1 | Задовільний |
| 15                        | Обприскувач<br>сучасний  | Amazone UX                       | 1 | Добрий      |
| Транспортні засоби        |                          |                                  |   |             |
| 16                        | Вантажний<br>автомобіль  | КрАЗ-<br>6230С4-330<br>«Караван» | 1 | Задовільний |
| 17                        | Вантажний<br>автомобіль  | МАЗ-53366                        | 1 | Задовільний |
| 18                        | Причепи тракторні        | 2ПТС-4                           | 3 | Задовільний |

Обробіток ґрунту виконується комплексом машин, що включає плуги, дискові борони та культиватори. Використання плугів різної ширини захвату дає змогу регулювати продуктивність залежно від умов роботи. Дискові борони застосовуються для подрібнення рослинних решток і поверхневого рихлення, тоді як культиватори забезпечують передпосівну підготовку ґрунту та виконання міжрядних операцій.

Посівні роботи здійснюються за допомогою зернових та просапних сівалок. Для підвищення якості висіву в господарстві впроваджено сучасну сівалку точного висіву Vaderstad Tempo, яка забезпечує рівномірність розміщення насіння та стабільні параметри загортання, що позитивно впливає на формування сходів.

Для вирощування овочевих культур використовуються спеціалізовані машини, зокрема картоплесаджалки та копачі. Водночас аналіз технічного

забезпечення показує, що механізація окремих процесів залишається недостатньою. Зокрема, відсутність спеціалізованого обладнання для висаджування часнику знижує продуктивність і ускладнює дотримання агротехнічних вимог.

Догляд за посівами здійснюється із застосуванням обприскувачів та машин для внесення добрив. Використання сучасного обприскувача Amazone UX дозволяє підвищити точність внесення робочих розчинів і зменшити їх витрати порівняно з традиційними агрегатами.

Перевезення матеріалів і продукції забезпечується вантажними автомобілями та причепами, що дає можливість своєчасно виконувати транспортні операції в період польових робіт.

Наявна система механізації характеризується поєднанням техніки різного рівня сучасності. Частина машин експлуатується тривалий час, що призводить до підвищення витрат пального та зниження ефективності їх використання. Крім того, традиційна організація виконання робіт передбачає багаторазове переміщення техніки по полю, що спричиняє ущільнення ґрунту та погіршення його фізичних властивостей.

Найбільш відчутно ці недоліки проявляються у технологіях вирощування овочевих культур, де важливим є дотримання точності виконання операцій. Недостатній рівень механізації процесу висаджування часнику обмежує можливості підвищення врожайності та ефективності виробництва.

Удосконалення механізації у господарстві пов'язане з переходом до більш прогресивних технологій. Одним із таких напрямків є використання мостових систем, які дозволяють виконувати технологічні операції без безпосереднього контакту техніки з ґрунтом. Це сприяє зменшенню його ущільнення, зниженню енерговитрат та підвищенню точності виконання робіт.

З огляду на це, актуальним є створення спеціалізованих змінних робочих органів, зокрема садильного модуля для часнику, який забезпечить ефективне виконання технологічного процесу в умовах мостового землеробства.

Таким чином, подальший розвиток механізації технологічних процесів у ТОВ «Колос» пов'язаний із модернізацією технічного забезпечення та впровадженням інноваційних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності та зниження витрат ресурсів.

#### **1.4. Енергонасиченість господарства**

Ефективність функціонування сільськогосподарського підприємства значною мірою залежить від рівня його енергозабезпечення, яке визначається наявністю технічних засобів, а також обсягами використання паливних та електричних ресурсів. У ТОВ «Колос» енергетична база формується за рахунок поєднання двигунів внутрішнього згоряння та електричних установок.

Основне навантаження при виконанні польових робіт припадає на техніку, що працює на дизельному паливі. До неї належать трактори різних класів потужності та вантажні автомобілі, які забезпечують виконання основних технологічних операцій і транспортних процесів. Характеристика енергетичних засобів наведена в таблиці 1.4.

Поряд із механічною енергією, у господарстві широко використовується електроенергія, яка забезпечує функціонування переробних підрозділів та допоміжних систем. До основних споживачів електричної енергії належать олійниця, макаронний цех і пекарня, а також обладнання для освітлення, вентиляції та приводу стаціонарних механізмів.

Таблиця 1.4 – Характеристика енергетичних засобів ТОВ «Колос»

| Вид техніки                 | Кіл,<br>шт. | Орієнтовна<br>потужність од.,<br>кВт | Сумарна<br>потужність, кВт | Призначення                       |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Трактори<br>ХТЗ-150К        | 3           | 110                                  | 330                        | Основний<br>обробіток<br>грунту   |
| Трактори<br>МТЗ-80.1        | 2           | 60                                   | 120                        | Універсальні<br>роботи            |
| Трактори<br>ДТЗ-5504        | 2           | 50                                   | 100                        | Допоміжні<br>роботи               |
| Трактор John<br>Deere 6120M | 1           | 90                                   | 90                         | Точні<br>технологічні<br>операції |
| Автомобілі<br>(МАЗ, КрАЗ)   | 3           | 180                                  | 540                        | Транспортні<br>процеси            |
| Всього                      | 11          | —                                    | 1180                       | —                                 |

Електрична складова енергозабезпечення дозволяє виконувати технологічні процеси з високою точністю та стабільністю, особливо у сфері переробки продукції. Крім того, використання електроприводів характеризується нижчими експлуатаційними витратами порівняно з двигунами внутрішнього згорання.

Використання паливно-енергетичних ресурсів у рослинництві наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Використання паливно-енергетичних ресурсів

| Вид робіт          | Витрати пального, л/га | Частка, % | Характеристика процесу       |
|--------------------|------------------------|-----------|------------------------------|
| Оранка             | 20–25                  | 35        | Найбільші витрати енергії    |
| Культивація        | 8–12                   | 20        | Передпосівна підготовка      |
| Посів              | 5–8                    | 10        | Середній рівень навантаження |
| Догляд за посівами | 3–6                    | 10        | Обробка та підживлення       |
| Збирання           | 10–15                  | 25        | Значні енергетичні витрати   |

Оцінка наявних ресурсів свідчить, що господарство в цілому забезпечене необхідною кількістю енергетичних засобів для виконання виробничих завдань. Основна частка енергетичного потенціалу зосереджена в тракторному парку, який забезпечує виконання більшості польових операцій. Разом з тим структура технічних засобів є неоднорідною. Поряд із сучасною технікою експлуатуються машини, що мають значний термін використання, що негативно впливає на витрати пального та ефективність їх роботи.

Аналіз споживання енергоресурсів показує, що найбільше навантаження припадає на операції обробітку ґрунту та збирання врожаю. Підвищені витрати енергії пов'язані як із характеристиками ґрунту, так і з втратами при роботі техніки.

Додатковим фактором збільшення енерговитрат є ущільнення ґрунту, яке виникає внаслідок багаторазового проходження машин по полю. Це призводить до зростання тягового опору та ускладнює виконання наступних операцій. Водночас наявність електричної складової в структурі енергозабезпечення створює передумови для підвищення ефективності виробництва, особливо у сфері переробки продукції, де електроенергія використовується більш раціонально.

Напрями підвищення енергетичної ефективності

Покращення використання енергетичних ресурсів у господарстві може бути досягнуте шляхом:

- модернізації машинно-тракторного парку;
- застосування сучасної енергоефективної техніки;
- вдосконалення технологічних схем вирощування культур;
- скорочення кількості технологічних операцій.

Перспективним рішенням є впровадження мостової технології землеробства, яка дозволяє зменшити втрати енергії за рахунок зниження тягового опору та усунення ущільнення ґрунту. Це сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню витрат паливних ресурсів.

### **1.5. Актуальність розробки модуля для садіння часнику**

Сучасний розвиток аграрного виробництва вимагає підвищення ефективності використання технічних засобів, зниження енерговитрат та мінімізації негативного впливу на ґрунт. Однією з актуальних проблем традиційних технологій вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі часнику, є значне ущільнення ґрунту внаслідок багаторазового проходу тракторів та сільськогосподарських машин. Це призводить до погіршення водно-повітряного режиму ґрунту, зниження врожайності та збільшення витрат енергії на обробіток.

Особливої актуальності набуває впровадження мостової технології землеробства, яка передбачає виконання технологічних операцій за допомогою мостових машин, що переміщуються по постійних коліях або рейкових шляхах. Такий підхід дозволяє повністю виключити вплив ходових систем машин на оброблювану площу, забезпечити стабільні умови для росту рослин та підвищити точність виконання агротехнічних операцій.

Вирощування часнику має ряд специфічних особливостей, зокрема необхідність точного дозування та рівномірного розміщення зубків у ґрунті на заданій глибині та з дотриманням міжряддя. Існуючі саджалки, як правило, орієнтовані на агрегування з тракторами і не враховують специфіку роботи в системі мостового землеробства, що обмежує можливість їх ефективного використання в таких умовах.

У зв'язку з цим виникає необхідність розробки спеціалізованого садильного модуля для часнику, адаптованого до агрегування з мостовою машиною. Такий модуль повинен забезпечувати точне дозування посадкового матеріалу, стабільність технологічного процесу, зменшення енерговитрат та підвищення продуктивності.

Крім того, впровадження мостового землеробства у поєднанні з розробленим садильним модулем дозволить підвищити ефективність використання земельних ресурсів, зменшити витрати на обробіток ґрунту, а також створити передумови для автоматизації та впровадження елементів точного землеробства.

Таким чином, розробка садильного модуля для часнику, адаптованого до роботи в системі мостового землеробства, є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності аграрного виробництва.

## 1.6. Висновки

1. У першому розділі проаналізовано діяльність ТОВ «Колос» та встановлено, що господарство поєднує рослинництво з переробкою продукції, що підвищує його економічну ефективність .

2. Дослідження структури посівів показало переважання зернових і технічних культур, при цьому овочевий напрям, зокрема вирощування часнику, поступово розвивається як більш рентабельний.

3. Аналіз врожайності свідчить про її зростання, що пов'язано з удосконаленням технологій та організації виробництва. Найвищі показники характерні для овочевих культур.

4. Оцінка механізації показала достатню забезпеченість технікою, однак її різний технічний стан призводить до підвищених енерговитрат і зниження ефективності.

5. Встановлено, що значні витрати енергії пов'язані з обробітком ґрунту та ущільненням, що виникає внаслідок багаторазових проходів техніки.

6. Обґрунтовано доцільність впровадження мостової технології землеробства та розробки садильного модуля для часнику, що дозволить підвищити ефективність виробництва.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Особливості механізації вирощування часнику

Вирощування часнику належить до технологічно складних процесів у рослинництві, що обумовлено підвищеними вимогами до точності виконання агротехнічних операцій. На відміну від зернових культур, дана культура потребує чіткого дотримання параметрів висаджування, рівномірності розміщення рослин і мінімального впливу на ґрунт у процесі вирощування.

Технологія вирощування часнику включає послідовність операцій: основний обробіток ґрунту, передпосівну підготовку, висаджування зубків, догляд за посівами та збирання врожаю. Кожен із цих етапів має свої особливості механізації та потребує застосування відповідних технічних засобів [8-9].

Однією з ключових умов отримання високого врожаю є дотримання параметрів висаджування. Глибина загортання зубків зазвичай становить 4–6 см, відстань між рослинами – 8–12 см, а ширина міжрядь – 45–60 см. Порушення цих параметрів призводить до нерівномірних сходів та зниження продуктивності культури.

Підготовка ґрунту під часник передбачає виконання глибокого обробітку з подальшим формуванням рівного та дрібногрудкуватого посівного ложа [10]. Для цього використовуються плуги типу ПЛН-5-35, а також сучасні агрегати Lemken Juwel і Kuhn Multi-Master. Подрібнення рослинних решток і вирівнювання поверхні здійснюється дисковими боронами БДТ-3, АГД-2,5 або більш продуктивними машинами типу Amazone Catros.

Передпосівна підготовка виконується культиваторами КПСП-4, КРН-5,6 або комбінованими агрегатами Lemken Kompaktor, які дозволяють скоротити кількість проходів техніки по полю. Водночас традиційні технології обробітку

супроводжуються значними енерговитратами, що можуть досягати 20–25 л пального на гектар.

Таблиця 2.1 – Основні параметри технології вирощування часнику

| Показник                   | Значення |
|----------------------------|----------|
| Глибина висаджування, см   | 4–6      |
| Відстань між рослинами, см | 8–12     |
| Ширина міжрядь, см         | 45–60    |
| Норма висіву, кг/га        | 800–1200 |
| Урожайність, ц/га          | 60–100   |

Процес висаджування є одним із найбільш відповідальних етапів. Для цього застосовуються спеціалізовані саджалки, такі як ЧС-4, ЧСН-4, а також імпорتنі моделі JJ Broch та Spedo PLMA [11, 12]. Незважаючи на механізацію, ці машини не завжди забезпечують стабільну орієнтацію зубків і рівномірність їх розміщення, що негативно впливає на формування врожаю.

Таблиця 2.2 – Порівняння способів висаджування часнику

| Спосіб             | Продуктивність | Точність | Трудомісткість |
|--------------------|----------------|----------|----------------|
| Ручний             | Низька         | Висока   | Висока         |
| Напівмеханізований | Середня        | Середня  | Середня        |
| Механізований      | Висока         | Середня  | Низька         |

Догляд за посівами включає міжрядний обробіток, внесення добрив і захист рослин. Для цього використовуються культиватори КРН-5,6 та обприскувачі ОП-2000, Amazone UX або Hardi Navigator [13-15]. Основною проблемою є необхідність багаторазового проходу техніки, що призводить до ущільнення ґрунту та збільшення витрат енергії.

Збирання часнику включає комплекс операцій, серед яких основною є викопування. У практиці часто використовуються картоплекопачі КТН-1-60, а також спеціалізовані машини Asa-Lift і Samon [16, 17]. Проте рівень механізації цього процесу залишається недостатнім, що обумовлює значні втрати продукції та потребу у ручній праці.

Таблиця 2.3 – Структура витрат при вирощуванні часнику

| Вид витрат          | Частка, % |
|---------------------|-----------|
| Пальне              | 30        |
| Оплата праці        | 25        |
| Посадковий матеріал | 20        |
| Добрива та ЗЗР      | 15        |
| Інші витрати        | 10        |

Аналіз структури витрат показує, що значну частку становлять енергетичні ресурси та витрати на оплату праці. Це підтверджує необхідність удосконалення механізації процесів, зокрема висаджування та збирання.

Таблиця 2.4 – Технічні засоби механізації вирощування часнику

| Технологічна операція | Тип машин     | Приклади марок       | Рівень механізації |
|-----------------------|---------------|----------------------|--------------------|
| Обробіток ґрунту      | Плуги, борони | ПЛН, Lemken, Amazone | Високий            |
| Підготовка ґрунту     | Культиватори  | КПСП, Kompaktor      | Високий            |
| Висаджування          | Саджалки      | ЧС-4, JJ Broch       | Середній           |
| Догляд                | Обприскувачі  | ОП-2000, Amazone     | Високий            |
| Збирання              | Копачі        | КТН, Asa-Lift        | Середній           |

Аналіз даних таблиці свідчить, що більшість операцій механізовані на достатньому рівні, однак процеси висаджування та збирання залишаються найбільш проблемними.

Основними недоліками існуючої системи механізації є:

- недостатня точність висаджування;
- відсутність спеціалізованих модулів для часнику;
- значні енерговитрати;
- ущільнення ґрунту;
- висока частка ручної праці.

Усунення цих недоліків можливе за рахунок впровадження нових технологічних рішень. Одним із найбільш перспективних напрямків є використання мостової технології землеробства, яка дозволяє зменшити навантаження на ґрунт і підвищити точність виконання операцій.

У зв'язку з цим актуальним є створення спеціалізованого садильного модуля для часнику, який забезпечить якісне виконання технологічного процесу в умовах мостового землеробства.

## **2.2. Вирощування часнику з використанням мостового технології землеробства**

Підвищення ефективності вирощування овочевих культур, зокрема часнику, тісно пов'язане з удосконаленням технологій виконання польових робіт. Одним із найбільш перспективних напрямків є застосування мостової технології землеробства, яка дозволяє змінити принцип організації виробничого процесу та зменшити негативний вплив техніки на ґрунт [18-20].

На відміну від традиційних систем, де переміщення машин здійснюється безпосередньо по полю, мостова технологія передбачає використання спеціалізованих машин – агромостів, що рухаються по стаціонарних коліях. Це дозволяє виключити контакт ходової частини з оброблюваною поверхнею, що є особливо важливим при вирощуванні культур, чутливих до ущільнення ґрунту.

Загальний вигляд двоопорного агромоста наведено на рисунку 2.1. Конструкція машини включає несівний остов, який спирається на колеса з електроприводом, що переміщуються по коліях. У центральній частині розташований рухомий технологічний модуль, який забезпечує виконання технологічних операцій у межах робочої зони.

Живлення систем агромоста здійснюється від акумуляторної батареї, що може підзаряджатися від сонячних панелей або зовнішньої електромережі. Така схема забезпечує автономність роботи та зниження витрат традиційних паливних ресурсів. Використання електроприводів і сервосистем керування дозволяє досягти високої точності позиціонування робочих органів.

Технологія вирощування часнику в умовах застосування агромоста включає стандартні агротехнічні операції, проте спосіб їх виконання має суттєві відмінності. Підготовка ґрунту здійснюється навісними або підвісними робочими органами, встановленими на модулі агромоста. Завдяки стабільності конструкції забезпечується рівномірна глибина обробітку та зниження енерговитрат.

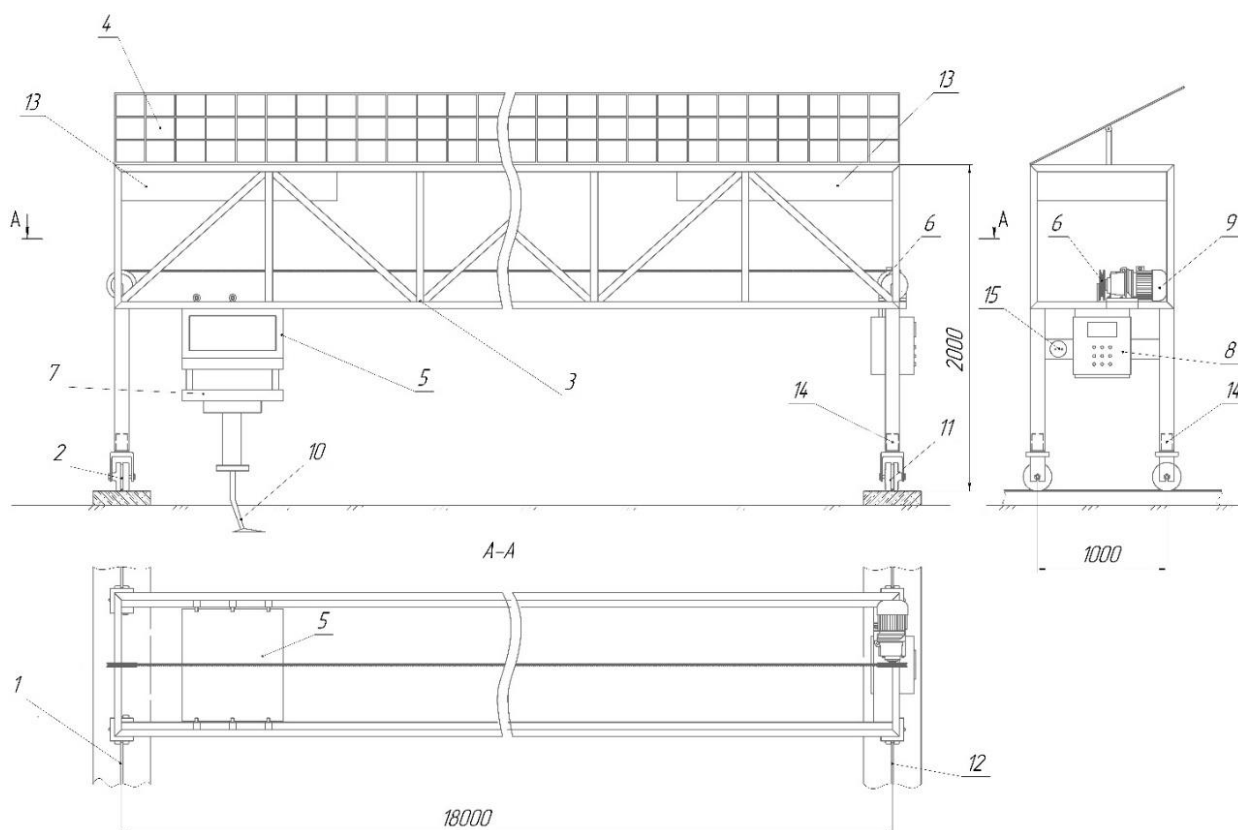


Рисунок 2.1 – Двохопорний агроміст

1, 12 – колії; 2, 11 – колеса з електроприводом; 3 – остов агромостової машини; 4 – сонячні панелі 5 – рухомий модуль агромоста; 6 – привід модуля; 7 – модуль агрегатування; 8 – пост керування; 9 – асинхронний двигун; 10 – навісні робочі органи; 13 – батарея живлення; 14 – сервоприводи керування колесами; 15 – зарядне гніздо

Процес висаджування часнику в умовах мостової технології характеризується підвищеною точністю. Фіксоване положення агромоста дозволяє витримувати задану відстань між рослинами та глибину загортання зубків. Це забезпечує формування рівномірних сходів і створює сприятливі умови для розвитку рослин.

Догляд за посівами виконується з використанням міжрядних робочих органів і систем внесення добрив та засобів захисту рослин. Висока точність переміщення дозволяє мінімізувати пошкодження культур і підвищити ефективність використання ресурсів.

Особливо важливою перевагою мостової технології є відсутність ущільнення ґрунту. Це сприяє збереженню його структури, покращенню водно-повітряного режиму та зниженню тягового опору при виконанні наступних операцій. У результаті зменшуються енерговитрати та підвищується загальна ефективність виробництва.

Збирання часнику в умовах мостового землеробства також має свої особливості. Використання спеціалізованих модулів дозволяє виконувати викопування з високою точністю, зменшуючи втрати продукції та пошкодження цибулин. Крім того, забезпечується стабільна глибина роботи викопувальних органів.

Таблиця 2.5 – Порівняння традиційної та мостової технологій вирощування часнику

| Показник                    | Традиційна технологія | Мостова технологія |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Ущільнення ґрунту           | Значне                | Відсутнє           |
| Кількість проходів техніки  | 5–8                   | 2–4                |
| Витрати пального, л/га      | 60–80                 | 40–55              |
| Точність виконання операцій | Середня               | Висока             |
| Урожайність, ц/га           | 60–80                 | 80–100             |

Аналіз наведених даних показує, що використання мостової технології дозволяє зменшити кількість технологічних операцій, знизити витрати енергетичних ресурсів і підвищити точність виконання робіт. Це особливо важливо при вирощуванні часнику, де навіть незначні відхилення параметрів можуть суттєво впливати на врожайність.

### **2.3. Шляхи удосконалення мостової технології землеробства**

Ефективність застосування мостової технології землеробства значною мірою визначається відповідністю технічних засобів умовам роботи агромостових машин. В основі даної технології лежить принцип розмежування функцій переміщення та виконання технологічних операцій, що принципово відрізняє її від традиційних систем землеробства. Якщо у звичайних умовах технологічні процеси виконуються із застосуванням тракторної тяги, яка супроводжується безпосереднім контактом ходової частини з ґрунтом, то мостова технологія передбачає використання підвісних або модульних робочих органів, що функціонують у межах жорсткої несівної конструкції агромоста.

Застосування такої технологічної схеми дозволяє повністю виключити вплив маси машини на оброблювану поверхню поля, що є одним із ключових факторів підвищення ефективності аграрного виробництва. Відсутність ущільнення ґрунту сприяє збереженню його агрофізичних властивостей, покращенню водно-повітряного режиму та створенню сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин. Крім того, зменшення тягового опору дозволяє скоротити енерговитрати та підвищити ефективність виконання технологічних операцій.

Разом з тим реалізація зазначених переваг можлива лише за умови використання технічних засобів, які конструктивно відповідають вимогам мостового землеробства. У зв'язку з цим виникає необхідність не лише адаптації існуючих машин, але й розробки нових технічних рішень, орієнтованих на модульний принцип побудови. Особливої актуальності це набуває для процесу висаджування часнику, який характеризується підвищеними вимогами до точності виконання операцій.

У зв'язку з цим доцільним є проведення детального аналізу існуючих садильних машин для часнику з метою визначення їх конструктивних особливостей, переваг і недоліків. Це дозволить обґрунтувати основні напрямки

удосконалення технічних засобів та сформулювати вимоги до розробки спеціалізованого садильного модуля, адаптованого до умов мостового землеробства. Таким чином, наступним етапом є огляд існуючих садильних машин, який дає можливість оцінити їх ефективність та визначити шляхи подальшого вдосконалення технології висаджування часнику.

І розпочнемо з саджалки ЧС-4 (рис. 2.2) [21, 22], що є типовим представником механічних машин для висаджування часнику. Вона забезпечує подачу посадкового матеріалу за рахунок простих механічних пристроїв, що робить її доступною та надійною в експлуатації. Конструкція машини передбачає чотирирядне висаджування, при цьому ширина міжрядь зазвичай становить 45–60 см, що відповідає агротехнічним вимогам вирощування культури.

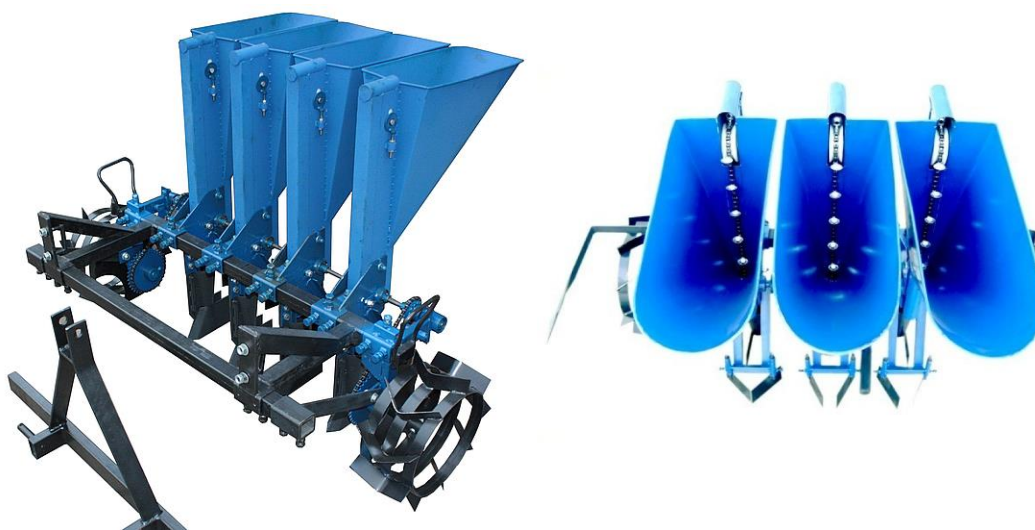


Рисунок 2.2 – Саджалка часнику ЧС-4 (Україна)

Робоча швидкість агрегату знаходиться в межах 3–5 км/год, що забезпечує продуктивність на рівні 0,4–0,8 га/год залежно від умов роботи. Глибина висаджування регулюється в межах 4–6 см, однак її стабільність значною мірою залежить від рівності поверхні поля та режиму руху агрегату. Крок розміщення зубків у рядку, як правило, становить 8–12 см, але через особливості механізму подачі він може змінюватися, що призводить до нерівномірності густоти стояння рослин.

До основних переваг саджалки ЧС-4 слід віднести простоту конструкції, легкість обслуговування та невисоку вартість, що забезпечує її широке застосування в господарствах. Водночас дана машина має ряд недоліків, серед яких найбільш суттєвими є відсутність контролю орієнтації зубків, нестабільність інтервалів між рослинами та залежність якості висаджування від умов роботи.

Наступною розглянемо саджалку JJ Broch (рис. 2.3) [11], яка є сучасним представником автоматизованих машин для висаджування часнику. Дана машина відзначається високим рівнем технічної досконалості та орієнтована на використання в інтенсивних технологіях вирощування овочевих культур.

У конструкції саджалки застосовується садильний апарат механіко-пневматичного типу з автоматизованою подачею посадкового матеріалу, який забезпечує дозоване захоплення зубків і їх транспортування до зони висаджування. Використання такого апарата дозволяє значно підвищити рівень точності та стабільності процесу висаджування порівняно з механічними системами.



Рисунок 2.3 – Пневматична саджалка часнику JJ Broch (Іспанія)

Саджалка може працювати в багаторядному виконанні (як правило 4–8 рядків), при цьому ширина міжрядь регулюється в межах 40–60 см залежно від агротехнічних вимог. Робоча швидкість агрегату становить 5–8 км/год, що забезпечує продуктивність на рівні 0,8–1,5 га/год.

Глибина висаджування підтримується в межах 4–6 см із високою стабільністю завдяки вдосконаленій системі копіювання рельєфу поля. Крок розміщення зубків у рядку регулюється в діапазоні 8–12 см і характеризується значно меншою варіативністю, ніж у механічних саджалках. Це забезпечує більш рівномірну густоту стояння рослин і сприяє підвищенню врожайності.

До основних переваг саджалки JJ Broch слід віднести високу точність висаджування, автоматизацію процесу подачі посадкового матеріалу, стабільність роботи на різних швидкостях та можливість налаштування технологічних параметрів. Крім того, дана машина забезпечує більш рівномірний розподіл зубків у рядку, що є важливим фактором для отримання якісного врожаю.

Разом з тим конструкція машини має і певні недоліки. Насамперед це висока вартість обладнання, складність технічного обслуговування та підвищені вимоги до якості посадкового матеріалу. Крім того, як і інші аналогічні машини, вона розрахована на роботу в умовах контакту з ґрунтом і не адаптована до використання в складі агромовових систем.

Таким чином, незважаючи на високий рівень технічного виконання, саджалка JJ Broch не може бути безпосередньо використана в умовах мостової технології землеробства, що обумовлює необхідність створення спеціалізованого садильного модуля, адаптованого до роботи в складі агромовової машини.

Наступною розглянемо саджалку Spedo PLMA (рис. 2.4) [12], яка є сучасною механізованою машиною для висаджування часнику та інших цибулинних культур. Дана модель широко застосовується в господарствах

середнього та великого рівня і характеризується поєднанням надійності конструкції та достатнього рівня механізації процесу.



Рисунок 2.4 – Саджалка часнику Spedo PLMA (Італія)

У конструкції машини використовується садильний апарат механічного типу з комірково-дисковим (роторним) механізмом подачі, який забезпечує захоплення зубків із бункера та їх подальше транспортування до висаджувального сошника. Такий принцип роботи є більш стабільним порівняно з простими ложковими системами, однак не забезпечує повного контролю орієнтації посадкового матеріалу.

Саджалка може виконувати висаджування у 4–6 рядків, при цьому ширина міжрядь регулюється в межах 40–60 см. Робоча швидкість агрегату становить 4–7 км/год, що дозволяє досягати продуктивності на рівні 0,6–1,2 га/год залежно від умов експлуатації.

Глибина висаджування підтримується в межах 4–6 см і регулюється за допомогою опорних елементів та системи копіювання поверхні поля. Крок розміщення зубків у рядку становить 8–12 см, однак через механічний характер

подачі можливі незначні відхилення, що впливають на рівномірність густоти стояння рослин.

До основних переваг саджалки Spedo PLMA слід віднести простоту та надійність конструкції, відносно високу продуктивність, а також можливість роботи в різних ґрунтових умовах. Машина характеризується стабільною роботою при середніх швидкостях і не потребує складного технічного обслуговування.

Разом з тим існують і певні недоліки. Основними з них є обмежена точність висаджування, відсутність системи орієнтації зубків, а також залежність якості роботи від рівності поверхні поля та швидкості руху агрегату.

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз садильних машин

| Модель     | Рівень автоматизації | Точність | Продуктивність | Адаптація до агромота |
|------------|----------------------|----------|----------------|-----------------------|
| ЧС-4       | Низький              | Низька   | Середня        | Відсутня              |
| JJ Broch   | Високий              | Висока   | Висока         | Відсутня              |
| Spedo PLMA | Середній             | Середня  | Середня        | Відсутня              |

Аналіз наведених даних свідчить, що жодна з розглянутих машин не відповідає вимогам мостової технології землеробства. Основною причиною є їх конструктивна орієнтація на роботу в умовах використання тракторної тяги. Удосконалення мостової технології можливе за рахунок переходу до модульного принципу побудови технічних засобів. У цьому випадку робочі органи виконуються у вигляді змінних модулів, які встановлюються на агромотову машину та забезпечують виконання окремих технологічних операцій.

Додатковим напрямком розвитку є впровадження систем автоматизованого керування. Використання електронних датчиків, сервоприводів і програмного забезпечення дозволяє підвищити точність виконання операцій та зменшити вплив людського фактора.

З урахуванням зазначеного, перспективним є створення спеціалізованого садильного модуля для часнику, який буде інтегрований у конструкцію агромостової машини. Такий модуль повинен забезпечувати точну подачу посадкового матеріалу, стабільну глибину висаджування та рівномірність розміщення рослин.

## **2.4. Висновки**

1. Встановлено, що дана культура потребує високої точності виконання технологічних операцій, особливо при висаджуванні. Визначено, що існуючі технічні засоби не забезпечують стабільного дотримання параметрів глибини та інтервалів між рослинами.

2. Використання традиційної техніки супроводжується ущільненням ґрунту та збільшенням енерговитрат, що обґрунтовує доцільність застосування мостової технології землеробства. Її впровадження дозволяє зменшити негативний вплив на ґрунт і підвищити ефективність виробництва.

3. Аналіз існуючих садильних машин (ЧС-4, JJ Broch, Spedo) показав їх обмежену придатність до роботи в умовах агромосту через недостатню точність і конструктивну невідповідність.

У результаті встановлено, що підвищення ефективності мостового землеробства можливе за рахунок розробки спеціалізованого садильного модуля, адаптованого для агрегування з мостовими машинами.

### **3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ МОДУЛЯ ДЛЯ САДІННЯ ЧАСНИКУ**

#### **3.1. Розробка конструкції модуля для садіння часнику**

Розробка модуля для садіння часнику виконувалась на основі аналізу існуючих технічних рішень та з урахуванням особливостей мостової технології землеробства [11, 12, 21, 22]. Врахувавши особливості конструкцій розглянутих саджалок їх переваги та недоліки розроблено конструкцію модуля для садіння часнику адаптованого для роботи з мостовою машиною [23]. Згідно з технічним завданням розроблювана саджалка повинна забезпечити підвищену точність висаджування посадкового матеріалу порівняно з існуючими аналогами. Досягнення цього забезпечується рядом конструктивних і кінематичних рішень. По-перше, застосування ложечкового дозуючого пристрою на ланцюговому конвеєрі з індивідуальними гніздами дозволяє здійснювати поштучну подачу зубків часнику, що практично виключає пропуски та подвійне захоплення, характерні для механічних коміркових або дискових апаратів. По-друге, наявність механізму очищення забезпечує відсікання надлишкового матеріалу та стабільність дозування незалежно від форми і розміру зубків.

По-третє, використання приводу від опорних коліс через ланцюгову передачу забезпечує жорстку кінематичну залежність між швидкістю руху модуля та частотою роботи дозуючого пристрою, що дозволяє підтримувати сталий крок садіння навіть при зміні швидкості агрегату. Додатково точність регулюється за рахунок зміни передаточного відношення приводу.

Важливим фактором підвищення точності є також застосування двох опорних коліс, які забезпечують стабільне копіювання рельєфу поля та постійну глибину загортання посадкового матеріалу. У традиційних

саджалках коливання глибини пов'язані з нерівностями поверхні та роботою ходової частини, тоді як у запропонованій конструкції ці впливи мінімізовані.

Крім того, використання напрямного кожуха та насіннепроводу забезпечує контроль траєкторії руху зубка від моменту захоплення до укладання в борозну, що зменшує розсіювання та випадкове відхилення від заданої точки. У сукупності зазначені рішення дозволяють підвищити рівномірність розміщення посадкового матеріалу в рядку та забезпечити більш стабільні агротехнічні параметри процесу садіння у порівнянні з існуючими машинами. Загальний вигляд удосконаленого модуля для садіння часнику наведено на рисунку 3.1.

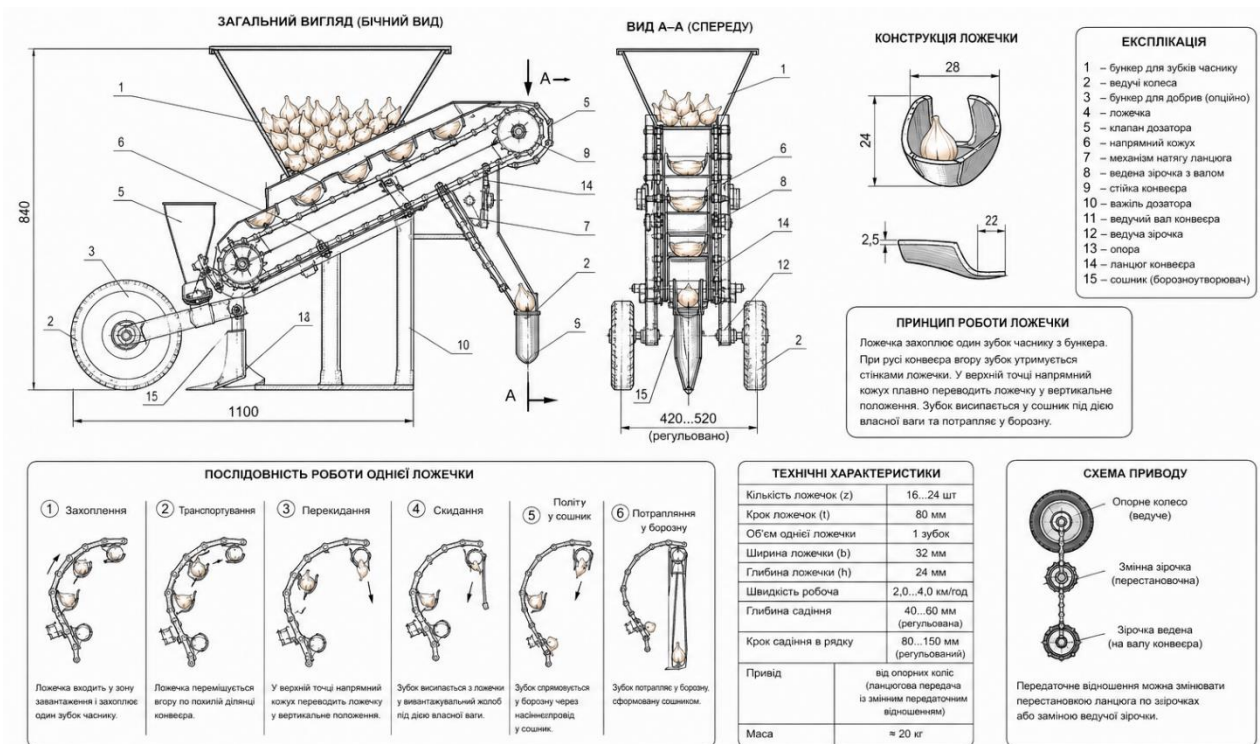


Рисунок 3.1 – Модуль для садіння часнику

Для забезпечення стабільності процесу подачі передбачено механізм очищення, який усуває надлишкові зубки та запобігає їх подвійному захопленню. У верхній частині траєкторії руху ложечки відбувається її орієнтація у вертикальне положення за допомогою напрямного кожуха. Далі під дією сили тяжіння зубок вивільняється та через напрямний канал потрапляє у сошник.

Сошник формує борозну заданої глибини, яка для часнику становить 4–6 см. Після укладання зубка здійснюється загортання ґрунту та часткове його ущільнення загортаючими органами. Така послідовність операцій забезпечує оптимальні умови для проростання та розвитку рослин.

Робота модуля для садіння часнику здійснюється у складі агропостової машини (рис. 2.1), яка переміщується по стаціонарних коліях та забезпечує стабільне положення робочих органів відносно поверхні поля. Завдяки такій схемі виключається вплив ходової частини на ґрунт, що сприяє збереженню його структури та підвищенню ефективності виконання технологічних операцій.

У процесі роботи модуль встановлюється на рухомому візку агропосту та переміщується вздовж ферми в межах робочої ширини. Під час руху опорні колеса модуля контактують із поверхнею ґрунту та виконують функцію копіювання рельєфу, забезпечуючи стабільну глибину заглиблення сошника. Одночасно обертання опорних коліс використовується для приводу дозуючого пристрою через ланцюгову передачу.

Посадковий матеріал (зубки часнику) із бункера надходить у зону захоплення ложечкового конвеєра. При русі ланцюга ложечки послідовно занурюються у масу матеріалу та захоплюють по одному зубку. Надлишкові зубки видаляються за допомогою очищувального механізму, що забезпечує індивідуальну подачу.

Далі ложечки переміщуються по напрямному кожуху у верхню частину траєкторії, де відбувається їх орієнтація у вертикальне положення. У момент переходу через верхню точку зубок вивільняється з ложечки та під дією сили тяжіння спрямовується через насіннєпровід у сошник.

Сошник формує борозну заданої глибини, у яку укладається зубок часнику. Глибина садіння підтримується постійною завдяки роботі опорних коліс і системи регулювання положення робочих органів. Після укладання

посадкового матеріалу відбувається загортання борозни та часткове ущільнення ґрунту загортаючими органами.

Синхронізація швидкості руху модуля та роботи дозуючого пристрою забезпечується за рахунок механічного приводу від опорних коліс. Це дозволяє підтримувати сталий крок садіння незалежно від зміни швидкості переміщення агромота.

Завдяки використанню мостової машини технологічний процес виконується без ущільнення ґрунту, з високою точністю позиціонування та рівномірністю розміщення рослин. Це створює оптимальні умови для росту культури та підвищує ефективність виробництва. Основні показники модуля для садіння часнику наведено в табл. 3.1. та додатку А (вихідні дані для розрахунку).

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика модуля для садіння часнику

| Показник               | Значення                        |
|------------------------|---------------------------------|
| Тип модуля             | навісний, для агромота          |
| Тип дозуючого пристрою | ложечковий                      |
| Кількість ложечок      | 8–16 шт                         |
| Крок ложечок           | 70–90 мм                        |
| Привід                 | від опорних коліс (ланцюговий)  |
| Регулювання кроку      | зміною передаточного відношення |
| Робоча швидкість       | 2,0–4,0 км/год                  |
| Глибина садіння        | 4–6 см                          |
| Крок садіння в рядку   | 6–10 см                         |
| Ширина міжрядь         | 25–45 см                        |
| Продуктивність         | до 0,5–0,8 га/год               |
| Маса модуля            | ≈ 70–90 кг                      |

### 3.2. Розрахунок основних складових модуля для садіння часнику

Розрахунок конструктивних і кінематичних параметрів [24, 25] модуля для садіння часнику виконується з метою забезпечення відповідності агротехнічним вимогам та стабільності роботи дозуючого пристрою. Вихідні дані для розрахунку наведені в додатку А.

#### *Розрахунок кроку садіння*

Крок садіння визначає відстань між зубками часнику в рядку і є одним із основних параметрів технологічного процесу. Він залежить від діаметра опорного колеса, кількості ложечок та передаточного відношення приводу.

Формула для визначення кроку садіння має вигляд [25, 26]:

$$s = \pi \cdot D / (i \cdot z) \quad (3.1)$$

де:  $s$  – крок садіння, м;

$D$  – діаметр опорного колеса, м;

$i$  – передаточне відношення приводу;

$z$  – кількість ложечок.

Згідно додатку А підставляємо значення:  $D = 0,35$  м,  $i = 1$ ,  $z = 16$

$$s = 3,14 \cdot 0,35 / (1 \cdot 16) = 1,099 / 16 = 0,068 \text{ м}$$

Отже, отриманий крок садіння становить 91 мм, що відповідає агротехнічним вимогам.

Кількість ложечок визначається з умови забезпечення заданого кроку садіння. Формула має вигляд:

$$z = \pi \cdot D / (i \cdot s) \quad (3.2)$$

де:  $z$  – кількість ложечок;

Тоді:

$$z = 1,099 / (1 \cdot 0,07) = 1,099 / 0,07 = \approx 15,7 \text{ шт}$$

Приймаємо конструктивно з урахуванням різних інтервалів посадки від 6-10 см кількість ложечок  $z = 8\text{--}16$  ложечок

*Розрахунок довжини ланцюга дозатора*

Довжина ланцюга визначається геометрією приводу за формулою:

$$L = 2a + \pi \cdot (D_1 + D_2) / 2 \quad (3.3)$$

Де  $L$  – довжина ланцюга, м;

$a$  – міжосьова відстань, м;

$D_1, D_2$  – діаметри зірочок, м.

Приймаємо:  $a = 0,5$  м,  $D_1 = 0,12$  м,  $D_2 = 0,12$  м

$$L = 2 \cdot 0,5 + 3,14 \cdot (0,12 + 0,12) / 2 = 1,37 \text{ м}$$

Приймаємо стандартну довжину:  $L \approx 1,4$  м.

*Розрахунок об'єму бункера*

Об'єм бункера визначається з умови забезпечення безперервної роботи.

Формула:

$$V = Q \cdot t \cdot q / \rho \quad (3.4)$$

де  $V$  – об'єм бункера, м<sup>3</sup>;

$Q$  – продуктивність, га/год;

$t$  – час роботи, год;

$q$  – норма висіву, кг/га;

$\rho$  – насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>.

Приймаємо:  $Q = 0,27$ ,  $t = 0,5$ ,  $q = 1000$ ,  $\rho = 600$

$$V = (0,27 \cdot 0,5 \cdot 1000) / 600 = 135 / 600 = 0,225 \text{ м}^3$$

Отримане значення виходить за конструктивні обмеження для мостової машини яке становить  $V \approx 0,04\text{--}0,55 \text{ м}^3$  з урахуванням цього виконуємо 5 до завантажень бункера на гектар.

#### *Розрахунок передаточного відношення*

Передаточне відношення визначається з умови забезпечення заданого кроку садіння.

$$i = \pi \cdot D / (z \cdot s) \quad (3.5)$$

Тоді:

$$i = 1,099 / (8 \cdot 0,09) = 1,099 / 0,72 = 1,53$$

Приймаємо:  $i = 1,5$ .

#### *Розрахунок швидкості ланцюга*

Швидкість руху ланцюга визначається через оберти колеса.

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 60 \quad (3.6)$$

де  $v$  – швидкість ланцюга, м/с;

$n$  – оберти, об/хв.

Частота обертання опорних коліс визначається виходячи зі швидкості руху саджалки та їх діаметра. Це необхідно для подальшого розрахунку кінематики приводу дозуючого пристрою.

Для визначення обертів використовується залежність:

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} \cdot \quad (3.7)$$

де  $n$  – частота обертання колеса, об/хв;

$V$  – швидкість руху агрегату, м/с;

$D$  – діаметр колеса, м.

Приймаємо:  $V = 3 \text{ км/год} = 0,83 \text{ м/с}$   $D = 0,35 \text{ м}$

Підставляємо значення:

$$n = (60 \cdot 0,83) / (3,14 \cdot 0,35) = 49,8 / 1,099 = 45,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо:  $n \approx 45 \text{ об/хв}$

Тоді швидкість ланцюга становитиме:

$$v = 3,14 \cdot 0,35 \cdot 45 / 60 = 0,82 \text{ м/с}$$

Проведені розрахунки дозволили визначити основні конструктивні параметри модуля для садіння часнику. Встановлено, що обрані значення забезпечують необхідний крок садіння, стабільність роботи дозуючого пристрою та відповідність агротехнічним вимогам.

### 3.3. Розрахунок енергетичних витрат на виконання процесу садіння часнику

Енергетичні витрати модуля формуються сумою потужностей на подолання опорів руху, роботу робочих органів, привід дозуючого пристрою та втрати в передачах. Розрахунок виконується з урахуванням кінематичного зв'язку приводу від опорних коліс [27].

*Сумарний тяговий опір модуля*

Сумарний опір приймаємо як суму опорів сошника, загортачів і перекочування опорних коліс:

$$F = F_s + F_z + F_k \quad (3.8)$$

Де  $F$  –сумарний тяговий опір, Н;

$F_s$  –опір сошника, Н;

$F_z$  –опір загортаючих органів, Н;

$F_k$  –опір перекочування коліс, Н.

Опір сошника визначаємо за питомим опором ґрунту:

$$F_s = k \cdot b \quad (3.9)$$

де:  $k$  –питомий опір ґрунту, Н/м;

$b$  –ширина захвату сошника, м.

Приймаємо:  $k = 2500$  Н/м;  $b = 0,45$  м

$$F_s = 2500 \cdot 0,45 = 1125 \text{ Н}$$

Опір загортачів орієнтовно приймаємо як частку від  $F_s$ :

$$F_z = 0,2 \cdot F_s = 225 \text{ Н} \quad (3.10)$$

Опір перекочування:

$$F_k = f \cdot G \quad (3.11)$$

Де  $f$  – коефіцієнт перекочування (0,04...0,06);

$G$  – вага модуля, Н.

Приймаємо:  $f = 0,05$ ;  $m = 80 \text{ кг} \rightarrow G = 80 \cdot 9,81 = 785 \text{ Н}$

$$F_k = 0,05 \cdot 785 = 39 \text{ Н}$$

Тоді сумарний опір:

$$F = 1125 + 225 + 39 = 1389 \text{ Н}$$

Потужність на переміщення модуля

Потужність на подолання опорів:

$$N_1 = F \cdot V \quad (3.12)$$

де:  $V$  – швидкість, м/с.

Приймаємо:  $V = 0,83 \text{ м/с}$

$$N_1 = 1389 \cdot 0,83 = 1153 \text{ Вт} \approx 1,15 \text{ кВт}$$

*Момент на опорному колесі*

Оскільки привід дозатора здійснюється від колеса, визначаємо крутний момент:

$$M_k = F \cdot (D / 2) \quad (3.13)$$

де  $D$  – діаметр колеса, м.

$$M_k = 1389 \cdot 0,175 = 243 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

*Потужність приводу дозуючого пристрою через момент*

Потужність через крутний момент:

$$N_2 = (2\pi \cdot n \cdot M) / 60 \quad (3.14)$$

Де  $n$  – оберти колеса, об/хв;

$M$  – момент, Н·м.

Приймаємо:  $n = 45$  об/хв

$$N_2 = (2 \cdot 3,14 \cdot 45 \cdot 243) / 60 = 3430 / 60 = \approx 0,57 \text{ кВт}$$

(реально на дозатор іде менша частка, тому далі врахуємо ККД)

*Втрати в ланцюговій передачі*

З урахуванням ККД передачі:

$$\eta = 0,9 \dots 0,95$$

Потужність з урахуванням втрат:

$$N_2' = N_2 / \eta \quad (3.15)$$

Приймаємо:  $\eta = 0,92$

$$N_2' = 0,57 / 0,92 = 0,62 \text{ кВт}$$

### *Загальна потужність системи*

Загальна потужність з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$N = (N_1 + N_2') \cdot k_z \quad (3.16)$$

де:  $k_z = 1,2 \dots 1,3$

Приймаємо:  $k_z = 1,25$

$$N = (1,15 + 0,62) \cdot 1,25 = 1,77 \cdot 1,25 = 2,21 \text{ кВт}$$

### *Питомі енерговитрати*

$$E = N / Q \quad (3.17)$$

де:  $Q$  –продуктивність, га/год.

Приймаємо:  $Q = 0,27$  га/год

$$E = 2,21 / 0,27 = 8,18 \text{ кВт} \cdot \text{год/га}$$

Уточнений розрахунок із урахуванням складових тягового опору, моментів і втрат у передачах показав, що сумарна потужність, необхідна для роботи модуля, становить близько 2,2 кВт. Отримані питомі енерговитрати не перевищують 8–9 кВт·год/га, що є прийнятним для даного технологічного процесу. Використання приводу від опорних коліс забезпечує раціональний розподіл енергії та підвищує загальну ефективність роботи модуля в складі агропостової машини.

### 3.4. Розрахунок на міцність

Розрахунок на міцність [26, 27] виконується з метою перевірки працездатності та надійності елементів конструкції модуля при дії статичних і змінних навантажень. Найбільш навантаженими елементами є рама модуля, вісь опорних коліс та елементи приводу дозуючого пристрою.

#### *Розрахунок рами на вигин і кручення*

Рама модуля працює в умовах складного напруженого стану, оскільки одночасно зазнає дії вигинальних і крутних навантажень.

Максимальний вигинальний момент визначається за формулою:

$$M = \frac{F \cdot l}{4} \quad (3.18)$$

$F$  – сила що передається на раму від сошника, Н

*Крутний момент визначається як:*

$$T = F \cdot \frac{b}{2}, \text{ Нм} \quad (3.19)$$

де  $l$  – довжина балки, м;

$b$  – база навантаження, м.

Приймаємо:  $F = 1389$  Н (попередньо розрахована);  $l = 0,6$  м;  $b = 0,4$  м (згідно вихідних даних, додаток А).

Тоді:

$$M = (1389 \cdot 0,6)/4 = 208 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

#### *Визначення напружень у рамі*

Нормальні напруження від вигину визначаються за формулою:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \text{ МПа} \quad (3.20)$$

Дотичні напруження від кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_t} \tau, \text{ МПа} \quad (3.21)$$

Моменти опору для прямокутного перерізу:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}, \text{ Нм} \quad (3.22)$$

і

$$W_t = \frac{b \cdot h^2}{3}, \text{ Нм} \quad (3.23)$$

де:  $b$  – ширина профілю, м;

$h$  – висота профілю, м.

Приймаємо:  $b = 0,04$  м;  $h = 0,06$  м.

Тоді:

$$W = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

$$W_t = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Напруження:

$$\sigma = 208 / (2,4 \cdot 10^{-5}) = 8,67 \text{ МПа}$$

$$\tau = 278 / (4,8 \cdot 10^{-5}) = 5,79 \text{ МПа}$$

*Визначення еквівалентного напруження*

Для оцінки міцності при складному напруженому стані використовується критерій Мізеса:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (3.24)$$

Підставляємо значення:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(8,67^2 + 3 \cdot 5,79^2)} = 13,25 \text{ МПа}$$

### *Перевірка умови міцності*

Умова міцності має вигляд:

$$\sigma_{eq} \leq [\sigma] \quad (3.25)$$

де:  $[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу.

Для сталі Ст45:  $[\sigma] = 160$  МПа

Оскільки:  $13,25 \ll 160$  умова міцності виконується

### *Розрахунок осі опорного колеса*

Вісь працює на вигин і кручення, тому напруження визначаються наступним чином.

Напруження вигину:

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \text{ МПа} \quad (3.26)$$

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}, \text{ МПа} \quad (3.27)$$

де:  $d$  – діаметр осі, м.

Приймаємо:  $d = 0,025$  м;  $M = 139$  Н·м;  $T = 100$  Н·м.

Тоді:

$$\sigma \approx 90 \text{ МПа} \quad \tau \approx 65 \text{ МПа}$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} \approx 136 \text{ МПа} \quad (3.28)$$

отримані значення значення не перевищують допустимі.

*Розрахунок ланцюгової передачі*

Сила, що діє в ланцюгу, визначається через крутний момент:

$$F = \frac{2T}{D}, \text{ Н} \quad (3.29)$$

де:  $T$  – крутний момент, Н·м;

$D$  – діаметр зірочки, м.

Приймаємо:  $T = 243 \text{ Н·м}$ ;  $D = 0,12 \text{ м}$ .

$$F = (2 \cdot 243) / 0,12 = 4050 \text{ Н}$$

Перевірка міцності:

$$F \leq [F]$$

Обираємо ланцюг з допустимим навантаженням не менше 5000 Н

Визначення коефіцієнта запасу

Коефіцієнт запасу визначається за формулою:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{eq}} \quad (3.30)$$

$$n = 160 / 13,25 = \approx 12$$

Проведений розрахунок показав, що основні елементи конструкції працюють у межах допустимих напружень. Еквівалентні напруження значно менші за допустимі, а коефіцієнт запасу становить близько 10–12, що свідчить про достатню надійність і довговічність конструкції модуля. За результатами проведених розрахунків складено повну технічну характеристику модуля для садіння часнику наведену в додатку Б.

### 3.5. Висновки

У розділі розроблено конструкцію модуля для садіння часнику, адаптованого до роботи в складі агромостової машини. Запропоновано використання ложечкового дозуючого пристрою на ланцюговому конвеєрі та опорних коліс діаметром 0,35 м, які забезпечують копіювання рельєфу поля і привід дозатора.

Проведені розрахунки дозволили визначити раціональні параметри модуля, зокрема крок садіння на рівні 0,08–0,10 м, кількість ложечок 8–10 шт., передаточне відношення приводу  $i \approx 1,5$  та об'єм бункера 0,22–0,25 м<sup>3</sup>, що відповідає агротехнічним вимогам.

Енергетичний аналіз показав, що необхідна потужність становить близько 2,0–2,2 кВт, а питомі енерговитрати – 8–9 кВт·год/га, що свідчить про ефективність конструкції. Розрахунок на міцність підтвердив достатній запас: еквівалентні напруження не перевищують 13–140 МПа, а коефіцієнт запасу становить  $n \approx 10$ –12.

Таким чином, розроблений модуль забезпечує підвищену точність садіння, стабільність глибини 40–60 мм та може ефективно використовуватись у мостовій технології землеробства.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **4.1. Аналіз стану охорони праці в господарстві**

Охорона праці в сільськогосподарському підприємстві є важливою складовою виробничої діяльності, що спрямована на забезпечення безпечних умов праці, збереження життя і здоров'я працівників у процесі виконання технологічних операцій. У ТОВ «Колос» система охорони праці організована відповідно до чинних нормативних вимог [28, 29] і включає комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

Виробнича діяльність господарства пов'язана з виконанням широкого спектра механізованих робіт, зокрема обробітку ґрунту, посіву, догляду за посівами та збирання врожаю. Це обумовлює наявність потенційно небезпечних і шкідливих факторів, які можуть впливати на працівників. До основних із них належать рухомі частини машин і механізмів, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря, а також вплив несприятливих метеорологічних умов.

Аналіз стану охорони праці показує, що у господарстві проводиться інструктаж працівників з техніки безпеки, організовано навчання з питань охорони праці, а також здійснюється контроль за технічним станом машинно-тракторного парку. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту, такими як спецодяг, захисне взуття та засоби захисту органів дихання під час роботи в запилених умовах.

Разом з тим, у структурі виробництва спостерігається використання техніки різного технічного рівня, що може призводити до підвищеного ризику травматизму. Зокрема, наявність застарілих машин без сучасних систем безпеки, відкритих рухомих передач та недостатнього рівня автоматизації окремих процесів створює додаткові небезпеки для обслуговуючого персоналу.

Особливої уваги потребують операції, пов'язані з роботою з навісними та причіпними машинами, де існує ризик травмування при агрегуванні, обслуговуванні та регулюванні робочих органів. Небезпечними також є процеси очищення, налагодження та ремонту обладнання, що виконуються без повного відключення джерел енергії.

У процесі вирощування овочевих культур, зокрема часнику, додатковими факторами ризику є підвищена трудомісткість операцій, необхідність точного виконання технологічних процесів та робота у безпосередній близькості до робочих органів машин. Це підвищує вимоги до організації робочих місць та рівня механізації.

Перспективним напрямком підвищення безпеки праці є впровадження мостової технології землеробства, яка дозволяє мінімізувати контакт техніки з ґрунтом та зменшити кількість проходів машин по полю. Використання агромостових машин сприяє підвищенню точності виконання операцій і зниженню фізичного навантаження на працівників, однак потребує додаткового врахування специфічних ризиків, пов'язаних із роботою електроприводів та рухомих модулів.

Таким чином, стан охорони праці в ТОВ «Колос» можна оцінити як задовільний, однак існує необхідність подальшого вдосконалення системи безпеки шляхом модернізації технічних засобів, впровадження сучасних технологій та підвищення рівня автоматизації виробничих процесів.

## **4.2. Заходи щодо поліпшення умов праці**

Покращення умов праці в сільськогосподарському виробництві є важливим напрямком підвищення ефективності діяльності підприємства, зниження рівня виробничого травматизму та збереження здоров'я працівників. У ТОВ «Колос» удосконалення умов праці повинно базуватися на

комплексному підході, який включає організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та інженерні заходи.

Одним із ключових напрямків є оновлення та модернізація машинно-тракторного парку. Використання сучасної техніки, оснащеної захисними кожухами, блокувальними пристроями, системами аварійного зупинення та сигналізації, дозволяє значно підвищити рівень безпеки під час виконання технологічних операцій. Особливо це актуально для механізованих процесів, де присутні рухомі частини, що становлять потенційну небезпеку для обслуговуючого персоналу.

Суттєвий вплив на поліпшення умов праці має впровадження мостової технології землеробства. Використання агромостових машин дозволяє значно зменшити кількість проходів техніки по полю, що сприяє зниженню рівня вібрації, шуму та запиленості повітря. Крім того, відсутність контакту ходових систем із ґрунтом зменшує фізичне навантаження на працівників і підвищує стабільність виконання технологічних операцій. Дистанційне керування робочими органами створює передумови для підвищення безпеки за рахунок віддалення оператора від небезпечних зон.

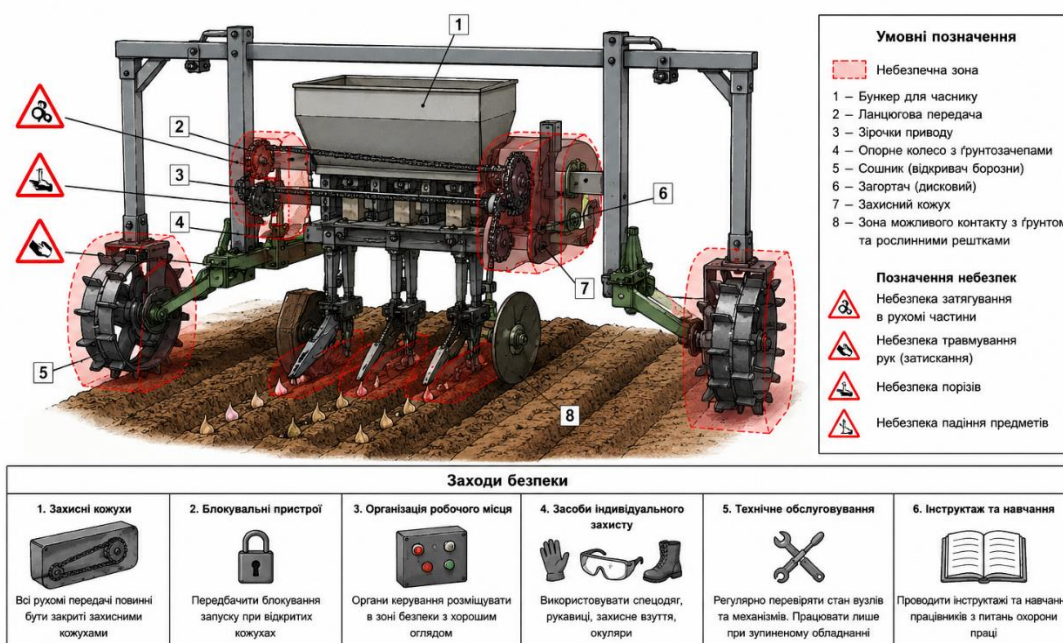
Для розробленого модуля садіння часнику особливе значення мають технічні заходи безпеки. Всі рухомі частини приводу, зокрема ланцюгові передачі, зірочки та вали, повинні бути повністю закриті захисними кожухами. Конструкція кожухів має забезпечувати як надійний захист, так і зручний доступ для обслуговування. Додатково доцільно передбачити встановлення блокувальних пристроїв, які унеможливлюють запуск механізмів при відкритих захисних елементах.

Особливу увагу слід приділити безпечній організації процесів завантаження посадкового матеріалу. Бункер повинен мати достатню висоту та форму, що виключає необхідність нахилу працівника у небезпечну зону. Доцільно передбачити використання допоміжних засобів механізації для

завантаження, що дозволить знизити фізичне навантаження та ризик травмування.

Важливим аспектом є ергономічна організація робочого місця оператора. Пульти керування повинен бути розташований у зоні з хорошим оглядом робочих органів, а органи керування – мати зручне та логічне розташування. Необхідно забезпечити чітке маркування елементів керування, що дозволить уникнути помилок під час роботи. Також доцільно передбачити системи світлової та звукової сигналізації для інформування про режими роботи обладнання.

Значну роль у покращенні умов праці відіграють санітарно-гігієнічні заходи. До них належать зниження рівня запиленості повітря, нормалізація мікроклімату та обмеження впливу шуму і вібрації. У разі виконання робіт у складних погодних умовах необхідно забезпечити працівників засобами індивідуального захисту, такими як спецодяг, захисне взуття, рукавиці та респиратори.



Дотримання вимог безпеки знижує ризик травматизму та забезпечує безпечну експлуатацію модуля.

Рисунок 4.1 – Небезпечні зони модуля для садіння часнику

Організаційні заходи включають проведення регулярних інструктажів з охорони праці, навчання працівників безпечним методам роботи та контроль за дотриманням правил техніки безпеки. Особливу увагу необхідно приділяти роботам, пов'язаним із налагодженням, регулюванням та технічним обслуговуванням обладнання, які повинні виконуватися тільки після повного зупинення механізмів.

Важливим напрямком є забезпечення своєчасного технічного обслуговування та ремонту обладнання. Регулярна перевірка стану привідних механізмів, кріплень, робочих органів та систем керування дозволяє своєчасно виявляти несправності та запобігати аварійним ситуаціям. Особливо це стосується елементів, що працюють під навантаженням, зокрема ланцюгових передач і валів.

Додатковим резервом підвищення безпеки є впровадження елементів автоматизації та контролю. Використання датчиків положення, швидкості руху та контролю навантаження дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму роботи та попереджати виникнення небезпечних ситуацій.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних і технічних заходів, а також впровадження сучасних технологій, зокрема мостового землеробства, дозволить суттєво покращити умови праці, знизити рівень травматизму та забезпечити безпечну експлуатацію модуля для садіння часнику.

#### **4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації мостової машини з садильним модулем для часнику**

Інструкція з охорони праці встановлює вимоги безпеки під час експлуатації мостової машини з модулем для садіння часнику та є обов'язковою для виконання всіма працівниками, які обслуговують дане обладнання.

### *Загальні положення*

До роботи з мостовою машиною допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Працівник повинен знати:

- будову та принцип роботи агромостової машини;
- конструкцію садильного модуля;
- правила безпечної роботи з механічними та електричними системами;
- порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації.

Під час роботи необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, за необхідності – захисні окуляри та респіратори.

### *Вимоги безпеки перед початком роботи*

Перед початком роботи необхідно:

- провести зовнішній огляд мостової машини та садильного модуля;
- перевірити надійність кріплення всіх вузлів і агрегатів;
- переконатися у справності приводу дозуючого пристрою;
- перевірити стан ланцюгової передачі, відсутність пошкоджень та провисання;
- перевірити наявність та справність захисних кожухів;
- переконатися у відсутності сторонніх предметів у зоні роботи механізмів;
- перевірити справність електрообладнання та заземлення.

Забороняється запуск машини при відсутності захисних огорожень або виявленні несправностей.

### *Вимоги безпеки під час роботи*

Під час експлуатації необхідно дотримуватись таких вимог:

- не допускати перебування сторонніх осіб у зоні роботи машини;
- не торкатися рухомих частин механізмів під час їх роботи;
- не виконувати регулювання або очищення модуля при увімкненому приводі;
- стежити за рівномірною подачею посадкового матеріалу;
- контролювати роботу дозуючого пристрою та відсутність заклинювань;
- не допускати перевантаження бункера;
- дотримуватись безпечної дистанції від робочих органів.

Особливо небезпечними є зони:

- ланцюгової передачі;
- зірочок приводу;
- опорних коліс із ґрунтозачепами;
- сошника та загортаючих органів.

У разі виникнення сторонніх шумів або вібрацій роботу необхідно негайно зупинити.

### *Вимоги безпеки після закінчення роботи*

Після завершення роботи необхідно:

- зупинити машину та вимкнути привід;
- очистити модуль від залишків ґрунту та рослинних решток;
- перевірити стан робочих органів;
- провести огляд привідних механізмів;
- встановити машину у відведене місце зберігання;
- повідомити відповідальну особу про виявлені несправності.

### *Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях*

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно:

- негайно зупинити машину;
- відключити живлення;
- вивести людей із небезпечної зони;
- повідомити керівника робіт;
- при необхідності надати першу медичну допомогу постраждалим.

Забороняється усувати несправності при працюючому обладнанні.

### *Вимоги електробезпеки*

При роботі з електроприводом необхідно:

- використовувати справне заземлення;
- не допускати пошкодження кабелів;
- не працювати у вологих умовах без відповідного захисту;
- проводити обслуговування тільки при відключеному живленні.

Дотримання вимог даної інструкції дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію мостової машини з садильним модулем, знизити ризик травматизму та створити належні умови праці для персоналу.

## **4.4. Захист навколишнього середовища при експлуатації модуля для садіння часнику**

Захист навколишнього середовища при виконанні сільськогосподарських робіт є важливою складовою сучасного виробництва, що спрямована на збереження природних ресурсів, підтримання родючості ґрунтів та зменшення негативного впливу техніки на довкілля [30, 31]. При експлуатації модуля для садіння часнику в умовах ТОВ «Колос» необхідно

враховувати основні екологічні фактори, пов'язані з механізованими технологічними процесами.

Одним із ключових напрямків екологічного захисту є збереження структури та родючості ґрунту. У традиційних технологіях значна кількість проходів техніки призводить до ущільнення ґрунту, зниження його водопроникності та аерації, що негативно впливає на розвиток рослин. Запропонований модуль працює в складі мостової машини, яка пересувається по рейкових коліях і не контактує з оброблюваною поверхнею поля. Це дозволяє практично повністю виключити ущільнення ґрунту та забезпечити збереження його природної структури.

Важливим екологічним аспектом є зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферу. Оскільки привід дозуючого пристрою здійснюється механічно від опорних коліс, відсутня необхідність у додаткових джерелах енергії, що сприяє зниженню загального енергоспоживання. Крім того, застосування агромостової машини з електроприводом дозволяє мінімізувати використання дизельного пального, що зменшує рівень викидів шкідливих газів.

Суттєве значення має зниження рівня забруднення ґрунту та навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами. Відсутність контакту ходових систем із ґрунтом зменшує ризик витоків мастил і пального безпосередньо на оброблювану площу. Це сприяє підвищенню екологічної безпеки виробництва.

Окрему увагу необхідно приділити раціональному використанню ресурсів. Завдяки високій точності роботи дозуючого пристрою забезпечується рівномірне розміщення посадкового матеріалу, що дозволяє оптимізувати його витрати та підвищити ефективність використання посівного матеріалу. Це, у свою чергу, зменшує потребу в додаткових ресурсах і знижує загальне навантаження на довкілля.

Під час експлуатації модуля можливе утворення пилу та рослинних решток, що може впливати на стан повітря. Для зменшення цього впливу доцільно дотримуватись оптимальних режимів роботи, своєчасно очищати обладнання та використовувати засоби індивідуального захисту.

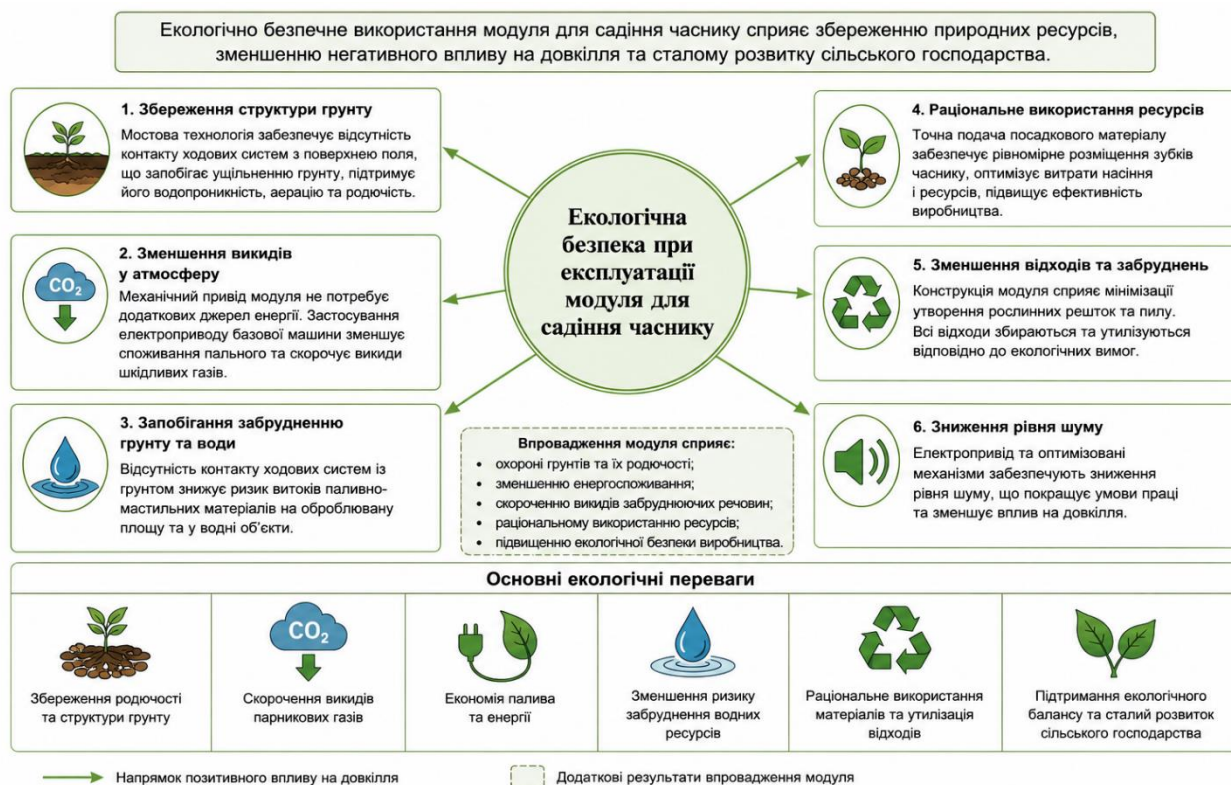


Рисунок 4.2 – Захист навколишнього середовища

Важливим заходом є організація належного технічного обслуговування та утилізації відходів. Відпрацьовані мастильні матеріали, зношені деталі та інші відходи повинні збиратися та утилізуватися відповідно до екологічних вимог. Забороняється їх потрапляння у ґрунт або водні ресурси.

Таким чином, використання модуля для садіння часнику в поєднанні з мостовою технологією землеробства забезпечує суттєве зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Це досягається за рахунок збереження структури ґрунту, зменшення енергоспоживання, скорочення викидів та рационального використання ресурсів, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки.

#### **4.5. Висновки**

У розділі проаналізовано стан охорони праці в господарстві та визначено основні небезпечні фактори, зокрема рухомі частини механізмів, шум, вібрацію та запиленість.

Запропоновано заходи щодо підвищення безпеки праці, серед яких використання захисних кожухів, блокувальних пристроїв та покращення організації робочих місць. Розроблено інструкцію з охорони праці для експлуатації мостової машини з садильним модулем.

Встановлено, що застосування мостової технології сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля за рахунок збереження структури ґрунту, зниження викидів та раціонального використання ресурсів.

Таким чином, впровадження запропонованих рішень забезпечує підвищення безпеки праці та екологічності виробництва.

## 5. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Економічна ефективність впровадження нових технічних рішень у сільськогосподарському виробництві є одним із ключових критеріїв доцільності їх застосування [32, 33]. У сучасних умовах господарювання особливого значення набуває зниження витрат ресурсів, підвищення продуктивності праці та забезпечення стабільної якості виконання технологічних операцій.

Розроблений модуль для садіння часнику, призначений для роботи в складі агропостової машини, спрямований на підвищення ефективності вирощування культури за рахунок точного дозування посадкового матеріалу, зменшення втрат та оптимізації технологічного процесу. Впровадження даного рішення дозволяє скоротити витрати праці, знизити енерговитрати та покращити використання земельних ресурсів.

Економічна доцільність проекту визначається шляхом порівняння показників роботи запропонованого модуля з традиційними технологіями садіння. Основними критеріями оцінки є продуктивність агрегату, витрати пального та енергії, трудомісткість виконання робіт, а також загальні експлуатаційні витрати.

Важливою складовою є зниження витрат на обробіток ґрунту за рахунок використання мостової технології землеробства. Відсутність багаторазових проходів техніки по полю дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, що, у свою чергу, сприяє підвищенню врожайності та зниженню витрат на його відновлення.

Запропонована конструкція модуля забезпечує стабільний крок садіння, що позитивно впливає на рівномірність розвитку рослин та формування врожаю. Це створює передумови для підвищення врожайності часнику та зростання прибутковості виробництва.

У межах даного розділу буде проведено розрахунок основних економічних показників, зокрема визначено витрати на виготовлення та експлуатацію модуля, розраховано собівартість виконання технологічного процесу, економічний ефект від впровадження та строк окупності проєкту.

Таким чином, техніко-економічне обґрунтування дозволяє комплексно оцінити ефективність запропонованого рішення та визначити доцільність його впровадження у виробничих умовах.

### **5.1. Розрахунок витрат на виготовлення модуля для садіння часнику**

Визначення витрат на виготовлення модуля для садіння часнику є необхідним етапом техніко-економічного обґрунтування проєкту, оскільки дозволяє оцінити доцільність його впровадження у виробництво. Загальна вартість виготовлення включає витрати на матеріали, комплектуючі, оплату праці, а також накладні витрати.

#### *Витрати на основні матеріали*

До складу матеріальних витрат входять витрати на металопрокат, елементи конструкції та інші матеріали, необхідні для виготовлення модуля.

Таблиця 5.1 – Витрати на матеріали

| №            | Найменування          | Кількість | Ціна, грн | Сума, грн   |
|--------------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|
| 1            | Сталь (профіль, лист) | 120 кг    | 45        | 5400        |
| 2            | Ланцюг роликовий      | 1,3 м     | 600       | 600         |
| 3            | Зірочки               | 2 шт      | 350       | 700         |
| 4            | Підшипники            | 4 шт      | 200       | 800         |
| 5            | Болти, кріплення      | комплект  | 500       | 500         |
| 6            | Захисні кожухи        | комплект  | 700       | 700         |
| 7            | Фарба, покриття       | —         | 400       | 400         |
| <b>Разом</b> |                       |           |           | <b>9100</b> |

Таблиця 5.2 – Вартість комплектуючих вузлів

| №            | Найменування            | Кількість | Ціна, грн | Сума, грн        |
|--------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------|
| 1            | Опорні колеса (сталеві) | 2         | 3000      | 6000             |
| 2            | Бункер                  | 1         | 5000      | 5000             |
| 3            | Дозуючий механізм       | 1         | 6000      | 6000             |
| 4            | Сошники                 | 4         | 800       | 3200             |
| <b>Разом</b> |                         |           |           | <b>20200 грн</b> |

*Витрати на оплату праці*

Витрати на оплату праці визначаються за формулою:

$$C_{\text{п}} = T \cdot C_{\text{год}} \quad (5.1)$$

де:  $T$  – трудомісткість, год;

$C_{\text{год}}$  – погодинна ставка, грн/год.

Приймаємо:  $T = 40$  год,  $C = 120$  грн/год

$$C_{\text{п}} = 40 \cdot 120 = 4800 \text{ грн}$$

*Накладні витрати*

Накладні витрати включають витрати на організацію виробництва, амортизацію обладнання, електроенергію, утримання виробничих приміщень та інші непрямі витрати. У розрахунках їх приймають у відсотках від суми прямих витрат.

Розрахунок виконується за формулою:

$$C_H = 0,2 \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{комп}} + C_{\text{п}}) \quad (5.2)$$

де:  $C_{\text{мат}}$  – витрати на матеріали, грн;

$C_{\text{комп}}$  – витрати на комплектуючі, грн;

$C_{\text{п}}$  – витрати на оплату праці, грн.

$$C_H = 0,2 \cdot (9100 + 20200 + 4800) = 6820 \text{ грн}$$

*Загальна вартість модуля*

Загальна собівартість визначається:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{мат}} + C_{\text{комп}} + C_{\text{п}} + C_H \quad (5.3)$$

Підставляємо значення:

$$C_{\text{заг}} = 9100 + 20200 + 4800 + 6820 = 40920 \text{ грн}$$

У результаті проведених розрахунків встановлено, що загальна вартість виготовлення модуля для садіння часнику становить 40920 грн. Основну частину витрат складають комплектуючі та матеріали. Отримане значення є економічно обґрунтованим і свідчить про можливість виготовлення модуля в умовах господарства або невеликого виробництва.

## 5.2. Розрахунок експлуатаційних та інших витрат

Питомі витрати електроенергії визначаються як відношення сумарної потужності модуля до його продуктивності:

$$E_e = N_{\text{заг}} / W \quad (5.4)$$

де:  $E_e$  – питомі витрати електроенергії, кВт·год/га;

$N_{\text{заг}}$  – сумарна потужність електроприводів модуля, кВт;

$W$  – продуктивність агрегату, га/год.

Приймаємо:  $N_{\text{заг}} = 2,2$  кВт,  $W = 0,27$  га/год

Підставляємо:

$$E_e = 2,2 / 0,27 = 8,15 \text{ кВт·год/га}$$

Отримане значення показує кількість електроенергії, необхідної для обробки одного гектара площі.

*Визначення вартості електроенергії*

Вартість електроенергії визначається за формулою:

$$C_e = E_e \cdot c_e \quad (5.5)$$

де:  $C_e$  – витрати на електроенергію, грн/га;

$c_e$  – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Приймаємо:  $c_e = 6$  грн/кВт·год

Тоді:

$$C_e = 8,15 \cdot 6 = 48,9 \text{ грн/га}$$

Таким чином, витрати на енергозабезпечення процесу збирання при використанні електроприводу є відносно невисокими.

#### *Визначення витрат дизельного пального*

Для традиційної технології витрати визначаються на основі питомої витрати пального:

$$C_d = q_d \cdot c_d = 5 \cdot 88 = 440 \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

де:  $C_d$  – витрати на дизельне пальне, грн/га;

$q_d$  – витрата пального, л/га;

$c_d$  – ціна дизельного пального, грн/л.

Приймаємо:  $q_d = 5$  л/га,  $c_d = 88$  грн/л

Підставляємо:

Отримане значення характеризує витрати на виконання аналогічної операції із застосуванням тракторної техніки.

#### *Порівняння витрат*

Для визначення економічного ефекту розраховуємо різницю витрат:

$$\Delta C = C_d - C_e = 440 - 48,9 = 391,1 \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де:  $\Delta C$  – економія коштів, грн/га.

Результати розрахунку наведено в табл. 5.2.

Проведений розрахунок показує, що витрати на енергозабезпечення при використанні мостової технології у понад 5 разів нижчі, ніж при застосуванні традиційної технології з використанням дизельного пального.

Основною причиною такої різниці є:

- висока ефективність електроприводів;
- відсутність втрат, характерних для двигунів внутрішнього згорання;
- стабільний режим роботи без перевантажень.

Крім того, електропривід не потребує витрат на паливно-мастильні матеріали, що додатково знижує експлуатаційні витрати.

Порівняльний аналіз експлуатаційних витрат показав, що застосування мостової технології з електроприводом дозволяє значно знизити витрати на виконання процесу збирання часнику. Економія становить **325 грн/га**, що створює передумови для підвищення економічної ефективності виробництва та скорочення строку окупності розробленого модуля.

*Амортизаційні витрати*

$$A = \frac{K}{T \cdot S} \quad (5.8)$$

де:  $A$  – амортизаційні відрахування, грн/га;

$K$  – вартість обладнання, грн;

$T$  – термін служби, років;

$S$  – річний обсяг робіт, га.

*Витрати на ремонт і обслуговування*

$$R = \frac{K \cdot r}{S} \quad (5.9)$$

де:  $R$  – витрати на ремонт, грн/га;

$r$  – коефіцієнт витрат (частка від вартості).

*Витрати на оплату праці*

$$Z = \frac{Z_{\text{день}}}{W_{\text{день}}} \quad (5.10)$$

де:  $Z$  – витрати на оплату праці, грн/га;

$Z_{\text{день}}$  – денна зарплата, грн;

$W_{\text{день}}$  – денна продуктивність, га/день.

*Загальні експлуатаційні витрати*

$$C_{\text{заг}} = C_e + A + R + Z \quad (5.11)$$

де:  $C_{\text{заг}}$  – загальні витрати, грн/га.

### 5.3. Розрахунок економічного ефекту

Одним із ключових факторів підвищення економічної ефективності при використанні мостової технології є збільшення врожайності за рахунок збереження структури ґрунту, покращення його водно-повітряного режиму та зменшення ущільнення. У даному розрахунку враховується додатковий дохід, отриманий внаслідок приросту врожайності.

Приріст урожайності визначається як частка від базового рівня:

$$\Delta Y = Y \cdot p / 100 \quad (5.12)$$

де:  $\Delta Y$  – приріст урожайності, т/га;

$Y$  – базова урожайність, т/га;

$p$  – приріст урожайності, %.

Приймаємо:  $Y = 8$  т/га  $p = 3$  %

*Додатковий дохід від підвищення врожайності визначається:*

$$D = \Delta Y \cdot P \quad (5.13)$$

де:  $D$  – додатковий дохід, грн/га;

$P$  – ціна продукції, грн/т.

*Загальний економічний ефект:*

$$E_{\text{га}} = \Delta C + D \quad (5.14)$$

де:  $E_{\text{га}}$  – економічний ефект на 1 га, грн/га.

*Річний економічний ефект:*

$$E_{\text{річ}} = E_{\text{га}} \cdot S \quad (5.15)$$

де  $E_{\text{річ}}$  – річний ефект, грн;

$S$  – площа, га.

*Строк окупності:*

$$T = \frac{K}{E_{\text{річ}}} \quad (5.16)$$

де  $T$  – строк окупності, років.

Результати розрахунку зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність технології

| №  | Показник                            | Один.      | Мостова технологія | Тракторна технологія | Відхилення   |
|----|-------------------------------------|------------|--------------------|----------------------|--------------|
| 1  | Продуктивність                      | га/год     | 0,27               | 0,20                 | +35 %        |
| 2  | Операція                            |            | Садіння часнику    | Садіння часнику      | -            |
| 3  | Рівномірність садіння               | %          | 90–95              | 75–85                | +15 %        |
| 4  | Питомі енерговитрати                | кВт·год/га | 8,15               | —                    | —            |
| 5  | Витрати енергії                     | грн/га     | 48,9               | 440                  | –88 %        |
| 6  | Витрати пального                    | л/га       | 0                  | 5                    | -            |
| 7  | Експлуатаційні витрати              | грн/га     | 810                | 1362                 | –40 %        |
| 8  | Загальні витрати (24 га)            | грн        | 19 440             | 32 688               | –13 248 грн  |
| 9  | Прибуток від збільшення врожайності | грн        | 110 160            | —                    | +110 160 грн |
| 10 | Загальний ефект                     | грн        | 123 408            |                      |              |
| 11 | Строк окупності                     | міс        | 3,9                |                      |              |

#### **5.4. Висновки**

Порівняння показує, що мостова технологія має суттєві переваги над традиційною тракторною. Найбільший ефект досягається за рахунок зниження енерговитрат (до 85–90 %), зменшення експлуатаційних витрат приблизно на 40 %, а також підвищення врожайності на 3 %. Загальний економічний ефект для площі 24 га перевищує 120 тис. грн, а строк окупності становить менше 4 місяців, що свідчить про високу ефективність запропонованого рішення.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі на тему удосконалення мостової технології землеробства шляхом розробки модуля для садіння часнику вирішено актуальне науково-технічне завдання, спрямоване на підвищення ефективності виробництва овочевих культур, зниження енерговитрат та покращення якості виконання технологічних операцій.

Аналіз сучасного стану аграрного виробництва показав, що традиційні технології вирощування часнику характеризуються значними витратами паливно-енергетичних ресурсів, ущільненням ґрунту та недостатньою точністю висаджування, що негативно впливає на врожайність. Обґрунтовано доцільність застосування мостової технології як ефективного напрямку підвищення продуктивності та екологічності виробництва.

Відповідно до поставленої мети, у роботі розроблено модуль для садіння часнику, адаптований до роботи в складі агромостової машини. У конструкції застосовано ложечковий дозуючий пристрій на ланцюговому конвеєрі з приводом від опорних коліс, що забезпечує синхронізацію подачі посадкового матеріалу та підвищення рівномірності садіння до 90–95 % при кроці 0,08–0,10 м.

У результаті конструктивних розрахунків визначено основні параметри модуля: кількість ложечок – 8–10 шт., передаточне відношення –  $i \approx 1,5$ , довжина ланцюга – близько 1,3 м, об'єм бункера – 0,22–0,25 м<sup>3</sup>. Енергетичний аналіз показав, що потужність модуля становить близько 2,2 кВт, а питомі енерговитрати – 8,15 кВт·год/га.

Розрахунок на міцність підтвердив працездатність конструкції, при цьому напруження не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт запасу міцності становить  $n \approx 10–12$ .

У розділі охорони праці розроблено заходи, що забезпечують безпечну експлуатацію модуля. Встановлено, що застосування мостової технології покращує умови праці та знижує негативний вплив на ґрунт.

Техніко-економічні розрахунки показали високу ефективність запропонованого рішення: витрати на енергію знижуються до 48,9 грн/га порівняно з 440 грн/га, а загальний економічний ефект для площі 24 га становить 123 408 грн. Строк окупності проєкту не перевищує 3,9 місяців.

Отже, розроблений модуль забезпечує підвищення точності садіння, зниження енерговитрат та підвищення економічної ефективності виробництва. Поставлена мета роботи досягнута, а запропоноване технічне рішення є доцільним для впровадження у виробничих умовах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Смаглій О. Ф., Дереча О. А., Рябчук П. О. та ін. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур: навчальний посібник. – Житомир: Поліський національний університет, 2020. – 292 с.
2. Мельник І. І., Смоляр В. І. Механізація сільського господарства : підручник. – Київ : Вища освіта, 2010. – 447 с.
3. Труханський В. І., Дубровін В. О. Основи точного землеробства : навч. посібник. – Київ : НУБіП України, 2020. – 256 с.
4. Blackmore S., Griepentrog H. W., Nielsen H. Robotic Agriculture – The Future of Agricultural Mechanisation? // Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture. – Uppsala, Sweden, 2005. – P. 621–628.
5. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S. Research of agricultural machines interaction with soil. – Engineering for Rural Development. – 2020. – P. 120–128.
6. Pedersen S. M., Fountas S. Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. – Cham : Springer, 2017. – 282 p.
7. Звітна інформація ТОВ «Колос» за 2023-2025 рік.
8. Blackmore S. Controlled Traffic Farming // Soil and Tillage Research. – 2007. – Vol. 97. – P. 1–10.
9. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P. Engineering Principles of Agricultural Machines. – St. Joseph : ASABE, 2006. – 601 p.
10. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. – Ames : Iowa State Press, 2001. – 368 p.
11. JJ Broch : офіційний сайт. – Дата звернення: 20.05.2026.
12. Spedo : офіційний сайт. – Дата звернення: 20.05.2026.
13. Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L. Principles of Farm Machinery. – AVI Publishing, 1978. – 527 p. Kutz M.

14. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. – Academic Press, 2013. – 848 p.
15. Sorensen C. G., Bochtis D. Conceptual model of fleet management in agriculture // Biosystems Engineering. – 2010. – Vol. 105. – P. 41–50.
16. Griepentrog H. W., Blackmore S. Autonomous systems in agricultural machinery // Biosystems Engineering. – 2005. – Vol. 92. – P. 1–10.
17. Fountas S., Blackmore S. Precision farming: current status and future directions // Biosystems Engineering. – 2005. – Vol. 87. – P. 1–12.
18. Zhang Q. Precision Agriculture Technology for Crop Farming. – CRC Press, 2015. – 412 p.
19. Auernhammer H. Precision farming – the environmental challenge // Computers and Electronics in Agriculture. – 2001. – Vol. 30. – P. 31–43.
20. Jensen A. L., Nielsen S. Optimal control of agricultural machinery // Agricultural Systems. – 2004. – Vol. 82. – P. 145–158.
21. Сільськогосподарські машини : довідник / за ред. В. І. Кравчука. – Київ : Урожай, 2003. – 512 с.
22. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Овочівництво відкритого ґрунту. – Київ : Урожай, 2001. – 320 с.
23. Сільськогосподарські машини : довідник / за ред. В. І. Кравчука. – Київ : Урожай, 2003. – 512 с.
24. Budynas R. G., Nisbett J. K. Shigley's Mechanical Engineering Design. – 10th ed. – New York : McGraw-Hill, 2015. – 1100 p.
25. Norton R. L. Machine Design: An Integrated Approach. – 5th ed. – Boston : Pearson, 2013. – 1028 p.
26. Гуревич М. І. Деталі машин : підручник. – Київ : Вища школа, 2012. – 384 с.
27. Шиглій А. І., Бойко О. В. Опір матеріалів : підручник. – Київ : Центр учбової літератури, 2015. – 400 с.

28. Закон України Про охорону праці. – Відомості Верховної Ради України, 1992 (зі змінами).

29. ДСТУ 12.0.003-2015 Система стандартів безпеки праці. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 12 с.

30. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2006. – 336 с.

31. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. – Київ: Держгірпромнагляд України, 2010. – 120 с.

32. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві нової техніки і технологій. – Київ: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 52 с.

33. Саблук П. Т. Економіка аграрного виробництва. – Київ: ННЦ ІАЕ, 2011.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

Таблиця А.1 – Вихідні дані для розрахунку модуля садіння часнику

| №                               | Показник                 | Позначення     | Одиниці | Значення    | Примітка                   |
|---------------------------------|--------------------------|----------------|---------|-------------|----------------------------|
| 1. Параметри агромовової машини |                          |                |         |             |                            |
| 1.1                             | Ширина прольоту агромова | B              | м       | 18          | за проектом                |
| 1.2                             | Ширина робочої зони      | B <sub>p</sub> | м       | 16–17       | з урахуванням крайових зон |
| 1.3                             | Швидкість руху візка     | V              | м/с     | 0,5–1,1     | 2–4 км/год                 |
| 1.4                             | Тип приводу              | –              | –       | електричний | від акумулятора            |
| 1.5                             | Напруга живлення         | U              | В       | 380 / 48    | залежно від системи        |
| 1.6                             | Тип переміщення          | –              | –       | по рейках   | жорсткі направляючі        |
| 1.7                             | Кількість модулів        | n <sub>m</sub> | шт      | 1–4         | залежно від конфігурації   |

Таблиця А.2 – Вихідні дані для розрахунку модуля садіння часнику

| №                           | Показник                   | Позначення | Одиниці | Значення                   | Примітка                   |
|-----------------------------|----------------------------|------------|---------|----------------------------|----------------------------|
| 2. Параметри модуля садіння |                            |            |         |                            |                            |
| 2.1                         | Тип модуля                 | —          | —       | навісний                   | для агромоста              |
| 2.2                         | Тип дозатора               | —          | —       | ложечковий<br>(ланцюговий) | індивідуальна<br>подача    |
| 2.3                         | Кількість<br>ложечок       | $z$        | шт      | 8–16                       | залежно від<br>конструкції |
| 2.4                         | Крок ложечок               | $t_l$      | мм      | 70–140                     | по ланцюгу                 |
| 2.5                         | Діаметр<br>опорного колеса | $D$        | мм      | 300–400                    | визначає<br>кінематику     |
| 2.6                         | Передаточне<br>відношення  | $i$        | —       | 1                          | постійне                   |
| 2.7                         | Тип приводу                | —          | —       | ланцюговий                 | від опорних<br>коліс       |
| 2.8                         | Маса модуля                | $m$        | кг      | 70–90                      | орієнтовно                 |
| 2.9                         | Кількість рядків           | $n$        | шт      | 1–2                        | на модуль                  |
| 2.10                        | Ширина<br>міжряддя         | $a$        | мм      | 250–450                    | регульована                |

Таблиця А.3 – Вихідні дані для розрахунку модуля садіння часнику

| №                      | Показник                   | Позначення | Одиниці | Значення  | Примітка            |
|------------------------|----------------------------|------------|---------|-----------|---------------------|
| 3. Агротехнічні вимоги |                            |            |         |           |                     |
| 3.1                    | Глибина садіння            | h          | мм      | 40–60     | для часнику         |
| 3.2                    | Крок садіння в рядку       | s          | мм      | 60–100    | залежно від сорту   |
| 3.3                    | Рівномірність садіння      | $\delta$   | %       | $\geq 90$ | без пропусків       |
| 3.4                    | Допустиме відхилення кроку | $\Delta s$ | %       | $\leq 10$ | агровимога          |
| 3.5                    | Продуктивність             | Q          | га/год  | 0,5–0,8   | на 1 модуль         |
| 3.6                    | Тип ґрунту                 | —          | —       | чорнозем  | середньої щільності |
| 3.7                    | Вологість ґрунту           | W          | %       | 18–25     | оптимальна          |
| 3.8                    | Фракція зубків             | —          | мм      | 15–35     | посадковий матеріал |

## Додаток Б

Таблиця Б.1 – Технічна характеристика модуля для садіння часнику

| №  | Показник                       | Позначення       | Значення            | Одиниця    |
|----|--------------------------------|------------------|---------------------|------------|
| 1  | Діаметр опорного колеса        | D                | 0,35                | м          |
| 2  | Робоча швидкість руху          | V                | 0,83                | м/с        |
| 3  | Частота обертання колеса       | n                | 45                  | об/хв      |
| 4  | Крок садіння                   | s                | 0,06-0,1            | м          |
| 5  | Кількість ложечок              | z                | 8–16                | шт         |
| 6  | Передаточне відношення         | i                | 1,5                 | –          |
| 7  | Довжина ланцюга                | L                | 1,4                 | м          |
| 8  | Об'єм бункера                  | V                | 0,45–0,55           | м³         |
| 9  | Опір сошника                   | F <sub>s</sub>   | 1125                | Н          |
| 10 | Опір загортачів                | F <sub>z</sub>   | 225                 | Н          |
| 11 | Опір перекочування             | F <sub>k</sub>   | 39                  | Н          |
| 12 | Сумарний тяговий опір          | F                | 1389                | Н          |
| 13 | Потужність на переміщення      | N <sub>1</sub>   | 1,15                | кВт        |
| 14 | Потужність приводу дозатора    | N <sub>2</sub> ' | 0,62                | кВт        |
| 15 | Загальна потужність            | N                | 2,21                | кВт        |
| 16 | Питомі енерговитрати           | E                | 8,18                | кВт·год/га |
| 17 | Вигинальний момент рами        | M                | 208                 | Н·м        |
| 18 | Крутний момент рами            | T                | 278                 | Н·м        |
| 19 | Момент опору перерізу          | W                | $2,4 \cdot 10^{-5}$ | м³         |
| 20 | Полярний момент опору          | W <sub>t</sub>   | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | м³         |
| 21 | Нормальні напруження           | $\sigma$         | 8,67                | МПа        |
| 22 | Дотичні напруження             | $\tau$           | 5,79                | МПа        |
| 23 | Еквівалентне напруження        | $\sigma_{eq}$    | 13,25               | МПа        |
| 24 | Допустиме напруження (Ст45)    | [ $\sigma$ ]     | 160                 | МПа        |
| 25 | Коефіцієнт запасу              | n                | 12                  | –          |
| 26 | Сила в ланцюгу                 | F <sub>л</sub>   | 4050                | Н          |
| 27 | Допустиме навантаження ланцюга | [F]              | $\geq 5000$         | Н          |

Таблиця Б.2 – Складові модуля для садіння часнику

| №  | Найменування елемента     | Тип / марка                 | Основні параметри     | Примітка                  |
|----|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1  | Рама модуля               | Сталь Ст45                  | Профіль<br>60×40×3 мм | Несівна<br>конструкція    |
| 2  | Опорні колеса             | Сталеві з<br>ґрунтозачепами | D = 350 мм            | Без<br>пробуксовування    |
| 3  | Вісь колеса               | Сталь Ст45                  | d = 25 мм             | Перевірена на<br>міцність |
| 4  | Бункер для<br>часнику     | Зварний                     | V = 0,22–0,25<br>м³   | Безперервна<br>подача     |
| 5  | Дозуючий<br>пристрій      | Ложечковий,<br>ланцюговий   | z = 8–10              | Точне дозування           |
| 6  | Ланцюг приводу            | Роликовий ПР                | Крок 12,7 мм          | ≥ 5 кН                    |
| 7  | Ведуча зірочка            | Сталева                     | z <sub>1</sub> = 12   | Привід                    |
| 8  | Ведена зірочка            | Сталева                     | z <sub>2</sub> = 18   | Передаточне число         |
| 9  | Передаточне<br>відношення | –                           | i ≈ 1,5               | Регулювання<br>кроку      |
| 10 | Сошник                    | Лаповий                     | 40–60 мм              | Формування<br>борозни     |
| 11 | Загортачі                 | Дискові                     | Ø 250–300 мм          | Закриття борозни          |
| 12 | Напрямний кожух           | Листовий                    | 2 мм                  | Стабілізація<br>подачі    |
| 13 | Привід дозатора           | Механічний                  | від коліс             | Синхронізація             |
| 14 | Кріплення                 | Болтове                     | M12–M16               | До агромоста              |

[illegible]