

**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:

**Підвищення ефективності мостової технології шляхом розробки
конструкції модуля для збирання часнику**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ **Ленько Богдан Миколайович**

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

Леньку Богдану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності мостової технології шляхом розробки конструкції модуля для збирання 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 збиранню. 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 збирання часнику. 3. Обґрунтування конструкції модуля для збирання часнику. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка пристрою для збирання часнику. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Характеристика господарства (А1). 2. Аналіз конструктивних рішень (А1). 3. Модуль для збирання часнику (А1). 4. Складальне креслення (А1). 5. Деталювання (А1). 5. Економічні показники проекту (А1).

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)

Ленько Б.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бойко В. Б.

(прізвище та ініціали)

Поз.	Форм.	Позначення		Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Текстові документи</u>		
	A4	52ДП.065.000.000ПЗ		Пояснювальна записка	82	
				<u>Графічні матеріали</u>		
1	A1	52ДП.065.000.000ХГ		Характеристика господарства	1	
2	A1	52ДП.065.000.000А		Аналіз конструктивних рішень	1	
3	A1	52ДП.065.100.000ВЗ		Модуль для збирання часнику	1	
4	A1	52ДП.065.106.000СК		Складальне креслення	1	
5	A1	52ДП.065.000.000		Деталювання	1	
6	A1	52ДП.065.000.000Е		Економічні показники проекту	1	
				52.ДП.065.000.000.ПД		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.			
Розроб.		Ленько Б.М.				
Перев.		Бойко В.Б.		Відомість дипломного проекту	Лім. у	Лист 4
Т.контр.					ДДАЕУ АІС-1-23	
Н.контр.		Золотовська О.В.				
Зат.		Теслюк Г.В.				

АНОТАЦІЯ

Ленько Б.М. Підвищення ефективності мостової технології шляхом розробки конструкції модуля для збирання часнику/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню механізації процесу збирання часнику в мостовій технології.

Мета роботи підвищення ефективності мостової технології шляхом розробки модуля для збирання часнику.

В першому розділі розгляну питання ефективності господарювання ТОВ «Колос» основні напрямки його діяльності, рівень механізації, шляхи підвищення його ефективності.

В другому розділі проведено огляд засобів механізації вирощування часнику окремо приділено увагу процесу його збирання. Запропоновано конструкцію модуля для збирання часнику адаптованого для агрегування з агромоном.

Враховавши особливості конструкції та агромона в третьому розділі виконано основні розрахунки конструктивно-технологічних параметрів модуля для збирання часнику в агрегаті з агромоном.

Заходи з охорони праці при експлуатації агромона з модулем для збирання часнику розглянуто в четвертому розділі.

Техніко-економічна оцінка процесу збирання часнику з використанням запропонованого модуля наведена в п'ятому розділі.

Ключові слова: модуль збирання часнику, тяговий опір, агроміст, сепаратор-очишувач.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КОЛОС»	9
1.1. Загальна інформація про ТОВ «Колос»	9
1.2. Характеристика галузі рослинництва	11
1.3. Механізація технологічних процесів	14
1.4. Енергозабезпеченість ТОВ «Колос»	17
1.5. Напрями підвищення ефективності господарства	19
1.6. Висновки	21
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ	22
ЗБИРАННЯ ЧАСНИКУ	
2.1. Біологічні, агротехнічні та фізико-механічні особливості часнику	22
2.2. Особливості технології збирання часнику	24
2.3. Огляд існуючих машин і механізмів для збирання часнику	27
2.4. Особливості мостової технології землеробства	33
2.5. Висновки	36
3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК МОДУЛЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЧАСНИКУ	37
3.1. Розробка конструкції модуля для збирання часнику	37
3.2. Розрахунок основних складових модуля для збирання часнику	41
3.3. Розрахунок приводу пруткового сепаратора (грохота)	49
3.4. Розрахунок енергетичних витрат на виконання процесу збирання часнику	53
3.5. Розрахунок на міцність	55
3.6. Висновки	57

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	58
4.1. Загальні положення охорони праці при збиранні часнику	58
4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	60
4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації агромота з модулем для збирання часнику	62
4.4. Захист навколишнього середовища	65
4.5. Висновки	68
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	69
5.1 Розрахунок витрат на виготовлення модуля	70
5.2. Розрахунок експлуатаційних та інших витрат	72
5.3. Розрахунок економічного ефекту	75
5.4. Висновки	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
ЛІТЕРАТУРА	80
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного виробництва вимагає впровадження технологій, що забезпечують підвищення продуктивності, зниження енергетичних витрат та мінімізацію негативного впливу на ґрунт. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є мостова технологія землеробства, яка дозволяє виключити ущільнення ґрунту ходовими системами машин, підвищити точність виконання технологічних операцій та створити умови для комплексної автоматизації виробничих процесів [1, 2]. Разом із тим ефективність такої технології значною мірою залежить від наявності спеціалізованих робочих модулів, адаптованих до конструкції агромоста та особливостей вирощуваних культур.

Часник як сільськогосподарська культура характеризується специфічними умовами вирощування та підвищеними вимогами до якості збирання. Основними проблемами при його механізованому збиранні є пошкодження цибулин, значні втрати продукції, а також недостатня ефективність відокремлення ґрунтових домішок. Традиційні технічні засоби [3], що застосовуються в умовах колісної або гусеничної техніки, не повною мірою відповідають вимогам мостових систем, оскільки не враховують особливості їх кінематики, розподілу навантажень та способу переміщення по рейковій колії.

У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки конструкції модуля для збирання часнику, який забезпечить ефективне викопування, сепарацію та транспортування продукції в умовах використання агромоста. Такий модуль повинен поєднувати високу технологічну надійність, адаптивність до змінних ґрунтових умов і мінімальний вплив на структуру ґрунту, що відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та точного землеробства.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності мостової технології землеробства шляхом розробки конструкції модуля для збирання часнику, адаптованого до роботи в складі агромостової машини.

1. ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КОЛОС»

1.1. Загальна інформація про ТОВ «Колос»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Колос» є сільськогосподарським підприємством, що здійснює свою діяльність у галузі рослинництва та переробки сільськогосподарської продукції. Господарство розташоване в смт. Царичанка Дніпропетровської області (рис.1.1) та функціонує в умовах помірно-континентального клімату, який характеризується жарким літом, відносно м'якою зимою та нерівномірним розподілом опадів протягом року.

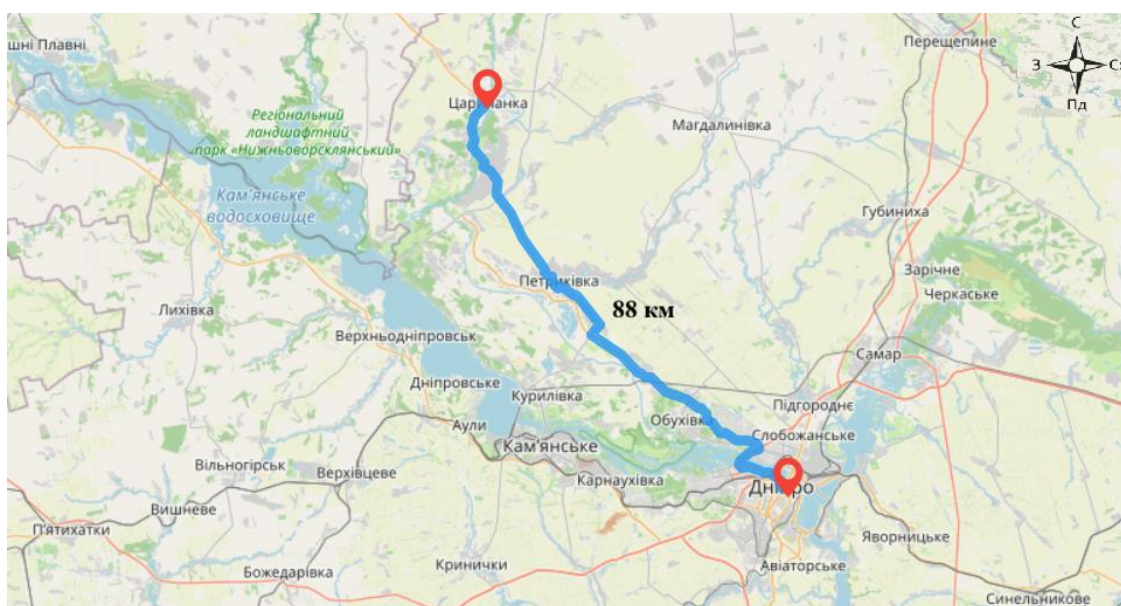


Рис. 1.1. Розташування ТОВ «Колос»

Основним напрямком діяльності підприємства є вирощування зернових, технічних та овочевих культур. Земельний фонд господарства представлений орними землями, які використовуються для виробництва сільськогосподарської продукції. Ґрунтовий покрив території переважно представлений чорноземами, що мають високий рівень родючості, однак потребують раціонального використання та заходів щодо збереження їх структури.

Рослинництво є базовою галуззю господарства та забезпечує отримання основної частини продукції. У структурі посівних площ переважають зернові культури (пшениця, ячмінь), технічні культури (соняшник), а також овочеві культури, зокрема картопля, томати та часник. Останній є перспективною культурою, що має високий попит на ринку та значний потенціал для розширення виробництва.

Крім рослинництва, у господарстві розвинена галузь переробки сільськогосподарської продукції. Виробничі потужності представлені олійницею, цехом з виробництва макаронних виробів та власною пекарнею, яка спеціалізується на випуску хлібобулочної продукції. Наявність переробних підрозділів дозволяє підприємству здійснювати глибшу переробку сировини, підвищувати додану вартість продукції та зменшувати залежність від зовнішніх ринків збуту.

Організаційна структура підприємства включає виробничі підрозділи, що забезпечують виконання технологічних процесів у рослинництві, а також допоміжні служби, відповідальні за технічне обслуговування машинно-тракторного парку, забезпечення матеріально-технічними ресурсами та управління виробництвом.

Чисельність персоналу господарства становить 36 основних працівників, які забезпечують безперервне функціонування підприємства. У періоди пікових навантажень, зокрема під час проведення посівних та збиральних робіт, додатково залучається близько 14 сезонних працівників. Такий підхід дозволяє оптимізувати витрати на оплату праці та забезпечити своєчасне виконання технологічних операцій.

ТОВ «Колос» має достатній виробничий потенціал для впровадження сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема елементів точного землеробства та мостових технологій. Разом з тим існує необхідність удосконалення технічного забезпечення окремих процесів,

особливо при вирощуванні овочевих культур, що потребують високої точності виконання технологічних операцій.

1.2. Характеристика галузі рослинництва

Рослинництво є провідною галуззю діяльності ТОВ «Колос» та формує основну частину валової продукції підприємства. Виробнича діяльність господарства спрямована на вирощування зернових, технічних та овочевих культур, що забезпечує як реалізацію продукції на ринку, так і використання частини врожаю для власної переробки.

Структура посівних площ господарства характеризується раціональним поєднанням культур різних біологічних груп. Основні дані щодо вирощуваних культур наведені в таблиці 1.1.

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

Проведений аналіз структури посівних площ свідчить, що у господарстві переважають зернові культури, зокрема пшениця та кукурудза, частка яких є найбільшою у структурі посівів. Це обумовлено стабільним попитом на дану продукцію та відносною технологічною відпрацьованістю їх вирощування. Значну частку також займає соняшник як основна технічна культура.

Овочеві культури (картопля, томати) займають меншу площу, проте характеризуються більшою трудомісткістю та вищою рентабельністю. Особливої уваги заслуговує впровадження у 2025 році вирощування часнику, частка якого становить близько 2 % від загальної площі. Це свідчить про диверсифікацію виробництва та орієнтацію господарства на більш прибуткові культури тому в 2026 році площа під часник складає 22 гектари.

Аналіз динаміки посівних площ показує тенденцію до поступового збільшення загальної площі обробітку, а також оптимізацію структури посівів за рахунок зменшення частки менш рентабельних культур та впровадження нових напрямків, зокрема вирощування часнику.

Важливим елементом організації рослинництва є сівозміна, яка забезпечує збереження родючості ґрунтів, зменшення засміченості полів та підвищення врожайності культур. У ТОВ «Колос» застосовується польова сівозміна, яка включає чергування зернових, технічних та овочевих культур.

Орієнтовна схема сівозміни має вигляд:

пшениця → кукурудза → соняшник → ячмінь → овочеві культури (картопля, томати, часник).

Таке чергування культур дозволяє ефективно використовувати поживні речовини ґрунту, зменшувати поширення хвороб і шкідників, а також забезпечує оптимальні умови для розвитку рослин.

Ґрунтовий покрив господарства представлений переважно чорноземами звичайними середньогумусними, які характеризуються високою природною родючістю, доброю структурою та водоутримуючою

здатністю. Вміст гумусу становить у середньому 3–5 %, що забезпечує сприятливі умови для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

Разом з тим, унаслідок інтенсивного використання земель та застосування традиційних технологій обробітку спостерігається тенденція до ущільнення ґрунту та зниження його агрофізичних властивостей. Це обумовлює необхідність впровадження сучасних технологій, спрямованих на збереження структури ґрунту. Показники врожайності основних культур наведені в таблиці 1.2.

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

Аналіз врожайності свідчить про її поступове зростання протягом досліджуваного періоду, що є результатом удосконалення технологій вирощування та покращення організації виробництва. Найвищі показники врожайності спостерігаються у овочевих культур, зокрема томатів і картоплі, що пояснюється більш інтенсивною технологією їх вирощування.

Зернові культури демонструють стабільне зростання врожайності, що свідчить про ефективність застосовуваних агротехнічних заходів. Урожайність соняшнику також має тенденцію до підвищення, хоча і в меншій мірі.

Особливо слід відзначити врожайність часнику у 2025 році, яка становить 85 ц/га. Даний показник є достатньо високим і підтверджує доцільність подальшого розвитку цього напрямку в господарстві.

Таким чином, аналіз галузі рослинництва ТОВ «Колос» свідчить про її стабільний розвиток, наявність потенціалу для підвищення ефективності виробництва та необхідність впровадження сучасних технічних рішень, зокрема у сфері механізації процесів вирощування овочевих культур.

1.3. Механізація технологічних процесів

Рівень механізації технологічних процесів у ТОВ «Колос» формується на основі наявного машинно-тракторного парку, який забезпечує виконання повного комплексу агротехнічних операцій у рослинництві. Для більш об'єктивної оцінки забезпеченості господарства технічними засобами доцільно розглядати їх за функціональним призначенням.

Для виконання енергоємних операцій, пов'язаних із обробітком ґрунту та транспортуванням, у господарстві використовуються трактори середнього та важкого класу тяги. Основу складають машини типу ХТЗ-150К, які застосовуються при виконанні глибокого обробітку ґрунту, а також універсальні трактори МТЗ-80.1 і ДТЗ-5504, що використовуються для широкого спектра польових робіт. Поряд із цим у господарстві впроваджено сучасний трактор John Deere 6120M, який відзначається підвищеною продуктивністю, точністю керування та економічністю використання пального.

Комплекс машин для обробітку ґрунту включає плуги різної ширини захвату, дискові борони та культиватори. Застосування плугів типу ПЛН дозволяє виконувати основний обробіток ґрунту на необхідну глибину, тоді як борони типу АГД і БДТ забезпечують подрібнення рослинних решток і вирівнювання поверхні поля. Культиватори використовуються для передпосівної підготовки ґрунту та догляду за посівами.

Посівні роботи здійснюються за допомогою зернових сівалок СЗ-3,6 та просапних сівалок УПС-8. Для підвищення точності висіву в господарстві використовується сучасна сівалка точного висіву Vaderstad Tempo, яка забезпечує рівномірне розміщення насіння та стабільну глибину його загортання, що особливо важливо для формування дружніх сходів.

Вирощування овочевих культур забезпечується спеціалізованими машинами, зокрема картоплесаджалками та картоплекопачами. Разом з тим відсутність спеціалізованих технічних засобів для збирання часнику свідчить про необхідність удосконалення механізації даного процесу, що обумовлює актуальність розробки відповідного модуля для збирання часнику.

Для догляду за посівами та захисту рослин застосовуються обприскувачі, серед яких поряд із традиційним ОП-2000 використовується сучасний причіпний обприскувач Amazone UX, що забезпечує високу точність внесення робочих розчинів, рівномірність обробки та зниження витрат засобів захисту рослин.

Транспортні операції виконуються за допомогою вантажних автомобілів МАЗ-53366 та КрАЗ-6230С4-330 «Караван», а також причепів різної вантажопідйомності. Це дозволяє організувати своєчасне перевезення сировини, добрив і готової продукції. Детально структура МТП наведено у вигляді кругової діаграми (рис. 1.2).

Незважаючи на достатній рівень технічного забезпечення, у структурі машинно-тракторного парку спостерігається поєднання застарілої та

сучасної техніки. Це зумовлює нерівномірність продуктивності та підвищені витрати пального при виконанні окремих операцій. Крім того, традиційна система механізації передбачає багаторазові проходи техніки по полю, що призводить до ущільнення ґрунту та погіршення його фізичних властивостей.

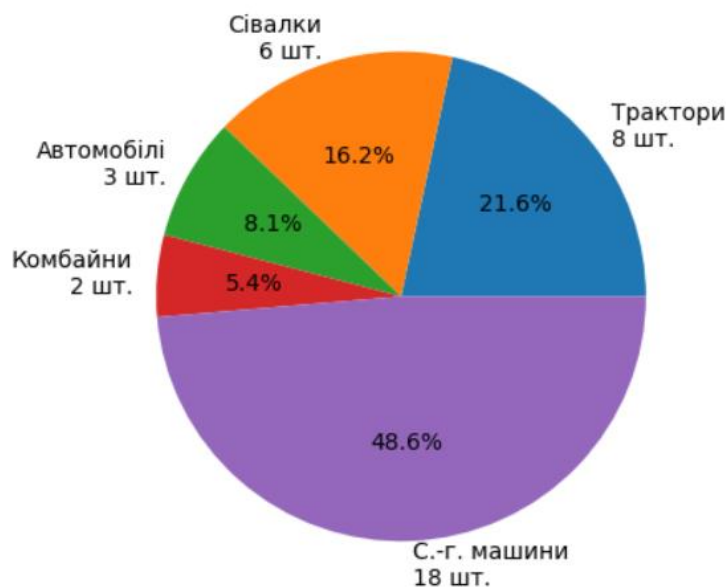


Рис. 1.2. Забезпеченість господарства

Особливо гостро ці проблеми проявляються при вирощуванні овочевих культур, де необхідна висока точність виконання технологічних операцій. Недостатній рівень механізації процесу збирання часнику обмежує можливості підвищення врожайності та ефективності виробництва.

У зв'язку з цим перспективним напрямком є впровадження мостової технології землеробства, яка дозволяє виконувати технологічні операції без контакту ходових систем із ґрунтом. Ефективність такої технології значною мірою залежить від наявності спеціалізованих змінних модулів, зокрема модуля для збирання часнику, розробка якого є предметом даної роботи.

Таким чином, подальше підвищення ефективності механізації у ТОВ «Колос» пов'язане з модернізацією технічного парку, впровадженням сучасних машин та розробкою спеціалізованих робочих органів, адаптованих до умов мостового землеробства.

1.4. Енергозабезпеченість ТОВ «Колос»

Енергозабезпеченість господарства визначається рівнем забезпечення виробництва енергетичними засобами, зокрема тракторами, автомобілями, а також обсягами використання паливно-енергетичних ресурсів. У ТОВ «Колос» основним джерелом енергії є дизельне паливо, яке використовується для виконання польових робіт та транспортування.

Для оцінки рівня енергозабезпеченості господарства доцільно розглянути структуру енергетичних засобів та їх характеристику (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Характеристика енергетичних засобів ТОВ «Колос»

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

Аналіз даних свідчить, що господарство має достатній рівень забезпеченості енергетичними засобами для виконання основних технологічних операцій. Найбільшу частку енергетичного потенціалу формують трактори, які забезпечують виконання польових робіт.

Разом з тим структура енергетичних засобів характеризується поєднанням техніки різного технічного рівня. Поряд із сучасними машинами використовуються трактори, які мають значний строк експлуатації, що призводить до підвищених витрат пального та зниження ефективності їх використання.

Таблиця 1.5 – Використання паливно-енергетичних ресурсів

Вид робіт	Орієнтовні витрати пального, л/га	Частка в загальних витратах, %	Особливості
Оранка	20–25	35	Найбільш енергоємний процес
Культивація	8–12	20	Підготовка ґрунту
Посів	5–8	10	Середні витрати
Догляд за посівами	3–6	10	Обприскування, міжрядний обробіток
Збирання	10–15	25	Високе навантаження

Аналіз витрат паливно-енергетичних ресурсів показує, що найбільш енергоємними є операції основного обробітку ґрунту та збирання врожаю. Значні витрати пального обумовлені високим тяговим опором ґрунту, а також втратами енергії внаслідок пробуксовування техніки.

Окремою проблемою є ущільнення ґрунту внаслідок багаторазового проходу машин, що призводить до збільшення енерговитрат при наступних обробітках.

1.5. Напрями підвищення ефективності господарства

Підвищення ефективності діяльності ТОВ «Колос» є важливим завданням, яке пов'язане з раціональним використанням ресурсів, удосконаленням технологічних процесів та впровадженням сучасних технічних рішень. Аналіз виробничої діяльності господарства показує, що значні резерви підвищення ефективності зосереджені у сфері механізації та енергозабезпечення.

Одним із ключових напрямків є підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. У сучасних умовах витрати на паливно-енергетичні ресурси становлять значну частку собівартості продукції, що обумовлює необхідність їх оптимізації. Зниження енерговитрат може бути досягнуто шляхом комплексного підходу до організації виробництва.

Підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у господарстві можливе за рахунок оновлення машинно-тракторного парку. Використання застарілої техніки призводить до збільшення витрат пального та зниження продуктивності праці, тому поступова заміна її на сучасні машини дозволить підвищити економічні показники виробництва.

Важливим напрямком є впровадження сучасної високопродуктивної техніки, яка забезпечує більш точне виконання технологічних операцій, зменшення втрат продукції та зниження витрат ресурсів. Застосування машин нового покоління дозволяє підвищити рівень механізації та автоматизації виробничих процесів.

Значний ефект може бути досягнутий за рахунок оптимізації технологічних процесів. Це передбачає удосконалення схем обробітку ґрунту, раціональне поєднання операцій та вибір оптимальних режимів роботи машин.

Скорочення кількості технологічних операцій дозволяє зменшити витрати часу та енергії.

Окрему увагу слід приділити зменшенню кількості проходів техніки по полю. Багаторазове переміщення машин призводить до ущільнення ґрунту, що негативно впливає на його агрофізичні властивості та потребує додаткових енерговитрат при подальшому обробітку. Зменшення кількості проходів дозволяє не лише знизити витрати пального, але й покращити умови росту рослин.

Перспективним напрямком підвищення ефективності господарства є впровадження мостової технології землеробства. Дана технологія передбачає використання спеціалізованих машин, що переміщуються по стаціонарних напрямних або рейкових шляхах, що дозволяє повністю виключити вплив ходових систем на ґрунт.

Застосування мостової технології забезпечує зниження втрат енергії за рахунок зменшення тягового опору та усунення ущільнення ґрунту. Крім того, вона створює умови для підвищення точності виконання технологічних операцій, що особливо важливо при вирощуванні овочевих культур, зокрема часнику.

Впровадження даної технології у поєднанні з розробкою спеціалізованих робочих органів, таких як модуль для збирання часнику, дозволить підвищити продуктивність праці, знизити витрати ресурсів та забезпечити стабільні умови для розвитку рослин.

Таким чином, реалізація зазначених напрямків дозволить підвищити ефективність виробничої діяльності господарства та створити передумови для впровадження сучасних технологій у рослинництві.

1.6. Висновки

1. ТОВ «Колос» є стабільним сільськогосподарським підприємством із достатнім виробничим потенціалом та сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. У структурі виробництва поряд із традиційними культурами впроваджується вирощування часнику як перспективного та рентабельного напрямку.

2. Рівень механізації господарства є загалом достатнім, однак машинно-тракторний парк поєднує застарілу та сучасну техніку, що призводить до підвищених витрат енергії та зниження ефективності. Особливо недостатньо механізованим є процес збирання часнику.

3. Основним резервом підвищення ефективності є впровадження мостової технології землеробства та спеціалізованих модулів. Розробка модуля для збирання часнику дозволить зменшити втрати продукції, знизити енерговитрати та підвищити загальну ефективність виробництва.

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЧАСНИКУ

2.1. Біологічні, агротехнічні та фізико-механічні особливості часнику

Часник (*Allium sativum*) є багаторічною трав'янистою рослиною, яка в умовах сільськогосподарського виробництва вирощується як однорічна культура. Його морфологічні та біологічні особливості безпосередньо впливають на технологію вирощування та, особливо, на процес механізованого збирання [1-3].

Рослина формує цибулину, що складається із зубків, об'єднаних спільним денцем (рис. 2.1). Коренева система розвинена слабо, мичкувата, залягає переважно у верхньому шарі ґрунту (до 2,5–3,0 см).

Саме ця особливість визначає відносно невеликі зусилля, необхідні для викопування, але водночас підвищує ризик пошкодження цибулин при неправильному підборі параметрів робочих органів.

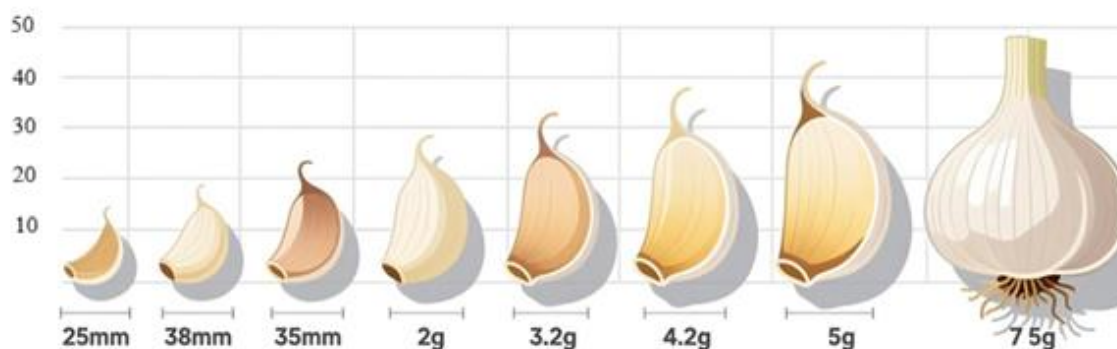


Рисунок 2.1 – Особливості формування цибулини часнику

До основних фізико-механічних показників часнику, які мають значення при проектуванні модуля для збирання, належать маса цибулини, зусилля виривання з ґрунту, міцність покривних лусок та коефіцієнт тертя об поверхні робочих органів.

Маса однієї товарної цибулини, залежно від сорту та умов вирощування, як правило, знаходиться в межах 20–60 г, а в окремих випадках може досягати 80–100 г. Середня маса зубка становить 3–8 г. Такі показники визначають навантаження на транспортувальні та сепаруючі елементи машини.

Зусилля на викопування (виривання) часнику є важливим параметром для розрахунку тягового опору агрегату. Воно залежить від вологості та щільності ґрунту, глибини залягання цибулини, а також ступеня розвитку кореневої системи. У середньому зусилля викопування однієї рослини знаходиться в межах 80–200 Н. Для розрахунків приймається середнє значення близько 120–150 Н. При підвищеній щільності ґрунту цей показник може зростати до 250 Н.

Важливим показником є також зчеплення цибулини з ґрунтом, яке визначається силами тертя та адгезії. Коефіцієнт тертя між поверхнею часнику та металевими робочими органами становить орієнтовно 0,4–0,6, що необхідно враховувати при розрахунку транспортувальних та сепараційних систем.

Міцність покривних лусок і тканин цибулини обмежує допустимі механічні навантаження при збиранні. Критичне зусилля, при якому починається пошкодження цибулини, становить приблизно 30–50 Н при локальному навантаженні. Це вимагає забезпечення плавного переміщення продукції по робочих органах та мінімізації ударних навантажень.

Глибина залягання цибулин зазвичай становить 5–10 см, що визначає необхідну глибину роботи викопувального механізму. При цьому робочі органи повинні працювати з запасом глибини (до 12–15 см), щоб забезпечити повне підрізання кореневої системи без пошкодження продукції.

З урахуванням цих показників технологічний процес збирання повинен включати делікатне викопування, ефективне відокремлення ґрунту та акуратне транспортування. Недотримання цих вимог призводить до втрат врожаю та зниження його товарної якості.

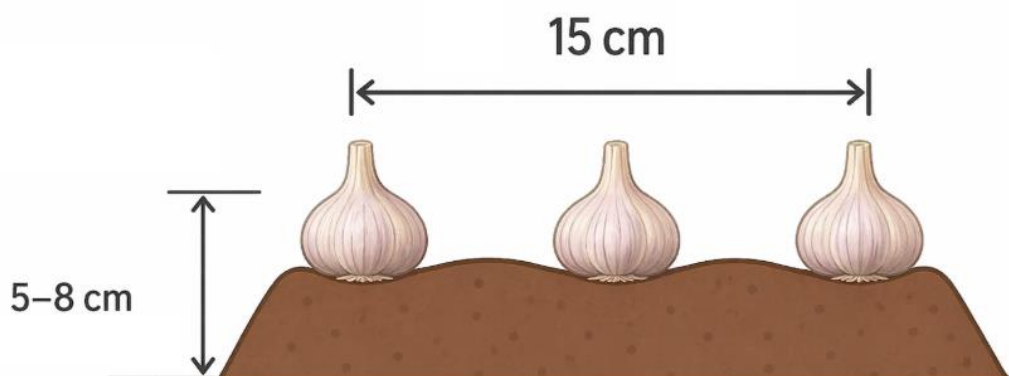


Рисунок 2.2 – Схема розміщення цибулини часнику в ґрунті

Таким чином, фізико-механічні властивості часнику – зокрема маса цибулин, зусилля викопування, глибина залягання та механічна міцність – є визначальними при обґрунтуванні конструктивних і технологічних параметрів модуля для збирання. Їх урахування дозволяє забезпечити ефективну роботу агрегату в складі агропостової системи, зменшити втрати продукції та підвищити якість збирання.

2.2. Особливості технології збирання часнику

Збирання часнику є завершальним етапом технології його вирощування, від якого значною мірою залежать як кількісні показники врожаю, так і його якість. Особливістю даної культури є підвищена чутливість цибулин до механічних пошкоджень, що обумовлює необхідність дотримання оптимальних технологічних режимів виконання робіт.

Технологічний процес збирання [1-3] включає викопування рослин із підрізанням кореневої системи, підняття цибулин на поверхню ґрунту, їх очищення від ґрунтових домішок, укладання у валки або транспортування, а також подальше підсушування. При цьому викопування повинно здійснюватися на глибині, що перевищує глибину залягання цибулин, яка становить у середньому 5–10 см. З урахуванням цього робочі органи налаштовуються на

глибину 10–15 см, що забезпечує повне підрізання кореневої системи без втрат продукції.

Важливим параметром є швидкість руху агрегату, яка повинна знаходитися в межах 1,5–3,0 км/год. Перевищення цього значення призводить до зростання втрат та пошкодження цибулин. Зусилля викопування однієї рослини, залежно від фізичного стану ґрунту, становить 80–200 Н, що визначає тяговий опір агрегату та впливає на енергетичні витрати процесу.

Ефективність збирання також оцінюється за рівнем втрат і пошкоджень продукції. Допустимі втрати не повинні перевищувати 3–5 %, а пошкодження цибулин – 5–10 %. Важливим показником є ступінь очищення продукції від ґрунту, який повинен становити не менше 85–90 %. Це забезпечує належну якість продукції та зменшує потребу в додатковій післязбиральній обробці.

Продуктивність агрегатів для збирання часнику зазвичай знаходиться в межах 0,2–0,6 га/год, що залежить від конструкції машини та умов роботи. Витрати пального при традиційній технології становлять орієнтовно 10–15 л/га, причому найбільші енерговитрати припадають на процес викопування.

Строки збирання визначаються біологічними особливостями культури. Озимий часник збирають у період з кінця червня до середини липня, тоді як ярий – з кінця липня до серпня. Оптимальним моментом є стан, коли пожовтіло 50–70 % листків, а вологість цибулин становить 65–75 %. Після викопування часник підсушують у польових умовах протягом 3–7 діб до зниження вологості до 55–60 %, що покращує його зберігання.

Узагальнені технологічні параметри процесу збирання часнику наведені в таблиці 2.1.

В умовах мостової технології землеробства до зазначених вимог додається необхідність узгодження роботи модуля з конструкцією агромоста. Це передбачає зменшення маси робочих органів, забезпечення рівномірного навантаження та стабільної роботи при фіксованій траєкторії руху.

Таблиця 2.1 - Основні технологічні параметри процесу збирання часнику

Показник	Позн.	Од. виміру	Значення	Примітка
Глибина залягання цибулин	h_1	см	5–10	Залежить від умов вирощування
Глибина роботи викопувального органу	h_2	см	10–15	Із запасом для повного підрізання
Швидкість руху агрегату	v	км/год	1,5–3,0	Оптимальна для мінімізації втрат
Зусилля викопування однієї рослини	F	Н	80–200	Залежить від щільності ґрунту
Втрати продукції	δ_1	%	$\leq 3-5$	Допустимий рівень
Пошкодження цибулин	δ_2	%	$\leq 5-10$	Включає механічні ушкодження
Ступінь очищення від ґрунту	η	%	85–90	Ефективність сепарації
Продуктивність агрегату	W	га/год	0,2–0,6	Залежить від конструкції
Витрати пального	G	л/га	10–15	Для традиційної технології
Вологість цибулин при збиранні	ω_1	%	65–75	Біологічна стиглість
Вологість після підсушування	ω_2	%	55–60	Після 3–7 діб сушіння
Тривалість підсушування	t	діб	3–7	За сприятливих умов

Таким чином, дотримання оптимальних технологічних параметрів збирання часнику є необхідною умовою зниження втрат продукції, підвищення її якості та ефективності виробництва, що є основою для розробки сучасних технічних рішень, зокрема спеціалізованого модуля для роботи в складі агропостової системи.

2.3. Огляд існуючих машин і механізмів для збирання часнику

Сучасні технічні засоби для збирання часнику [4-7] відрізняються різноманітністю конструктивних рішень, що обумовлено необхідністю поєднання делікатного вилучення цибулин із ґрунту та ефективного очищення від домішок. Аналіз існуючих машин [8-13] показує, що їх розвиток відбувається у напрямку ускладнення конструкції та підвищення рівня механізації, однак при цьому зростають енерговитрати та вимоги до технічного обслуговування.

На рисунку 2.3 наведено найпростіший тип машин – підкопувальні знаряддя, зокрема Bomet Z655 або аналогічні підкопувачі фірм Wirax і Agro-Masz. Їх конструкція включає раму та підкопувальний ніж або леміш, який підрізає кореневу систему рослин і виводить їх на поверхню ґрунту. Основними технологічними параметрами таких машин є: глибина роботи 10–15 см, швидкість руху 2–4 км/год, продуктивність 0,2–0,4 га/год. Тип робочого органу – пасивний підкопувальний ніж.



Рисунок 2.3 – Знаряддя для збирання часнику Bomet Z655 [14]

Основною перевагою таких машин є простота конструкції, надійність у роботі та низька енергоємність. Водночас відсутність механізмів очищення та транспортування зумовлює необхідність виконання наступних операцій вручну, що значно підвищує трудомісткість процесу.

Більш досконалими є машини з прутковими транспортерами (рис. 2.4), наприклад Agromet Z609, Krukowiak Z653 або аналогічні картоплекопачі, адаптовані для часнику [15].



Рисунок 2.4 – Пруткова машина Agromet Z609

У таких машинах після підкопування ґрунтовий пласт разом із рослинами подається на транспортер, де завдяки вібраційному руху відбувається просіювання ґрунту. Тип робочого апарату – підкопувально-сепараційний (ніж + прутковий транспортер). Основні параметри: глибина роботи 12–18 см, швидкість 1,5–3,0 км/год, продуктивність 0,3–0,6 га/год. Такі конструкції дозволяють значно знизити трудомісткість робіт і підвищити продуктивність. До їх переваг належить достатньо високий ступінь очищення (до 85–90 %) та універсальність. Разом з тим недоліком є підвищені динамічні навантаження, що можуть спричиняти пошкодження цибулин, а також збільшення енергетичних витрат.

На рисунку 2.5 показані комбіновані часникозбиральні машини, наприклад IMAC Special Garlic Harvester, ASA-LIFT Garlic Harvester (Данія) або

машини фірми Simon (Франція). Вони виконують одночасно кілька операцій: викопування, очищення, транспортування та укладання у валки. Тип робочого апарату – комбінований (підкопувальний ніж, транспортери, очисні пристрої).



Рисунок 2.5 – Комбіновані машини для збирання часнику [16]

а – IMAC Special Garlic Harvester; б – комбайн 4DS-7HA

Основні параметри: глибина 10–15 см, швидкість 2–3 км/год, продуктивність 0,5–1,0 га/год. Основною перевагою є висока продуктивність і мінімізація ручної праці. Однак такі машини характеризуються значною масою, складністю конструкції та високими енерговитратами, що обмежує їх використання в умовах малих і середніх господарств.

У патентних рішеннях (рис. 2.6) значна увага приділяється вдосконаленню процесу сепарації за рахунок використання вібраційних транспортерів. Подібні принципи реалізовані у машинах типу Grimme WR (для коренеплодів) та ряді експериментальних конструкцій. Тип апарату – вібраційно-сепараційний. Основні параметри: глибина 10–15 см, швидкість 1,5–2,5 км/год, продуктивність 0,4–0,7 га/год. Перевагою є підвищення ефективності очищення, проте недоліком залишається збільшення динамічних навантажень і ризик пошкодження цибулин.

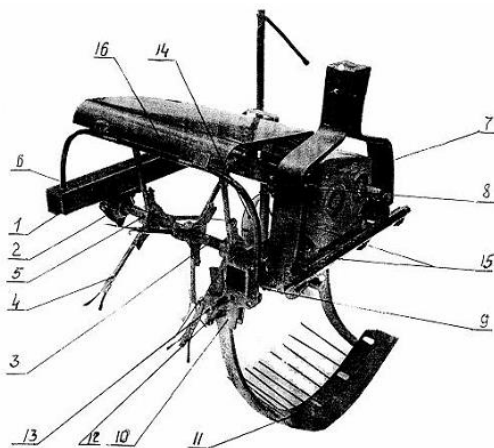


Рисунок 2.6 – Вібраційний копач UA 16693 [17]

Іншим напрямком удосконалення є використання еластичних транспортуючих елементів (рисунок 2.7), що реалізовано у машинах фірм ASA-LIFT та Dewulf. Тип апарату – стрічковий транспортер з гумовим або полімерним покриттям. Робочі параметри: швидкість 1,5–2,5 км/год, продуктивність 0,3–0,6 га/год. Це дозволяє суттєво знизити рівень механічних пошкоджень і покращити якість продукції. Водночас такі рішення ускладнюють конструкцію машини та підвищують її вартість.



Рисунок 2.7 – Збирачі з стрічковими транспортерами з гумовим або полімерним покриттям [18]

На рисунку 2.8 наведено конструкції з багатоступеневою системою очищення, які застосовуються у високопродуктивних машинах типу Grimme SE, AVR Spirit та аналогах. Тип апарату – комбінований (транспортери, решета, сепараційні барабани). Основні параметри: глибина 12–16 см, швидкість 1,5–2,5 км/год, продуктивність 0,6–1,2 га/год. Такі машини забезпечують високий ступінь очищення продукції, однак відзначаються значною складністю, великою масою та підвищеними енерговитратами.

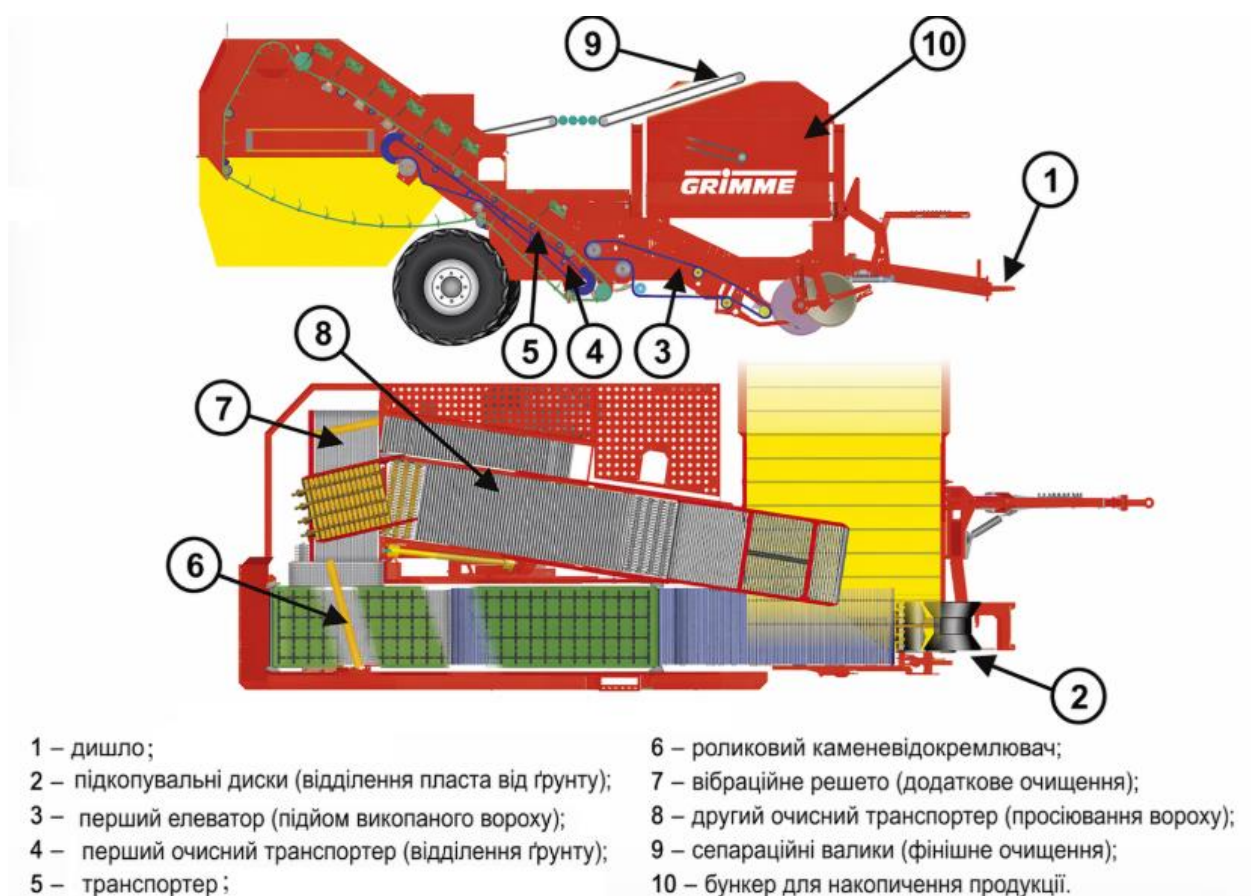


Рисунок 2.8 – Збирачі Grimme SE з багатоступеневою системою очищення [19]

Узагальнюючи проведений аналіз, можна зробити висновок, що існуючі машини для збирання часнику забезпечують різний рівень механізації та якості виконання робіт, однак мають спільні недоліки: значну масу, складність конструкції, високі енерговитрати та недостатню адаптацію до специфічних

умов мостової технології землеробства. Основні показники машин для збирання часнику зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні показники машин для збирання часнику

Марка машини	Тип робочого органу	Глибина, см	Швидк., км/год	Продукт., га/год	Ступінь очищення, %
Bomet Z655	Підкопувальний ніж	10–15	2–4	0,2–0,4	0–20
Agromet Z609	Ніж + прутковий транспортер	12–18	1,5–3,0	0,3–0,6	70–85
Krukowiak Z653	Ніж + транспортер	12–16	1,5–3,0	0,4–0,7	75–85
IMAC Garlic Harvester	Комбінований	10–15	2–3	0,5–1,0	85–90
ASA-LIFT Garlic	Стрічковий (м'який)	10–15	1,5–2,5	0,4–0,8	85–95
Grimme SE / AVR Spirit	Багатоступеневий	12–16	1,5–2,5	0,6–1,2	90–95

Проведений аналіз технічних засобів для збирання часнику показує, що сучасні машини відрізняються за конструкцією, рівнем механізації та технологічними параметрами роботи. Як видно з таблиці 2.2, найпростіші підкопувальні машини характеризуються невисокою продуктивністю та відсутністю систем очищення, тоді як машини з транспортерами забезпечують часткове відокремлення ґрунту та зменшення трудомісткості процесу. Найбільш ефективними є комбіновані та багатоступеневі системи, які забезпечують

високий ступінь очищення (до 90–95 %) і продуктивність до 1,2 га/год, проте відзначаються значною масою, складністю конструкції та підвищеними енерговитратами. Таким чином, результати, наведені в таблиці 2.2, підтверджують необхідність пошуку компромісного технічного рішення, яке поєднуватиме достатній рівень очищення продукції з простотою конструкції та енергоефективністю, що особливо важливо для умов використання в складі агромотових систем.

2.4. Особливості мостової технології землеробства

Мостова технологія землеробства є одним із перспективних напрямів розвитку сучасного аграрного виробництва, що спрямований на підвищення ефективності використання ресурсів та збереження родючості ґрунтів. Її сутність полягає у виконанні технологічних операцій за допомогою спеціалізованої машини – агромота, який переміщується по стаціонарних напрямних (рейках або коліях), розташованих уздовж поля (рис. 2.9). Такий підхід дозволяє повністю виключити контакт ходових систем машин із оброблюваною поверхнею.

Однією з ключових особливостей мостової технології є усунення ущільнення ґрунту, яке характерне для традиційних способів обробітку із застосуванням колісної або гусеничної техніки. Відсутність багаторазових проходів техніки сприяє збереженню структури ґрунту, покращенню його водно-повітряного режиму та підвищенню біологічної активності. Це, у свою чергу, створює сприятливі умови для росту рослин і підвищення врожайності.

Важливою перевагою мостової технології є можливість точного виконання технологічних операцій. Фіксована траєкторія руху агромота (рис. 2.10) дозволяє забезпечити високу повторюваність обробітку, точне позиціонування робочих органів і рівномірність внесення матеріалів. Це особливо актуально для вирощування овочевих культур, зокрема часнику, де

велике значення має точність глибини обробітку та мінімізація пошкодження продукції.

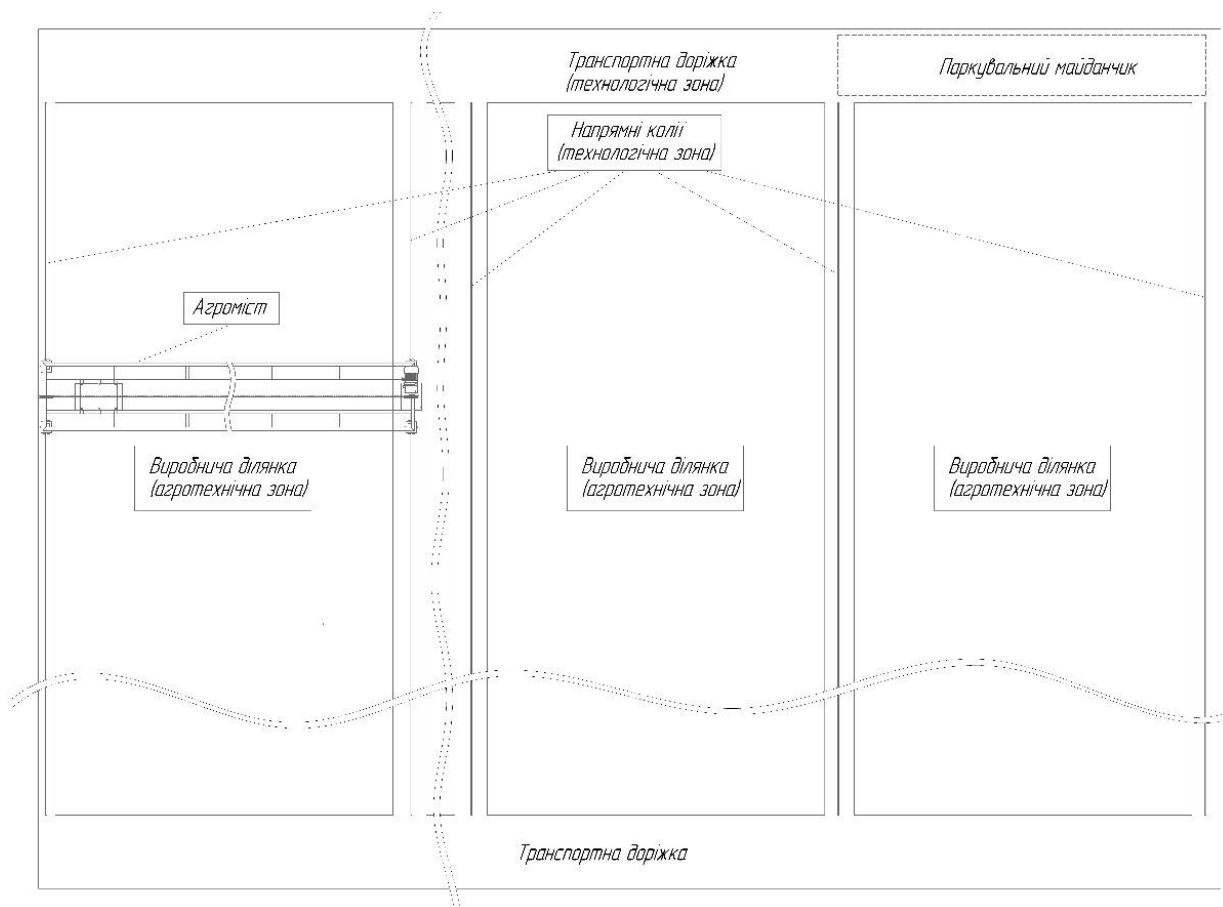


Рисунок 2.9 – Облаштування поля за мостової технології землеробства

Ще однією особливістю є можливість інтеграції різних технологічних операцій у єдину систему. Агромаст може оснащуватися змінними модулями для виконання посіву, внесення добрив, обробітку ґрунту, догляду за посівами та збирання врожаю. Така модульність дозволяє підвищити універсальність машини та зменшити потребу в окремих агрегатах.

Разом з тим мостова технологія висуває специфічні вимоги до конструкції машин і робочих органів. Зокрема, обладнання повинно мати обмежену масу, щоб не перевантажувати несучі елементи агромаста. Крім того, конструкції повинні бути компактними та забезпечувати рівномірний розподіл навантаження. Робочі органи повинні ефективно працювати при фіксованій швидкості руху та обмеженій можливості маневрування.

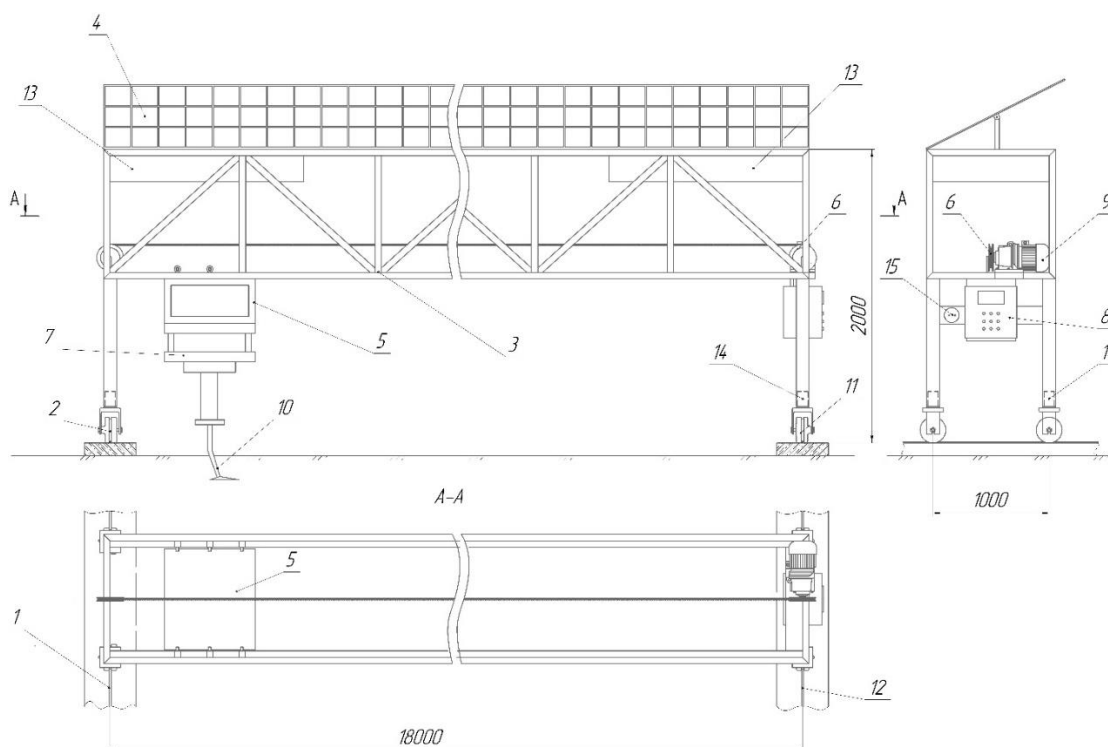


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд двоопорного агромоста

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

Особливу увагу необхідно приділяти енергетичним аспектам. У мостових системах зменшуються втрати енергії на перекочування та пробуксовування, що характерні для традиційної техніки. Це дозволяє знизити загальні енерговитрати та підвищити ефективність виконання технологічних операцій. Водночас необхідно враховувати енергоспоживання окремих модулів, які працюють у складі агромоста.

До недоліків мостової технології можна віднести значні капітальні витрати на створення інфраструктури (рейкові колії, опорні конструкції), а також складність впровадження на існуючих господарствах. Крім того, обмежена мобільність системи може ускладнювати її використання на полях складної конфігурації.

Таким чином, мостова технологія землеробства забезпечує суттєві переваги порівняно з традиційними методами за рахунок зниження ущільнення ґрунту, підвищення точності виконання операцій та можливості комплексної механізації. Водночас її ефективне застосування потребує розробки спеціалізованих робочих модулів, адаптованих до конструктивних і технологічних особливостей агромота, що і визначає напрямки подальших досліджень у даній роботі.

2.5. Висновки

1. Аналіз біологічних та фізико-механічних особливостей часнику показав, що культура характеризується незначною глибиною залягання цибулин (5–10 см), відносно малими зусиллями викопування (80–200 Н) та підвищеною чутливістю до механічних пошкоджень. Це обумовлює необхідність застосування делікатних робочих органів та оптимальних режимів роботи машин для забезпечення мінімальних втрат і високої якості продукції.

2. Проведений аналіз технології збирання та існуючих машин показав, що сучасні технічні засоби забезпечують різний рівень механізації процесу – від простих підкопувальних знарядь до складних багатоступеневих систем. Найбільш ефективні машини забезпечують ступінь очищення до 90–95 % і продуктивність до 1,2 га/год, однак характеризуються значною масою, складністю конструкції та високими енерговитратами.

3. Встановлено, що впровадження мостової технології землеробства дозволяє усунути ущільнення ґрунту, знизити енерговитрати та підвищити точність виконання технологічних операцій. Разом з тим існуючі машини не адаптовані до умов роботи агромота, що обґрунтовує необхідність розробки спеціалізованого модуля для збирання часнику, який поєднуватиме енергоефективність, простоту конструкції та делікатне поводження з продукцією.

3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК МОДУЛЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЧАСНИКУ

3.1. Розробка конструкції модуля для збирання часнику

Розробка конструкції модуля для збирання часнику виконана на основі аналізу існуючих технічних рішень та з урахуванням вимог мостової технології землеробства [20, 21]. За прототип обрано модуль з підкопуванням і сепарацією ґрунту, який доопрацьовано шляхом спрощення конструкції, введення стеблорізального пристрою та переходу на електропривід активних механізмів.

На рисунку 3.1 наведено конструктивну схему розробленого модуля, який складається з опорних коліс 1, пруткового сепаратора 2, електроприводу з ведучою зірочкою 3, ланцюгової передачі 4, шестерні приводу сепаратора 5, приводу грохота 6, ножа копача 7, дискового стебло-зрізача 8, електроприводу стебло-зрізача 9 та бункера 10.

Технологічний процес роботи модуля здійснюється послідовно за ходом руху агромоста. На передній частині встановлено дисковий стебло-зрізач 8, який приводиться в дію окремим електроприводом 9. Диск розташований горизонтально і здійснює зрізання стебел часнику на висоті 2–5 см від поверхні ґрунту. Це забезпечує усунення рослинної маси перед підкопуванням, запобігає намотуванню та покращує умови подальшої сепарації.

Після зрізання стебел ґрунтовий пласт разом із цибулинами підкопується ножем копача 7, який має клиноподібну форму. Ніж заглиблюється на 10–15 см та забезпечує підрізання кореневої системи з мінімальним тяговим опором. Завдяки геометрії ножа відбувається плавне підняття вороху та його подача на сепаратор 2. Основним елементом очищення є прутковий сепаратор 2, виконаний у вигляді грохота 6 з коливальним рухом. Коливання забезпечуються за допомогою електроприводу 3 з електродвигуном 16, який через ведучу зірочку, ланцюгову передачу 4 та зірочку 5 передає рух на механізм грохота.

Така схема дозволяє регулювати частоту і амплітуду коливань, що забезпечує ефективне відокремлення ґрунту (до 80–90 %) при мінімальному пошкодженні цибулин.

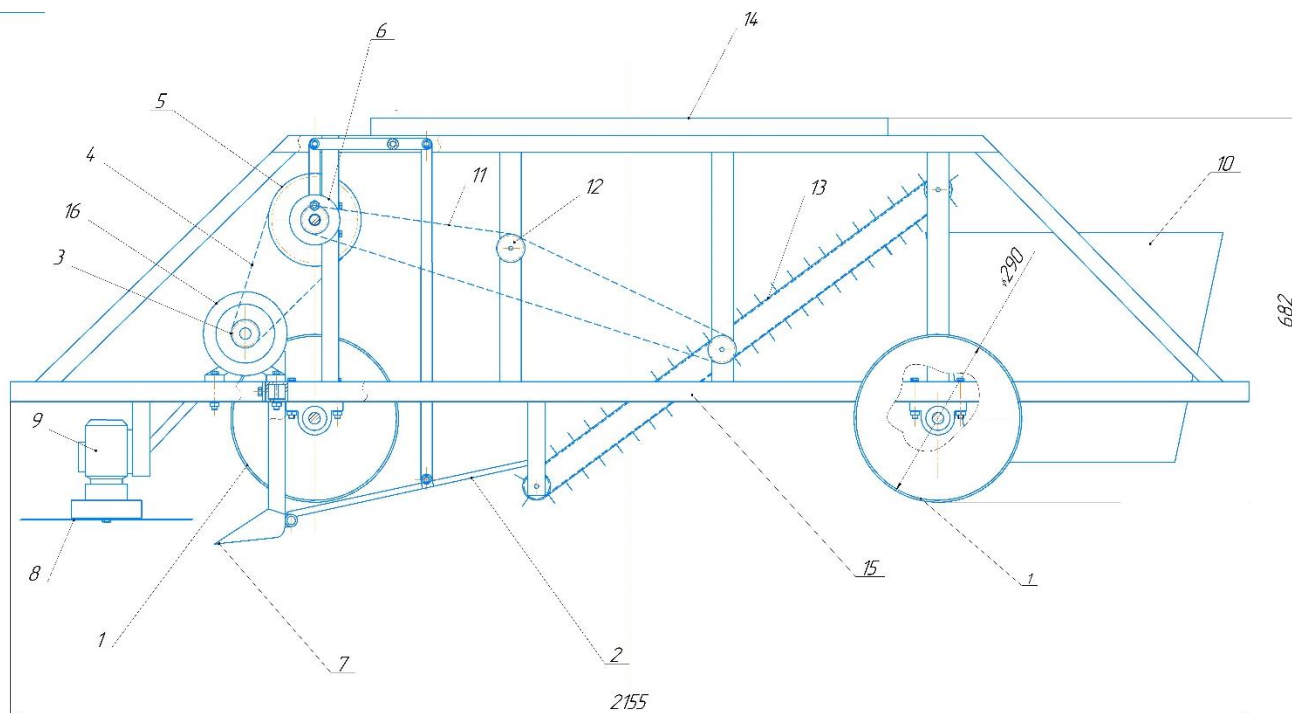


Рисунок – 3.1 Модуль для збирання часнику

1 – опорні колеса; 2 – прутковий сепаратор; 3 – електропривід з ведучою зірочкою ланцюгової передачі; 4 – ланцюгова передача; 5 – зірочка приводу пруткового сепаратору; 6 – привід сепаратора (грохот); 7 – ніж копача; 8 – дисковий стебло-зрізач; 9 – електропривід стебло-зрізача; 10 – бункер; 11 – ланцюговий привід пруткового елеватора; 12 – натяжний механізм; 13 – елеватор-очисник; 14 – платформа для агрегування з агромоном; 15 – рама модуля; 16 - електродвигун

Після первинної сепарації часник переміщується до зони доочищення та подачі елеватор 13, яка конструктивно поєднана з транспортуванням у бункер 10. Привід леватора ланцюговий 11 від вала грохота 6. У цій зоні відбувається додаткове відділення залишків ґрунту за рахунок вібрації та переміщення вороху. Далі очищена продукція подається у бункер-накопичувач місткістю до 80 л, що забезпечує короткочасне накопичення перед вивантаженням.

Особливістю розробленої конструкції є застосування електроприводу для всіх активних робочих органів (сепаратора, стебло-зрізача та транспортуючих елементів). Це забезпечує незалежність роботи модуля від швидкості руху агромошта, дозволяє точно регулювати режими роботи та знижує динамічні навантаження у порівнянні з механічним приводом від опорних коліс.

Опорні колеса 1 виконують функцію копіювання рельєфу поля та стабілізації глибини роботи ножа копача. Конструкція модуля є компактною, його довжина не перевищує 1,2 м, що відповідає вимогам агрегатування з агромоштом і не перевантажує його несучу систему.

Основні вихідні параметри для подальших інженерних розрахунків наведені в таблиці 3.1 та більш детально в додатку А.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку модуля збирання часнику

№	Параметр	Позначення	Одиниця виміру	Значення	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Робоча ширина захвату модуля	B	м	0,6	Схема посадки 30x10
2	Швидкість руху модуля	v	км/год	2,5–4,5	Робочий режим
3	Глибина підкопування	h	см	10–12	Для повного підрізання
4	Зусилля викопування	F	Н	80–200	Для однієї рослини
5	Продуктивність модуля	W	га/год	0,10–0,20	При ширині 1 м

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
6	Крок прутків сепаратора	t	мм	25–30	Під розмір цибулин
7	Амплітуда коливань грохота	A	мм	15–25	Для ефективної сепарації
8	Частота коливань грохота	n	хв ⁻¹	250–350	Робочий режим
9	Швидкість руху транспортера	v _t	м/с	0,5–1,0	Узгоджена з потоком
10	Об'єм бункера	V	л	≤ 80	За умовою компактності
11	Маса цибулини (середня)	m	кг	0,03–0,06	Залежить від сорту
12	ККД сепарації	η	%	80–90	Ступінь очищення
13	Напруга живлення електроприводу	U	В	220	Від агромоста
14	Довжина модуля	l	м	≤ 1,2	Обмеження конструкції
15	Маса модуля	M	кг	80–150	Для агромоста

Таким чином, розроблений модуль забезпечує послідовне виконання операцій зрізання стебел, підкопування, сепарації, доочищення та накопичення продукції. Конструкція відрізняється простотою, малою масою та адаптацією до умов мостової технології, що дозволяє знизити енерговитрати та підвищити якість збирання часнику.

3.2. Розрахунок основних складових модуля для збирання часнику

Розрахунок основних складових модуля виконується на основі вихідних даних, наведених у таблиці 3.1, та спрямований на визначення основних експлуатаційних і конструктивних параметрів, які забезпечують ефективну роботу агрегату в умовах мостової технології землеробства. До таких параметрів відносяться продуктивність модуля, тяговий опір робочих органів, параметри коливального руху сепаратора, масова подача вороху та енергетичні характеристики приводу.

Особливістю виконання розрахунків є врахування специфіки роботи модуля у складі агромота, де рух здійснюється з обмеженою швидкістю, а конструкція повинна бути компактною, легкою та енергоефективною. Крім того, при визначенні параметрів враховуються фізико-механічні властивості часнику, зокрема невелика глибина залягання цибулин, відносно невисокий опір викопуванню та чутливість продукції до механічних пошкоджень.

Розрахунок продуктивності модуля дозволяє оцінити його ефективність при заданих параметрах руху та ширині захвату. При цьому враховується робоча швидкість агромота та геометричні параметри зони обробітку. Визначення тягового опору є необхідним для обґрунтування вибору конструкції підкопувального ножа та оцінки навантаження на елементи модуля. Значення цього параметра залежить від густоти посадки, глибини обробітку та фізичного стану ґрунту.

Окрему увагу приділено розрахунку параметрів пруткового сепаратора, який виконує одну з ключових функцій – відокремлення ґрунту від цибулин. Ефективність цього процесу визначається амплітудою та частотою коливань, а також геометрією робочої поверхні. Неправильний вибір цих параметрів може призвести або до недостатнього очищення продукції, або до її пошкодження.

Важливим етапом є визначення масової подачі вороху, яка характеризує навантаження на робочі органи модуля. Цей показник залежить від урожайності

культури, густоти посадки та швидкості руху агрегату. На основі отриманих значень здійснюється розрахунок потужності приводу, необхідної для забезпечення стабільної роботи всіх активних елементів модуля.

Застосування електроприводу в конструкції модуля дозволяє підвищити точність регулювання режимів роботи та забезпечити незалежність функціонування робочих органів від швидкості руху агромоства. Тому при розрахунках враховується необхідна потужність електродвигунів, яка визначається з урахуванням сил опору, швидкості руху та коефіцієнта корисної дії механізмів.

Таким чином, виконання комплексного розрахунку основних складових модуля дозволяє обґрунтувати його конструктивні параметри, забезпечити відповідність технологічним вимогам та підтвердити доцільність застосування розробленої конструкції в умовах мостового землеробства [22, 23]. Отримані результати є основою для подальшого уточнення конструкції та вибору раціональних режимів роботи модуля.

Отже розпочинаємо розрахунок з визначення продуктивності модуля за формулою:

$$W = (B \cdot v) / 10, \text{ (га/год)} \quad (3.1)$$

де: B – робоча ширина захвату, м;

v – швидкість руху, км/год.

Підставляємо значення:

$$W = (0,6 \cdot 3,5) / 10 = 0,21 \text{ га/год}$$

Отже, розрахункова продуктивність модуля становить приблизно: $W \approx 0,15 \dots 0,25 \text{ га/год}$

Розрахунок тягового опору ножа копача

Сумарний тяговий опір визначається як сума зусиль викопування рослин у межах робочої ширини:

$$R = F \cdot N, \text{ Н} \quad (3.2)$$

де: R – тяговий опір, Н;

F – зусилля викопування однієї рослини, Н;

N – кількість рослин у смузі захвату.

Кількість рослин визначається за схемою посадки:

$$N = B / a, \text{ рослин} \quad (3.3)$$

де: a – відстань між рослинами в рядку, м.

Приймаємо згідно таблиці 3.1 схема посадки 30×10 см: $a = 0,3$ м

$$N = 0,6 / 0,3 = 2 \text{ рослин}$$

Тоді:

$$R_{\min} = 80 \cdot 2 = 160 \text{ Н}$$

$$R_{\max} = 200 \cdot 2 = 400 \text{ Н}$$

Отже, тяговий опір може коливатися : $R = 0,16 \dots 0,4$ кН

Розрахунок параметрів пруткового сепаратора

Для ефективної роботи пруткового сепаратора необхідно забезпечити раціональні параметри його коливального руху, які гарантують інтенсивне відокремлення ґрунту від вороху при мінімальному пошкодженні цибулин часнику. Основним кінематичним параметром, що характеризує роботу грохота, є швидкість коливального руху робочої поверхні.

Швидкість коливань визначається за залежністю:

$$v_k = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot A \quad (3.4)$$

де: v_k – швидкість коливального руху, м/с;

n – частота коливань, с^{-1} ;

A – амплітуда коливань, м.

Для виконання розрахунку необхідно привести вихідні параметри до єдиної системи одиниць. Частота коливань, задана у хвилинах, переводиться в секунди:

$$n = 300 \text{ хв}^{-1} = 300 / 60 = 5 \text{ с}^{-1}$$

Амплітуда коливань:

$$A = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$$

Підставляючи значення у формулу, отримуємо:

$$v_k = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 0,02 \approx 0,63 \text{ м/с}$$

Отримане значення швидкості коливань знаходиться в межах, рекомендованих для сепарації коренеплодів і овочевих культур. Такий режим забезпечує достатню інтенсивність просіювання ґрунту крізь прутки сепаратора, при цьому не створюючи надмірних динамічних навантажень на продукцію.

Слід зазначити, що збільшення швидкості коливань понад 0,8–1,0 м/с може призвести до підвищення ударних навантажень і, як наслідок, до пошкодження цибулин часнику. У той же час зменшення цього параметра нижче 0,4–0,5 м/с погіршує ефективність очищення, що призводить до збільшення кількості ґрунтових домішок у воросі.

Таким чином, обрані параметри коливального руху пруткового сепаратора (частота та амплітуда) забезпечують оптимальне поєднання ефективності очищення (на рівні 80–90 %) і збереження цілісності продукції. Це підтверджує правильність вибору конструктивних та кінематичних параметрів сепаратора для роботи в складі розробленого модуля.

Розрахунок подачі маси вороху

Важливим етапом розрахунку є визначення масової подачі вороху, яка надходить на робочі органи модуля. Цей параметр характеризує навантаження на підкопувальний орган, сепаратор та транспортуючі елементи і є визначальним при виборі їх конструктивних та енергетичних параметрів.

Масова подача визначається за формулою:

$$Q = W \cdot 10000 \cdot m \cdot k, \text{ кг/год} \quad (3.5)$$

де: Q – масова подача вороху, кг/год;

W – продуктивність модуля, га/год;

10000 – коефіцієнт переведення площі з гектарів у квадратні метри;

m – середня маса однієї цибулини, кг;

k – кількість рослин на 1 м².

Кількість рослин на одиницю площі визначається за схемою посадки. При міжрядді 0,3 м і відстані між рослинами в рядку 0,1 м густота посадки становить:

$$k = 1 / (0,3 \cdot 0,1) \approx 33 \text{ рослини/м}^2 \quad (3.6)$$

Це значення відповідає типовим умовам вирощування часнику та забезпечує формування достатнього врожаю при збереженні оптимальних умов розвитку рослин.

Підставляючи вихідні значення у формулу, отримуємо:

$$Q = 0,2 \cdot 10000 \cdot 0,04 \cdot 33 \approx 2640 \text{ кг/год}$$

Отримане значення масової подачі показує, що на робочі органи модуля надходить близько 2,6 т вороху за годину роботи. При цьому слід враховувати, що ворох включає не лише цибулини часнику, але й ґрунтові домішки, залишки кореневої системи та частково рослинні рештки.

Визначене значення є основою для подальших розрахунків параметрів сепаратора та транспортуючих елементів. Зокрема, воно використовується при визначенні пропускної здатності грохота, виборі швидкості руху транспортера та розрахунку потужності приводу. При перевищенні допустимого навантаження можливе зниження якості очищення та перевантаження механізмів.

Таким чином, отримана масова подача вороху відповідає умовам ефективної роботи розробленого модуля та підтверджує можливість забезпечення необхідної продуктивності при заданих параметрах руху і конструкції агрегату.

Розрахунок потужності приводу сепаратора

Одним із важливих етапів проєктування модуля є визначення необхідної потужності приводу пруткового сепаратора, який забезпечує коливальний рух грохота та виконує функцію очищення вороху від ґрунту. Правильний вибір потужності дозволяє забезпечити стабільну роботу механізму, уникнути перевантаження приводу та досягти необхідної ефективності сепарації.

Орієнтовна потужність приводу визначається за залежністю:

$$N = R \cdot v / (1000 \cdot \eta) \quad (3.7)$$

де: N – потужність приводу, кВт;

R – тяговий опір, Н;

v – швидкість руху, м/с;

η – коефіцієнт корисної дії механізмів (0,8...0,9).

Для виконання розрахунку швидкість руху агрегату необхідно перевести у систему СІ:

$$v = 3,5 \text{ км/год} = 3,5 / 3,6 \approx 0,97 \text{ м/с}$$

Приймаючи максимальне значення тягового опору $R = 400 \text{ Н}$ та ККД $\eta = 0,85$, підставляємо у формулу:

$$N = (400 \cdot 0,97) / (1000 \cdot 0,85) \approx 0,46 \text{ кВт}$$

Отримане значення потужності характеризує необхідну енергію для забезпечення роботи сепаратора в номінальному режимі. Слід зазначити, що даний розрахунок є орієнтовним і не враховує додаткові втрати, пов'язані з інерційними навантаженнями, коливальним рухом та можливими перевантаженнями під час роботи.

У реальних умовах експлуатації доцільно вводити коефіцієнт запасу потужності, який становить 1,2–1,5. З урахуванням цього фактора необхідна встановлена потужність приводу буде:

$$N_{\text{вст}} = 0,46 \cdot 1,3 \approx 0,6 \text{ кВт}$$

Це дозволяє забезпечити надійну роботу сепаратора при змінних умовах роботи, таких як підвищена вологість ґрунту, нерівномірність подачі вороху або коливання швидкості руху.

Отримане значення потужності підтверджує доцільність застосування електроприводу в конструкції модуля. Використання електродвигуна дозволяє плавно регулювати режими роботи сепаратора, забезпечує стабільність коливального процесу та знижує динамічні навантаження на елементи конструкції.

Таким чином, розрахунок показав, що для ефективної роботи пруткового сепаратора достатньо електроприводу потужністю близько 0,5–0,6 кВт, що відповідає вимогам енергоефективності та конструктивним обмеженням модуля, призначеного для роботи в складі агромошта.

Розрахунок електроприводу стебло-зрізаючого пристрою

Стебло-зрізаючий пристрій призначений для попереднього зрізання надземної частини рослин перед підкопуванням, що забезпечує покращення умов роботи сепаратора та запобігає намотуванню рослинної маси на робочі органи. У розробленій конструкції використовується дисковий ніж із горизонтальною віссю обертання, який приводиться в рух електродвигуном.

Для визначення необхідної потужності електроприводу використаємо залежність:

$$N = M \cdot \omega \quad (3.8)$$

де: N – потужність, Вт;

M – крутний момент на валу ножа, Н·м;

ω – кутова швидкість, рад/с.

Кутова швидкість визначається за формулою:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60 \quad (3.9)$$

де: n – частота обертання, об/хв.

Приймаємо для ефективного зрізання: $n = 1500$ об/хв

Тоді:

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 1500 / 60 \approx 157 \text{ рад/с} \quad (3.10)$$

Крутний момент можна оцінити через силу різання:

$$M = F \cdot r$$

де: F – сила зрізання, Н;

r – радіус диска, м.

Приймаємо: $F = 10 \dots 20 \text{ Н}$ (для стебел часнику) $r = 0,15 \text{ м}$

Тоді: $M_{\min} = 10 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ $M_{\max} = 20 \cdot 0,15 = 3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Тоді значення потужності визначимо за рівнянням:

$$N = M \cdot \omega \quad (3.11)$$

$$N_{\max} = 3 \cdot 157 \approx 471 \text{ Вт}$$

З урахуванням ККД приводу $\eta \approx 0,85$:

$$N = 471 / 0,85 \approx 0,55 \text{ кВт}$$

Отримані результати показують, що для ефективної роботи дискового стебло-зрізаючого пристрою необхідно застосувати електропривід потужністю в межах $0,5 \dots 0,55 \text{ кВт}$. Такий привід забезпечує стабільне зрізання рослинної маси при різних умовах роботи та не створює надмірного навантаження на конструкцію модуля.

Застосування електроприводу дозволяє регулювати частоту обертання диска, що є важливим для адаптації до різних умов збирання та підвищення енергоефективності агрегату.

3.3. Розрахунок приводу пруткового сепаратора (грохота)

Для забезпечення ефективної роботи пруткового сепаратора необхідно реалізувати коливальний рух із заданими параметрами: амплітудою $A = 15 \dots 50 \text{ мм}$ та частотою $n_2 = 250 \dots 350 \text{ хв}^{-1}$. Привід грохота здійснюється від електродвигуна через ланцюгову передачу на ексцентриковий механізм.

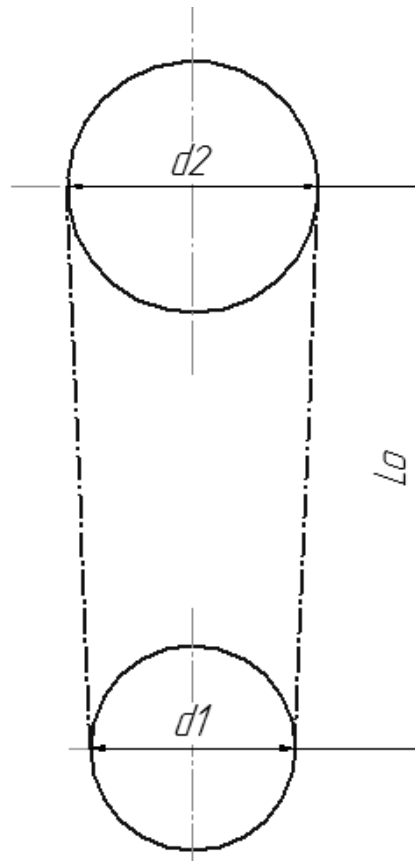


Рисунок 3.2. Ланцюгова передача привода сепаратора

Визначення частоти обертання веденого вала [24]

Частота обертання вала, що приводить грохот, дорівнює частоті коливань:

$$n_2 = f\Gamma \quad (3.12)$$

де: n_2 – частота обертання веденого вала, хв^{-1} ;

$f\Gamma$ – частота коливань грохота, хв^{-1} .

Приймаємо: $n_2 = 300 \text{ хв}^{-1}$

Визначення значення амплітуди та ексцентриситету

Амплітуда коливань визначається:

$$A = 2e \quad (3.13)$$

де: A – амплітуда коливань грохота, м;

e – ексцентриситет (радіус ексцентрика), м.

Згідно таблиці 3.1 приймаємо: $A = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$

Тоді:

$$e = A / 2 = 0,025 \text{ м} = 25 \text{ мм}$$

Перевірка швидкості коливань. Швидкість коливального руху визначається:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot A \quad (3.14)$$

де: v – швидкість коливань, м/с;

π – математична константа ($\pi \approx 3,14$);

n – частота коливань, с^{-1} ;

A – амплітуда коливань, м.

Переводимо: $n = 300 / 60 = 5 \text{ с}^{-1}$

Тоді:

$$v = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 0,025 = 0,785 \text{ м/с}$$

Визначення передаточного числа

Передаточне число визначається:

$$i = n_1 / n_2 \quad (3.15)$$

де i – передаточне число приводу;

n_1 – частота обертання ведучого вала (електродвигуна), хв^{-1} ;

n_2 – частота обертання веденого вала, хв^{-1} .

Приймаємо: $n_1 = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Тоді:

$$i = 1000 / 300 = 3,33$$

Вибір зірочок

Передаточне число реалізується співвідношенням зубців:

$$i = z_2 / z_1 \quad (3.16)$$

де z_1 – число зубців ведучої зірочки;

z_2 – число зубців веденої зірочки.

Приймаємо: $z_1 = 12$, $z_2 = 40$

Швидкість ланцюга

Швидкість руху ланцюга визначається:

$$v_1 = (z_1 \cdot t \cdot n_1) / 60000 \quad (3.17)$$

де v_1 – швидкість ланцюга, м/с;

z_1 – число зубців ведучої зірочки;

t – крок ланцюга, мм;

n_1 – частота обертання ведучого вала, хв^{-1} ;

60000 – коефіцієнт переведення одиниць.

Підставляємо:

$$v_1 = (12 \cdot 19,05 \cdot 1000) / 60000 = 3,81 \text{ м/с}$$

Визначення зусилля в ланцюгу

Окружне зусилля визначається:

$$F = (1000 \cdot N) / v_1 \quad (3.18)$$

де F – зусилля в ланцюгу, Н;

N – потужність приводу, кВт;

v_1 – швидкість ланцюга, м/с;

1000 – коефіцієнт переведення кВт у Вт.

Приймаємо: $N = 0,5 \text{ кВт}$

Тоді:

$$F = (1000 \cdot 0,5) / 3,81 = 132 \text{ Н}$$

З урахуванням коефіцієнта навантаження:

$$F_{\text{в}} = F \cdot k_{\text{в}} \quad (3.19)$$

де: $F_{\text{в}}$ – розрахункове зусилля, Н;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт динамічного навантаження ($k_{\text{в}} = 1,1$).

$$F_{\text{в}} = 132 \cdot 1,1 \approx 145 \text{ Н}$$

Розрахунок показав, що для приводу пруткового сепаратора доцільно застосувати ланцюгову передачу з передаточним числом $i = 3,33$, що забезпечує частоту коливань грохота 300 хв^{-1} . Прийнятий ексцентриситет $e = 25 \text{ мм}$ забезпечує амплітуду коливань 50 мм , що відповідає умовам ефективної сепарації. Тип ланцюга: роликовий однорядний ПР-19 (ISO 08B-1) Крок: $t=19 \text{ мм}$

3.4. Розрахунок енергетичних витрат на виконання процесу збирання часнику

Енергетичні витрати при виконанні процесу збирання часнику розробленим модулем визначаються сумарними затратами енергії на переміщення модуля та роботу активних механізмів, зокрема приводу пруткового сепаратора і стебло-зрізаючого пристрою.

Загальна потужність, необхідна для роботи модуля, визначається як:

$$N_{\text{заг}} = N_{\text{пер}} + N_{\text{сеп}} + N_{\text{зр}} \quad (3.20)$$

де: $N_{\text{заг}}$ – сумарна потужність, кВт;

$N_{\text{пер}}$ – потужність на переміщення модуля, кВт;

$N_{\text{сеп}}$ – потужність приводу сепаратора, кВт;

$N_{\text{зр}}$ – потужність приводу стебло-зрізача, кВт.

Потужність на переміщення модуля

Потужність, необхідна для переміщення модуля, визначається:

$$N_{\text{пер}} = R \cdot v / 1000 \quad (3.21)$$

де: R – тяговий опір, Н;

v – швидкість руху, м/с.

Приймаємо: $R = 400 \dots 800$ Н $v = 3,5$ км/год $= 0,97$ м/с

Тоді:

$$N_{\text{пер}}(\text{min}) = (400 \cdot 0,97) / 1000 \approx 0,39 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{пер}}(\text{max}) = (800 \cdot 0,97) / 1000 \approx 0,78 \text{ кВт}$$

Отже:

$$N_{\text{пер}} = 0,4 \dots 0,8 \text{ кВт}$$

Потужність приводу сепаратора

З попереднього розрахунку: $N_{\text{сеп}} \approx 0,5$ кВт

Потужність приводу стебло-зрізача

Згідно виконаного розрахунку: $N_{\text{зр}} = 0,55$ кВт

Тоді сумарна потужність становитиме:

$$N_{\text{заг}}(\text{max}) = 0,8 + 0,5 + 0,55 = 1,85 \text{ кВт}$$

Питомі енергетичні витрати

Питомі витрати енергії визначаються:

$$E = N_{\text{заг}} / W \quad (3.22)$$

де: E – питомі енергетичні витрати, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$;

W – продуктивність, $\text{га}/\text{год}$.

Приймаємо: $W = 0,2 \text{ га}/\text{год}$

Тоді:

$$E(\text{max}) = 1,85 / 0,2 = 9,25 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$$

Розрахунок показав, що сумарна потужність, необхідна для роботи модуля збирання часнику, знаходиться в межах 1,85-2,0 кВт, що відповідає можливостям електроживлення агромота. Найбільшу частку енергетичних витрат становлять приводи активних робочих органів – сепаратора та стеблозрізача.

Питомі енергетичні витрати становлять близько 10 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$, що є прийнятним значенням для сучасних технологій збирання овочевих культур. Отримані результати підтверджують енергоефективність розробленої конструкції та доцільність застосування електроприводу в умовах мостового землеробства.

3.5. Розрахунок на міцність

Для забезпечення надійної роботи модуля необхідно перевірити міцність найбільш навантажених елементів конструкції [24]. До таких елементів відноситься ніж копача, який сприймає основне навантаження при підкопуванні ґрунту та вилученні цибулин.

Ніж розглядається як консольна балка, закріплена в рамі модуля, на яку діє зосереджене навантаження від ґрунту.

Вихідні дані

Приймаємо:

$R = 800 \text{ Н}$ – максимальний тяговий опір

$l = 0,25$ м – довжина вильоту ножа

$b = 0,06$ м – ширина ножа

$h = 0,008$ м – товщина ножа

Визначення згинального моменту

Максимальний момент у місці кріплення:

$$M = R \cdot l \quad (3.23)$$

$$M = 800 \cdot 0,25 = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору перерізу

Для прямокутного перерізу:

$$W = (b \cdot h^2) / 6 \quad (3.24)$$

$$W = (0,06 \cdot 0,008^2) / 6 = 0,00000064 \text{ м}^3$$

Визначення напруження

$$\sigma = M / W \quad (3.25)$$

$$\sigma = 200 / 0,00000064 \approx 312\,500\,000 \text{ Па}$$

$$\sigma \approx 312 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності

Для конструкційної сталі (наприклад Ст45):

$$[\sigma] = 320 \dots 350 \text{ МПа}$$

Отже умова міцності виконується:

$$\sigma = 312 \text{ МПа} < [\sigma]$$

При використанні сталі 45 напруження у ножі копача становить $\sigma = 312$ МПа, що не перевищує допустимі значення $[\sigma] = 320...350$ МПа. Коефіцієнт запасу міцності знаходиться в межах $n = 1,5...1,75$, що забезпечує надійну роботу елемента в умовах змінних навантажень.

Застосування сталі 45 дозволяє зменшити ризик пластичних деформацій і підвищити довговічність робочого органу порівняно зі сталлю Ст3. Отже, для виготовлення ножа копача доцільно використовувати сталь 45 товщиною 8 мм без додаткового підсилення конструкції.

3.6. Висновки

1. У результаті проведеного аналізу та обґрунтування розроблено конструкцію модуля для збирання часнику, адаптовану до умов мостової технології землеробства, яка забезпечує виконання основних операцій: зрізання стебел, підкопування, сепарацію, доочищення та накопичення продукції.

2. Виконані інженерні розрахунки показали, що обрані конструктивно-технологічні параметри (частота та амплітуда коливань грохота, параметри приводу, продуктивність та масова подача вороху) забезпечують ефективну роботу модуля при заданих умовах експлуатації.

3. Встановлено, що сумарні енергетичні витрати модуля знаходяться в допустимих межах, а розрахунок на міцність підтвердив надійність основних елементів конструкції при використанні сталі 45.

4. За результатами проведених розрахунків обрано основні складові модуля, параметри яких наведено в додатку Б, що забезпечує узгодженість конструкції, її працездатність та відповідність умовам експлуатації в складі агромота.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Загальні положення охорони праці при збиранні часнику

Процес збирання часнику із застосуванням мостової технології землеробства супроводжується впливом комплексу виробничих факторів, які можуть становити потенційну небезпеку для обслуговуючого персоналу [25]. До основних небезпечних і шкідливих факторів належать рухомі та обертові елементи машин і механізмів, електричне обладнання, вібраційні навантаження, підвищений рівень шуму, а також пил, що утворюється в процесі сепарації ґрунту [26, 27].

Особливістю застосування агромоста є організація технологічного процесу без безпосереднього контакту техніки з оброблюваною поверхнею поля. Такий підхід дозволяє мінімізувати ущільнення ґрунту, підвищити ефективність агротехнічних операцій і водночас зменшити ризик травмування персоналу, оскільки оператор знаходиться поза зоною прямої дії робочих органів. Проте використання активних механізмів модуля, зокрема пруткового сепаратора, дискового стебло-зрізача та ланцюгових передач, створює додаткові джерела небезпеки, які необхідно враховувати при організації безпечних умов праці.

Під час роботи модуля для збирання часнику найбільшу небезпеку становлять обертові та рухомі частини, такі як дисковий ніж, приводи сепаратора, зірочки та ланцюгові передачі. При відсутності або пошкодженні захисних огорожень вони можуть стати причиною травмування обслуговуючого персоналу. Крім того, коливальний рух грохота створює динамічні навантаження, які передаються на елементи конструкції і можуть викликати підвищену вібрацію.

Окрему увагу слід приділити електробезпеці, оскільки робота модуля забезпечується електроприводами напругою 380 В. Пошкодження ізоляції, неправильне підключення або відсутність заземлення можуть призвести до ураження електричним струмом. Тому всі електричні елементи повинні відповідати вимогам безпеки та мати належний рівень захисту від пилу та вологи.

Шум і вібрація, що виникають під час роботи грохота та приводів, також впливають на умови праці оператора. Тривалий вплив цих факторів може призвести до зниження працездатності, підвищеної втомлюваності та професійних захворювань. У зв'язку з цим необхідно застосовувати конструктивні рішення, спрямовані на зниження рівня шуму і вібрацій, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

У процесі сепарації ґрунту утворюється пил, який може негативно впливати на органи дихання. Особливо це актуально при роботі в сухих умовах. Для зменшення запиленості необхідно забезпечити оптимальні режими роботи грохота та, за можливості, застосовувати заходи пилопригнічення.

Безпечна експлуатація агромота з модулем для збирання часнику передбачає дотримання комплексу організаційних і технічних заходів. До організаційних заходів належать проведення інструктажів, навчання персоналу, допуск до роботи лише кваліфікованих працівників, а також контроль за дотриманням правил охорони праці. Технічні заходи включають використання захисних огорожень, заземлення електрообладнання, встановлення аварійних вимикачів та регулярне технічне обслуговування.

Таким чином, забезпечення безпечних умов праці при збиранні часнику із застосуванням мостової технології базується на комплексному підході, що враховує конструктивні особливості модуля, умови його експлуатації та вплив виробничих факторів. Дотримання вимог охорони праці дозволяє не

лише знизити ризик травматизму, але й підвищити ефективність роботи агрегату та надійність його функціонування.

4.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Ефективна та безпечна експлуатація модуля для збирання часнику у складі агромота потребує детального аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесі роботи. На відміну від традиційних технологій, де основну небезпеку становить рух наземної техніки, у мостовій системі домінують фактори, пов'язані з роботою активних механізмів та електроприводів [27].

Одним із найбільш значущих факторів є механічна небезпека, яка виникає внаслідок наявності відкритих або частково захищених рухомих елементів. До них відносяться ланцюгові передачі, зірочки, обертовий дисковий ніж стебло-зрізака, а також елементи приводу грохота. Особливу небезпеку становлять ділянки зачеплення ланцюга зі зірочками, де можливе затягування одягу або частин тіла. Крім того, коливальні рухи сепаратора створюють змінні динамічні навантаження, що можуть призвести до ослаблення кріплень і появи додаткових ризиків при тривалій експлуатації.

Другим важливим фактором є електрична небезпека, зумовлена використанням трифазних електроприводів напругою 380 В. В умовах польових робіт, де можливе підвищення вологості, запилення та механічні пошкодження кабелів, зростає ризик ураження електричним струмом. Небезпека посилюється при порушенні ізоляції, відсутності заземлення або неправильному підключенні обладнання. Також слід враховувати можливість виникнення коротких замикань, що можуть спричинити аварійні ситуації або пожежу.

Суттєвий вплив на умови праці має вібрація, яка виникає внаслідок роботи грохота. Коливальний характер руху сепаратора передається на раму модуля і може впливати на оператора через конструкцію агромоста. Тривалий вплив вібрацій негативно позначається на фізіологічному стані людини, знижує точність керування та сприяє підвищенню втомлюваності. Окрім цього, вібрація прискорює зношування деталей та може спричиняти розхитування з'єднань.

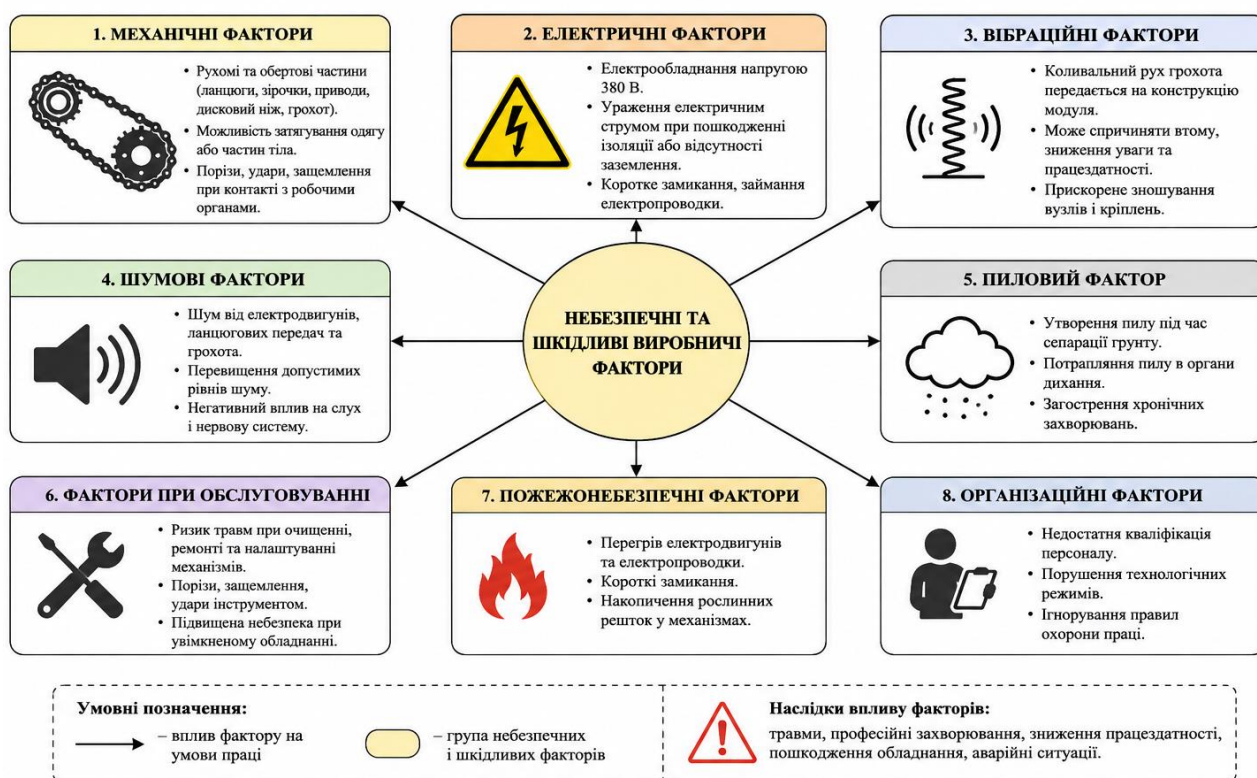


Рисунок 4.1 - Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Шумове навантаження є ще одним фактором, який необхідно враховувати. Джерелами шуму є електродвигуни, робота ланцюгових передач і коливальні рухи грохота. Рівень шуму може перевищувати допустимі норми, особливо при тривалій роботі агрегату. Це впливає на слуховий апарат оператора та загальний рівень працездатності.

У процесі збирання значну роль відіграє пиловий фактор. Під час сепарації ґрунту утворюється дрібнодисперсний пил, який піднімається в повітря та може потрапляти в дихальні шляхи. Інтенсивність пиловиділення

залежить від вологості ґрунту, швидкості роботи грохота та погодних умов. При сухому ґрунті концентрація пилу суттєво зростає, що погіршує санітарно-гігієнічні умови праці.

Додатковим фактором є можливість травмування при обслуговуванні та ремонті обладнання. Під час очищення грохота, заміни ланцюга або налаштування ножа оператор може контактувати з гострими або рухомими елементами. Небезпека підвищується у разі виконання робіт без повного відключення приводу.

Аналіз також показує, що певну роль відіграють організаційні фактори, зокрема недостатня кваліфікація персоналу, порушення технологічних режимів роботи або ігнорування правил безпеки. Навіть технічно справне обладнання може становити небезпеку при неправильній експлуатації.

Таким чином, при використанні модуля для збирання часнику у складі агромота основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами є механічні, електричні, вібраційні, шумові та пилові впливи. Їх комплексний аналіз дозволяє визначити критичні зони ризику та сформувані ефективні заходи щодо підвищення безпеки праці, що є необхідною умовою впровадження розробленої конструкції у виробництво.

4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації агромота з модулем для збирання часнику

1. Загальні положення

1.1. Інструкція встановлює вимоги безпеки праці при експлуатації агромота з модулем для збирання часнику [28].

1.2. До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які:

пройшли медичний огляд;

пройшли вступний та первинний інструктаж з охорони праці;

ознайомлені з будовою агрегату та правилами його експлуатації.

1.3. Оператор зобов'язаний дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку, використовувати засоби індивідуального захисту та виконувати вимоги цієї інструкції.

1.4. Під час роботи можливий вплив небезпечних факторів:

рухомі та обертові частини механізмів;

електричний струм (напруга 380 В);

вібрація та шум;

пил та рослинні рештки.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перед початком роботи оператор повинен:

оглянути технічний стан агрегата і модуля;

перевірити наявність і справність захисних кожухів;

переконатися у справності електропроводки та заземлення;

перевірити кріплення ножа копача, дискового стебло-зрізача та елементів грохота;

переконатися у відсутності сторонніх предметів у зоні роботи механізмів.

2.2. Забороняється починати роботу при:

відсутності захисних огорожень;

пошкодженні електропроводки;

сторонніх шумах або вібраціях;

несправності гальмівних або аварійних систем.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Під час роботи оператор повинен:

контролювати роботу всіх механізмів;

дотримуватись встановленої швидкості руху (2,5–4,5 км/год);

слідкувати за рівномірністю подачі вороху на сепаратор;
перебувати на безпечній відстані від рухомих частин.

3.2. Забороняється:

торкатись обертових частин під час роботи;
проводити ремонт або очищення механізмів при ввімкненому приводі;
перевантажувати модуль понад допустимі параметри;
працювати при знятих захисних кожухах.

3.3. У разі виникнення несправностей необхідно:

негайно зупинити агрегат;
вимкнути електроживлення;
повідомити відповідальну особу.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Після завершення роботи необхідно:

зупинити агрегат і вимкнути електроживлення;
очистити модуль від ґрунту та рослинних решток;
перевірити стан основних вузлів;
провести технічне обслуговування при необхідності.

4.2. Забороняється залишати агрегат без нагляду у ввімкненому стані.

5. Вимоги електробезпеки

5.1. Усі електроприводи повинні бути заземлені.

5.2. Забороняється:

працювати з пошкодженою ізоляцією;
виконувати ремонт під напругою;
експлуатувати обладнання у вологому стані без захисту.

5.3. У разі ураження електричним струмом необхідно:

негайно відключити живлення;

надати першу допомогу;
викликати медичну службу.

6. Пожежна безпека

- 6.1. Для запобігання пожежі необхідно:
- регулярно очищати модуль від рослинних залишків;
 - контролювати температуру електродвигунів;
 - не допускати коротких замикань.
- 6.2. На робочому місці повинен бути вогнегасник.

7. Вимоги охорони навколишнього середовища

- 7.1. При експлуатації модуля необхідно:
- не допускати забруднення ґрунту мастильними матеріалами;
 - контролювати рівень пилу та шуму;
 - здійснювати своєчасне прибирання рослинних решток.

7.2. Використання агромота сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та підвищенню екологічної ефективності виробництва.

Дотримання вимог даної інструкції забезпечує безпечну експлуатацію агромота з модулем для збирання часнику, знижує ризик травматизму та негативного впливу на навколишнє середовище.

4.4. Захист навколишнього середовища

Застосування мостової технології землеробства при вирощуванні та збиранні часнику має суттєві переваги з точки зору екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів. На відміну від традиційних технологій, де польові роботи виконуються колісною або гусеничною технікою, агроміст забезпечує переміщення робочих органів без

безпосереднього контакту ходової частини з ґрунтом. Це дозволяє мінімізувати негативний антропогенний вплив на агроєкосистему.

Однією з ключових екологічних переваг є відсутність ущільнення ґрунту колесами техніки. У традиційних умовах багаторазове проходження тракторів призводить до деградації структури ґрунту, зменшення пористості, порушення водно-повітряного режиму та зниження біологічної активності. Використання агромоста виключає ці явища, що сприяє збереженню природної структури ґрунту, покращенню його водопроникності та накопиченню вологи. У довгостроковій перспективі це позитивно впливає на родючість і стабільність урожайності.

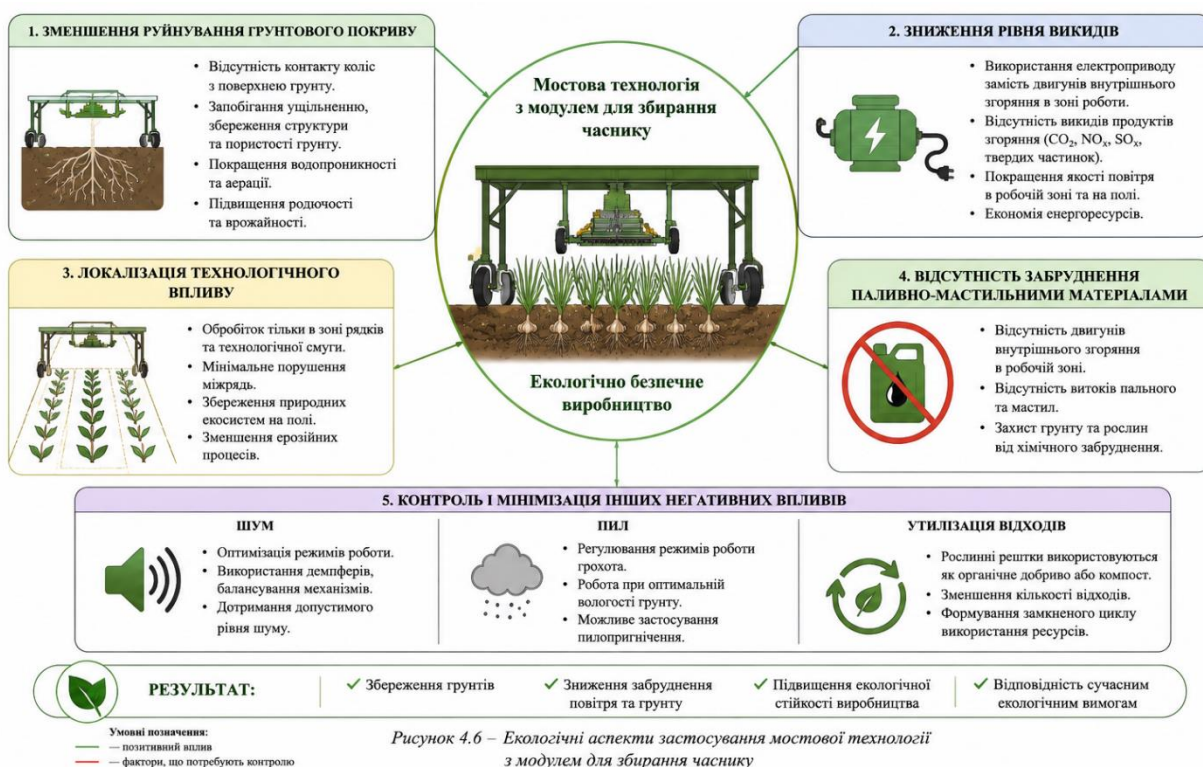


Рисунок 4.6 – Екологічні аспекти застосування мостової технології з модулем для збирання часнику

Рисунок 4.2 – Екологічні аспекти впровадження мостової технології

Важливим аспектом є також зниження рівня викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Застосування електроприводів у конструкції модуля дозволяє відмовитися від використання двигунів внутрішнього згоряння безпосередньо в зоні виконання технологічних операцій. Це зменшує викиди оксидів азоту, вуглецю та інших продуктів

згоряння, що є характерними для дизельної техніки. Таким чином, покращуються санітарно-гігієнічні умови праці та зменшується загальний рівень забруднення атмосфери.

Ще однією перевагою є локалізація технологічного впливу лише в зоні обробітку. Робочі органи модуля взаємодіють з ґрунтом тільки в межах рядків або вузької технологічної смуги, що знижує загальну площу порушення ґрунтового покриву. Це особливо важливо при вирощуванні овочевих культур, де необхідно зберігати структуру міжрядь та запобігати ерозійним процесам.

Застосування агромота також дозволяє уникнути забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами, яке часто виникає при використанні традиційної техніки. Відсутність двигунів внутрішнього згоряння в зоні обробітку зменшує ризик витоків пального та мастил, що позитивно впливає на екологічний стан ґрунтів і запобігає накопиченню токсичних речовин у сільськогосподарській продукції.

Разом з тим, при експлуатації модуля для збирання часнику необхідно враховувати фактори, які можуть мати негативний вплив на довкілля. До них належать шумове та пилове забруднення. Робота грохота і приводів супроводжується утворенням шуму, який може впливати на навколишнє середовище та персонал. Тому доцільно застосовувати конструктивні заходи для зниження шуму, зокрема використання гумових демпферів, балансування рухомих елементів та оптимізацію режимів роботи.

Пил утворюється під час процесу сепарації ґрунту, особливо при роботі в сухих умовах. Для зменшення його кількості необхідно регулювати частоту та амплітуду коливань грохота, а також за можливості проводити роботи при оптимальній вологості ґрунту. У перспективі можливе застосування систем локального пилопригнічення.

Окремої уваги потребує питання утилізації відходів після збирання. Рослинні рештки (стебла, листя) можуть використовуватись як органічне добриво або компост, що сприяє замкненому циклу використання ресурсів у сільському господарстві. Це дозволяє зменшити кількість відходів і підвищити екологічну ефективність виробництва.

Таким чином, застосування мостової технології у поєднанні з розробленим модулем для збирання часнику забезпечує зниження негативного впливу на навколишнє середовище, сприяє збереженню родючості ґрунтів та підвищує екологічну стійкість агровиробництва. Одночасно впровадження комплексу технічних і організаційних заходів дозволяє мінімізувати залишкові негативні фактори та забезпечити відповідність сучасним екологічним вимогам.

4.5. Висновки

1. Проведений аналіз показав, що при експлуатації агромоста з модулем для збирання часнику основними небезпечними факторами є механічні, електричні, вібраційні, шумові та пилові впливи, які можуть негативно впливати на умови праці персоналу.
2. Запропоновані технічні та організаційні заходи (захисні огороження, заземлення, використання електроприводів, дотримання режимів роботи та застосування засобів індивідуального захисту) забезпечують безпечну експлуатацію модуля та знижують ризик травматизму.
3. Встановлено, що застосування мостової технології сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок відсутності ущільнення ґрунту, зниження викидів та локалізації технологічного впливу.
4. Використання розробленого модуля дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки виробництва та забезпечити відповідність сучасним вимогам охорони праці та захисту довкілля.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Ефективність впровадження розробленого модуля для збирання часнику у складі агромота визначається не лише технічними показниками, але й економічною доцільністю його використання. Техніко-економічне обґрунтування спрямоване на оцінку витрат, пов'язаних із виготовленням та експлуатацією модуля, а також визначення очікуваного економічного ефекту від його застосування [29].

Використання мостової технології дозволяє зменшити витрати на виконання технологічних операцій за рахунок зниження потреби у традиційній сільськогосподарській техніці, скорочення витрат пального та зменшення трудомісткості процесу збирання. Запропонований модуль забезпечує виконання комплексу операцій (зрізання стебел, підкопування, сепарація, доочищення та накопичення продукції), що дає змогу мінімізувати ручну працю та підвищити продуктивність.

До основних витрат, пов'язаних із впровадженням модуля, належать витрати на його виготовлення або придбання, монтаж, обслуговування та електроенергію для живлення приводів. Орієнтовна вартість виготовлення модуля включає витрати на матеріали (метал, комплектуючі, електродвигуни, приводи), оплату праці та накладні витрати. При цьому використання стандартних вузлів (електродвигуни серії АІР, підшипники, ланцюгові передачі) дозволяє знизити собівартість конструкції.

Експлуатаційні витрати формуються за рахунок споживання електроенергії, технічного обслуговування та амортизації обладнання. Враховуючи, що сумарна потужність електроприводів модуля становить близько 2,0–3,2 кВт, витрати електроенергії є відносно невисокими у порівнянні з використанням тракторної техніки. Крім того, відсутність двигунів внутрішнього згоряння знижує витрати на паливо та мастильні матеріали.

Економічний ефект від застосування модуля досягається за рахунок зменшення трудових витрат, підвищення продуктивності та зниження втрат продукції під час збирання. Використання механізованого процесу дозволяє скоротити кількість обслуговуючого персоналу та зменшити час виконання робіт. Це особливо важливо в умовах сезонності, коли необхідно швидко зібрати врожай з мінімальними втратами.

Додатковим фактором економічної ефективності є підвищення якості продукції. Завдяки делікатній роботі сепаратора та використанню стебло-зрізаючого пристрою зменшується кількість пошкоджених цибулин, що позитивно впливає на товарний вигляд продукції та її ринкову вартість.

Також слід враховувати довгостроковий ефект від застосування мостової технології, який полягає у збереженні родючості ґрунту. Відсутність ущільнення сприяє підвищенню врожайності, що в перспективі забезпечує додатковий економічний ефект без збільшення витрат на виробництво.

Таким чином, впровадження розробленого модуля для збирання часнику у складі агромота є економічно доцільним. Поєднання зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності та покращення якості продукції забезпечує позитивний економічний результат та швидку окупність інвестицій.

5.1 Розрахунок витрат на виготовлення модуля

Визначення вартості виготовлення модуля для збирання часнику є необхідним етапом техніко-економічного обґрунтування, оскільки дозволяє оцінити обсяг початкових інвестицій та визначити доцільність впровадження розробленої конструкції у виробництво.

Загальна вартість виготовлення модуля формується із витрат на матеріали, комплектуючі елементи, оплату праці, а також накладні витрати.

Основну частину вартості складають металоконструкції рами, робочі органи, електроприводи та передавальні механізми.

До складу матеріальних витрат входять: листова та профільна сталь для виготовлення рами та робочих органів; електродвигуни, ланцюгові передачі, зірочки, підшипникові вузли, транспортерні елементи, кріпильні деталі.

Орієнтовна вартість основних складових визначається на основі ринкових цін і може бути представлена у вигляді таблиці.

Таблиця 5.1 – Витрати на виготовлення модуля

№	Найменування	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1	Металоконструкції	80 кг	100	8000
2	Електродвигуни	2	6000	12000
3	Ланцюг ПР-12,7	2 м	300	600
4	Зірочки	6	700	4200
5	Підшипники	4	500	2000
6	Транспортер	1	6000	6000
7	Бункер	1	3000	3000
8	Інші витрати	—	—	3000

Разом $C = 38800$ грн

Урахування додаткових витрат

Приймаємо:

- Зарплата: 20%
- Накладні: 15%

$$K = C + 0,2C + 0,15C = 1,35C \quad (5.1)$$

де: C – прямі витрати, грн;

$$K = 1,35 \cdot 38\,800 = 52\,380 \text{ грн}$$

Отримані результати показують, що виготовлення модуля не потребує значних капітальних витрат, оскільки конструкція базується на використанні стандартних вузлів і доступних матеріалів. Це підвищує економічну привабливість розробки та створює передумови для її впровадження у господарствах різного масштабу.

5.2. Розрахунок експлуатаційних та інших витрат

Питомі витрати електроенергії визначаються як відношення сумарної потужності модуля до його продуктивності [29, 30]:

$$E_e = N_{\text{заг}} / W \quad (5.2)$$

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

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

W – продуктивність агрегату, га/год.

Приймаємо: $N_{\text{заг}} = 2,5$ кВт, $W = 0,2$ га/год

Підставляємо:

$$E_e = 2,5 / 0,2 = 12,5 \text{ кВт·год/га}$$

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

Визначення вартості електроенергії

Вартість електроенергії визначається за формулою:

$$C_e = E_e \cdot c_e \quad (5.3)$$

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

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

Приймаємо: $c_e = 12$ грн/кВт·год

Тоді:

$$C_e = 12,5 \cdot 6 = 75 \text{ грн/га}$$

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:

$$C_d = q_d \cdot c_d \quad (5.4)$$

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

q_d – витрата пального, л/га;

c_d – ціна дизельного пального, грн/л.

Приймаємо: $q_d = 8$ л/га, $c_d = 50$ грн/л

Підставляємо:

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

Порівняння витрат

Для визначення економічного ефекту розраховуємо різницю витрат:

$$\Delta C = C_d - C_e \quad (5.5)$$

де: ΔC – 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

$$A = \frac{K}{T \cdot S} \quad (5.6)$$

де: A – амортизаційні відрахування, грн/га;

K – вартість обладнання, грн;

T – термін служби, років;

S – річний обсяг робіт, га.

Витрати на ремонт і обслуговування

$$R = \frac{K \cdot r}{S} \quad (5.7)$$

де: R – витрати на ремонт, грн/га;

r – коефіцієнт витрат (частка від вартості).

Витрати на оплату праці

$$Z = \frac{Z_{\text{день}}}{W_{\text{день}}} \quad (5.8)$$

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

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

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

Загальні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{заг}} = C_e + A + R + Z \quad (5.9)$$

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:

$$\Delta Y = Y \cdot p / 100 \quad (5.10)$$

де: ΔY – 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:

$$D = \Delta Y \cdot P \quad (5.11)$$

де: D – додатковий дохід, грн/га;

P – ціна продукції, грн/т.

Загальний економічний ефект:

$$E_{\text{га}} = \Delta C + D \quad (5.12)$$

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

Річний економічний ефект:

$$E_{\text{річ}} = E_{\text{га}} \cdot S \quad (5.13)$$

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

S – площа, га.

Строк окупності:

$$T = \frac{K}{E_{\text{річ}}} \quad (5.14)$$

де T – строк окупності, років.

Результати розрахунку зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Підсумкова техніко-економічна оцінка технологій

№	Показник	Один.	Мостова технологія	Тракторна технологія	Порівняння, %
1	Продуктивність	га/год	0,2	0,2	0%
2	Операція	-	Збирання часнику	Збирання часнику	-
3	Площа використання	га	20	20	0%
4	Вартість обладнання	грн	52 380	80 000	+53%
5	Енерговитрати	кВт·год/га (л/га)	12,5	(8)	-
6	Вартість енергії	грн/га	75	400	+433%
7	Амортизація	грн/га	524	400	-24%
8	Ремонт і обслуговування	грн/га	131	400	+205%
9	Заробітна плата	грн/га	438	438	0%
10	Загальні витрати	грн/га	1168	1638	+40%
11	Економія витрат	грн/га	470	—	—
12	Урожайність	т/га	8,24	8,0	+3%
13	Додатковий дохід	грн/га	4800	—	—
14	Загальний ефект на одному гектарі	грн/га	5270	—	—
15	Загальний річний ефект	грн	105 400		
16	Строк окупності	років	0,50	—	—

5.4. Висновки

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що використання мостової технології з розробленим модулем для збирання часнику забезпечує зниження експлуатаційних витрат у порівнянні з традиційною технологією. Загальні витрати становлять 1168 грн/га проти 1638 грн/га, що забезпечує економію 470 грн/га.

Встановлено, що основний економічний ефект формується не лише за рахунок зменшення енерговитрат і витрат на обслуговування, але й завдяки підвищенню врожайності культури. При прирості урожайності на рівні 3% додатковий дохід становить близько 4800 грн/га.

Узагальнений економічний ефект досягає понад 5000 грн/га, що при площі використання 20 га забезпечує річний економічний ефект понад 100 тис. грн.

Розрахунок строку окупності показав, що вкладені кошти у розроблений модуль повертаються приблизно за 0,5 року, що свідчить про високу економічну доцільність і ефективність впровадження запропонованого технічного рішення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дана робота присвячена підвищенню ефективності процесу збирання часнику шляхом розробки конструкції спеціалізованого модуля, адаптованого до умов мостової технології землеробства. Поставленою метою було обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів модуля та визначення його техніко-економічної ефективності. Для досягнення поставленої мети вирішено комплекс взаємопов'язаних завдань, результати яких узагальнено у наступних висновках.

1. Виконано аналіз господарської діяльності ТОВ «Колос», який показав, що підприємство має достатній виробничий потенціал та стабільну структуру рослинництва з тенденцією до розширення площ під високорентабельні культури, зокрема часник. Встановлено, що при площі вирощування часнику до 22 га існує потреба у вдосконаленні механізації процесу збирання, оскільки традиційна техніка призводить до підвищених енерговитрат та ущільнення ґрунту.

2. Проведено аналіз біологічних особливостей часнику та існуючих технічних засобів для його збирання. Встановлено, що при глибині залягання цибулин 5–10 см і зусиллі викопування 80–200 Н культура є чутливою до механічних пошкоджень. Сучасні машини забезпечують продуктивність до 1,2 га/год і ступінь очищення до 90–95 %, однак характеризуються значною масою, високими енерговитратами та недостатньою адаптацією до умов мостової технології.

3. Розроблено конструкцію модуля для збирання часнику та виконано інженерні розрахунки. Встановлено, що при робочій ширині 0,6 м і швидкості 3,5 км/год продуктивність становить близько 0,2 га/год. Сумарна потужність приводу модуля досягає 1,85–2,0 кВт, а питомі енергетичні витрати – близько 9–12,5 кВт·год/га. Проведені розрахунки підтвердили працездатність конструкції та достатню міцність основних елементів.

4. Проаналізовано умови праці та вплив технології на навколишнє середовище. Встановлено, що основними небезпечними факторами є механічні, електричні, шумові та вібраційні впливи. Запропоновані заходи дозволяють забезпечити безпечну експлуатацію. Доведено, що застосування агромоста виключає ущільнення ґрунту, знижує викиди та покращує екологічний стан агроєкосистеми.

5. Виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Встановлено, що загальні експлуатаційні витрати становлять 1168 грн/га проти 1638 грн/га для традиційної технології, що забезпечує економію 470 грн/га. При прирості врожайності на 3 % (з 8 до 8,24 т/га) додатковий дохід становить близько 4800 грн/га, а загальний економічний ефект – 5270 грн/га. При площі 20 га річний ефект досягає 105 400 грн, а строк окупності становить близько 0,5 року.

Отже, поставлена мета досягнута, а розроблений модуль для збирання часнику є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та доцільним для впровадження у виробництво в умовах мостової технології землеробства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар С. О. Овочівництво : підручник. Київ: Урожай, 2018. – 384 с.
2. Барабаш О. Ю., Левченко В. М. Технології вирощування овочевих культур. – Київ : Вища школа, 2017. – 312 с.
3. Кравченко В. А. Механізація виробництва овочів. – Харків : ХНТУСГ, 2019. – 256 с.
4. Погорілий Л. В., Герасименко В. О. Сільськогосподарські машини : підручник. – Київ : Либідь, 2016. – 528 с.
5. Сисолін П. В. Механізація в рослинництві.–Київ:Урожай, 2015.–400
6. Лихочвор В. В. Рослинництво. – Львів : НВФ «Українські технології», 2016. – 800 с.
7. ДСТУ 4691:2006. Машини сільськогосподарські. Методи визначення показників якості роботи. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
8. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. – Київ : Держстандарт України, 1994.
9. Підлісний В. В. Агрофізика ґрунтів. – Київ : Аграрна освіта, 2014. – 280 с.
10. Медведєв В. В. Щільність ґрунту та її регулювання. – Харків : КП «Міськдрук», 2013. – 312 с.
11. Bulgakov V., Adamchuk V., Ivanovs S. Research of agricultural machines interaction with soil. – Engineering for Rural Development. – 2020. – P. 120–128.
12. FAO. Mechanization for Sustainable Agriculture. – Rome : FAO, 2019. – 120 p.
13. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. – Iowa : Wiley, 2016. – 368 p.
14. Kepner R., Bainer R., Barger E. Principles of Farm Machinery. – Westport : AVI Publishing, 2017. – 527 p.
15. Srivastava A. et al. Engineering Principles of Agricultural Machines. – ASABE, 2013. – 600 p.

16. IMAC Srl. Garlic harvesting machines : technical data. – Italy, 2020.
17. Патент України №16693. Копач вібраційний для коренеплодів. – Оpubл. 2006.
18. ASA-LIFT A/S. Vegetable harvesting machines : technical documentation. – Denmark, 2022.
19. Dewulf Group. Root crop harvesting solutions : catalogue. – Belgium, 2021.
20. Булгаков В. М., Кравчук В. І., Березовий М. Г. Механізація технологічних процесів у рослинництві. – Київ: НАУ, 2008. – 496 с.
21. Кравчук В. І. Сільськогосподарські машини. – Київ: Урожай, 2004. – 448 с.
22. Ковбаса В. П., Барановський В. М., Пастухов В. І. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. – Київ: Аграрна освіта, 2010. – 336 с.
23. Погорілий Л. В., Барановський В. М. Інженерно-технічне забезпечення агропромислового виробництва. – Київ: Агр. наука, 2012. – 512 с.
24. Деталі машин : підручник / [А. В. Міняйло, Л. М. Тіщенко, Д. І. Мазоренко, В. І. Дирда та ін.]. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.
25. Закон України Про охорону праці. – Відомості Верховної Ради України, 1992 (зі змінами).
26. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. – Львів: Афіша, 2006. – 336 с.
27. ДСТУ 12.0.003-2015 Система стандартів безпеки праці. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація.–Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 12 с.
28. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. – Київ: Держгірпромнагляд України, 2010. – 120 с.
29. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві нової техніки і технологій. – Київ: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 52 с.
30. Саблук П. Т. Економіка аграрного виробництва. – Київ: ННЦ ІАЕ, 2011. – 480 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

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

№	Параметр	Позначення	Одиниця виміру	Значення	Примітка
1	Робоча ширина захвату модуля	B	м	0,6	Відповідає міжряддю
2	Ширина прольоту агромота	L	м	12–18	За конструкцією агромота
3	Швидкість руху агромота	v	км/год	1,5–2,5	Робочий режим
4	Глибина підкопування	h	см	10–15	Для повного підрізання
5	Зусилля викопування	F	Н	80–200	Для однієї рослини
6	Продуктивність модуля	W	га/год	0,10–0,20	При ширині 1 м
7	Крок прутків сепаратора	t	мм	25–30	Під розмір цибулин
8	Амплітуда коливань грохота	A	мм	15–25	Для ефективної сепарації
9	Частота коливань грохота	n	хв ⁻¹	250–350	Робочий режим
10	Швидкість руху транспортера	v _t	м/с	0,5–1,0	Узгоджена з потоком

11	Об'єм бункера	V	л	≤ 50	За умовою компактності
12	Маса цибулини (середня)	m	кг	0,03–0,06	Залежить від сорту
13	ККД сепарації	η	%	80–90	Ступінь очищення
14	Напруга живлення електроприводу	U	В	24–48	Від агромота
15	Потужність приводу сепаратора	N_1	кВт	0,5–1,5	Орієнтовно
16	Потужність приводу стеблоріза	N_2	кВт	0,3–0,8	Для дискового ножа
17	Довжина модуля	l	м	$\leq 1,2$	Обмеження конструкції
18	Маса модуля	M	кг	80–150	Для агромота

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Підбір основних складових модуля для збирання часнику

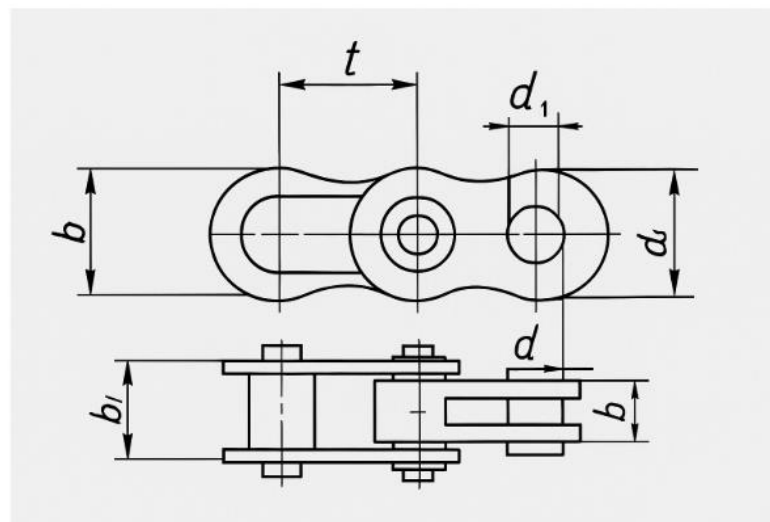
№	Найменування елемента	Марка / тип	Основні параметри	Примітка
1	Електродвигун приводу сепаратора	AIP 80A6	$N = 0,55 \text{ кВт}$; $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$; $U = 380 \text{ В}$	Асинхронний, трифазний
2	Електродвигун стебло-зрізача	AIP 80B4	$N = 0,55 \text{ кВт}$; $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$; $U = 380 \text{ В}$	Для дискового ножа
3	Ланцюг приводу сепаратора	ПР-19,05 (ISO 08B-1)	$t = 19,05 \text{ мм}$; $v = 3,8 \text{ м/с}$	Однорядний роликовий
4	Ведуча зірочка	$z_1 = 12$	$d \approx 50 \text{ мм}$	Для передаточного числа
5	Ведена зірочка	$z_2 = 40$	$d \approx 166 \text{ мм}$	$i = 3,333$
6	Вал грохота	Сталь 45	$d = 25\text{--}30 \text{ мм}$	З урахуванням навантаження
7	Ексцентрик грохота	Сталь 45	$e = 25 \text{ мм}$	Для $A = 50 \text{ мм}$
8	Прутковий сепаратор (грохот)	Власна конструкція	$A = 15\text{--}25 \text{ мм}$; $n = 250\text{--}350 \text{ хв}^{-1}$	Коливальний тип
9	Дисковий ніж стебло-зрізача	Сталь 45	$d = 300 \text{ мм}$; $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$	Загартована кромка
10	Підкопувальний ніж	Сталь 45	$h = 8\text{--}10 \text{ мм}$; $b = 60 \text{ мм}$	Клиноподібний
11	Транспортер	Стрічковий	$v = 0,5\text{--}1,0 \text{ м/с}$	Для доочищення
12	Бункер	Металевий	$V \leq 80 \text{ л}$	Накопичення продукції
13	Опорні колеса	Металеві	$d = 250\text{--}300 \text{ мм}$	Регулювання глибини
14	Підшипники валів	205, 206	$d = 25\text{--}30 \text{ мм}$	Стандартні
15	Кріпильні елементи	Болти М8–М12	Клас міцності 8.8	Для вузлів

Додаток В

Характеристика ланцюгового привода сепаратора

№	Параметр	Позначення	Значення
1	Крок ланцюга	t	19,05 мм
2	Діаметр ролика	d_1	11,91 мм
3	Ширина внутрішньої пластини	b_1	12,70 мм
4	Діаметр пальця	d	5,94 мм
5	Загальна ширина по валику	b	$\approx 22,8$ мм
6	Тип ланцюга	—	роликівий, однорядний (тип 12В-1)
7	Нормативний документ	—	ДСТУ ISO 606:2006

Загальний вигляд ланцюга



[illegible]

Демонстраційний матеріал

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

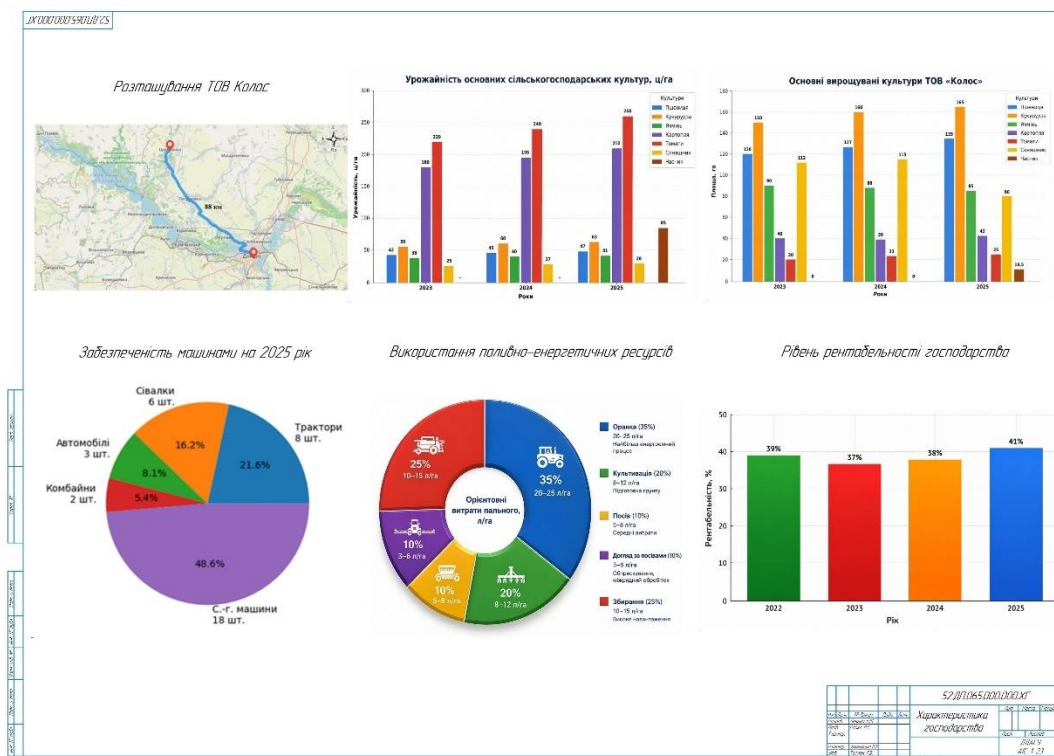
Демонстраційний матеріал
до дипломного проекту на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ШЛЯХОМ РОЗРОБКИ КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЯ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЧАСНИКУ

Виконав: Ленько Богдан Миколайович

Керівник: доц. Бойко Владислав Борисович

Дніпро 2026



THE UNIVERSITY OF
1

[illegible]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дана робота присвячена підвищенню ефективності процесу збирання часнику шляхом розробки конструкції спеціалізованого модуля, адаптованого до умов мостової технології землеробства. Поставленою метою було обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів модуля та визначення його техніко-економічної ефективності. Для досягнення поставленої мети вирішено комплекс взаємопов'язаних завдань, результати яких узагальнено у наступних висновках.

Виконано аналіз господарської діяльності ТОВ «Колос», який показав, що підприємство має достатній виробничий потенціал та стабільну структуру рослинництва з тенденцією до розширення площ під високорентабельні культури, зокрема часник. Встановлено, що при площі вирощування часнику до 22 га існує потреба у вдосконаленні механізації процесу збирання, оскільки традиційна техніка призводить до підвищених енерговитрат та ущільнення ґрунту.

Проведено аналіз біологічних особливостей часнику та існуючих технічних засобів для його збирання. Встановлено, що при глибині залягання цибулин 5–10 см і зусиллі викопування 80–200 Н культура є чутливою до механічних пошкоджень. Сучасні машини забезпечують продуктивність до 1,2 га/год і ступінь очищення до 90–95 %, однак характеризуються значною масою, високими енерговитратами та недостатньою адаптацією до умов мостової технології.

Розроблено конструкцію модуля для збирання часнику та виконано інженерні розрахунки. Встановлено, що при робочій ширині 0,6 м і швидкості 3,5 км/год продуктивність становить близько 0,2 га/год. Сумарна потужність приводу модуля досягає 1,85–2,0 кВт, а питомі енергетичні витрати – близько 9–12,5 кВт·год/га. Проведені розрахунки підтвердили працездатність конструкції та достатню міцність основних елементів.

Проаналізовано умови праці та вплив технології на навколишнє середовище. Встановлено, що основними небезпечними факторами є механічні, електричні, шумові та вібраційні впливи. Запропоновані заходи дозволяють забезпечити безпечну експлуатацію. Доведено, що застосування агромоста виключає ущільнення ґрунту, знижує викиди та покращує екологічний стан агроєкосистеми.

Виконано техніко-економічне обґрунтування проекту. Встановлено, що загальні експлуатаційні витрати становлять 1168 грн/га проти 1638 грн/га для традиційної технології, що забезпечує економію 470 грн/га. При прирості врожайності на 3 % (з 8 до 8,24 т/га) додатковий дохід становить близько 4800 грн/га, а загальний економічний ефект – 5270 грн/га. При площі 20 га річний ефект досягає 105 400 грн, а строк окупності становить близько 0,5 року.

Отже, поставлена мета досягнута, а розроблений модуль для збирання часнику є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та доцільним для впровадження у виробництво в умовах мостової технології землеробства.