

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Удосконалення конструкції сівалки цибулі-сіянки та часнику з
обґрунтуванням параметрів висівного апарату»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-23М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
_____Чиричанський Віталій
Олександрович
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук
_____Кирил ЩЕРБИНА
« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет *агротехнічний*

Кафедра *сільськогосподарського машинобудування*

Рівень вищої освіти *другий (магістерський)*

Галузь знань *13 «Механічна інженерія»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*

Освітньо-наукова програма *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ___ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чиричанський Віталій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____

«Удосконалення конструкції сівалки цибулі-сіянки та часнику з обґрунтуванням параметрів висівного апарату»

2. Керівник кваліфікаційної роботи _____

, канд. техн. наук, доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи _____

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1.	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 30.01.2025 р.	
2.	Техніко-економічне обґрунтування проблеми вдосконалення запропонованої машини	до 28.02.2025 р.	
3.	Отримання завдання у консультантів розділів роботи	до 10.02.2025 р.	
4.	Підготовка та подання керівнику роботи: - теоретичних досліджень - наукової та інженерної частин - охорони праці - вступу та висновків	до 01.04.2025 р. до 01.04.2025 р. до 10.04.2025 р. до 10.04.2025 р.	
5.	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 01.05.2025 р.	
6.	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 5.05.2025 р.	
7.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.05.2025 р.	
8.	Проходження нормо-контролю Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту	
9.	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 10 днів до захисту	
10.	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 3 дні до захисту	
11.	Рецензування кваліфікаційної роботи. Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 3 днів до захисту	
12.	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту	
13.	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис керівника _____

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

Віталій ЧИРИЧАНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
A4			MP 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	50	
				<u>Документація по науковій частині</u>		
A1			СЦС 00.001 НЧ	Огляд конструкцій сівалок для сівби	1	
				цибулі-сіянки та часнику		
A1			СЦС 00.002 НЧ	Теоретичне обґрунтування	1	
				параметрів вилок висівного апарата		
				<u>Документація по інженерній частині</u>		
				Заново розроблена		
A1			СЦС 00.010 СБ	Апарат висівний	1	
A1			СЦС 00.020 СБ	Секція	1	
A3			СЦС 00.010.010 СБ	Ланцюг	1	
A2			СЦС 00.000 СЗ	Схема кінематична	1	
A2			СЦС 00.020.010 СБ	Полоз	1	
				<u>Документація по деталях</u>		
				Заново розроблена		
A3			СЦС 00.601	Вал	1	
A3			СЦС 00.002	Вилка	1	
A3			СЦС 00.703	Поводок	1	

					MP 00.000 ВП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Чиричанський								1	1
Перевір.										
Н. контр.										
Затверд.										
					ЦНТУ, гр. ГМ-23М-1					

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	4
2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	6
2.1. Сучасний стан питання про машину, яка модернізується	6
2.2. Технологічний розрахунок висівного апарата	14
2.3. Силовий аналіз механізмів сівалки	18
2.4. Висновки. Постановка мети і задач досліджень	21
3. НАУКОВА ЧАСТИНА	22
3.1. Теоретичне обґрунтування параметрів вилок-захватів висівного апарата	22
3.2. Теоретичне обґрунтування параметрів опорної лижі	32
3.3. Висновки по розділу	36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації сівалки для сівби цибулі-сіянки та часнику	37
4.2. Заходи по створенню нормальних та нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці під час виконання робіт на сівалці для сівби цибулі-сіянки та часнику	38
4.3. Попереджувальні знаки з охорони праці, які необхідно передбачити на вдосконаленій сівалці	39
4.4. Інструкція з охорони праці під час роботи на посівному агрегаті	40
4.5. Висновки по розділу	41
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	42
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	47
ДОДАТКИ	50

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1. ВСТУП

Сучасне сільське господарство вимагає ефективних, високопродуктивних і економічно доцільних технологій вирощування овочевих культур, зокрема цибулі-сіянки та часнику. Одним із ключових етапів їх вирощування є висів, який значною мірою визначає майбутню врожайність та якість продукції. Для цього необхідні спеціалізовані сівалки, що забезпечують точне дозування та рівномірне розподілення насіння або посадкового матеріалу в ґрунті.

На сьогодні на ринку представлені різні конструкції сівалок, однак багато з них мають недоліки, такі як недостатня точність висіву, низька продуктивність або складність в обслуговуванні. Вдосконалення конструкції сівалки, а також обґрунтування оптимальних параметрів висівного апарату є актуальним завданням, що сприятиме підвищенню ефективності технологічного процесу.

Проблема механізованого висіву цибулі-сіянки та часнику залишається актуальною через високу вимогливість цих культур до рівномірного розподілу посадкового матеріалу в рядку, а також через необхідність дотримання оптимальних агротехнічних умов. Недотримання цих параметрів може призвести до зниження врожайності, нерівномірного дозрівання або втрат урожаю. Саме тому дослідження та розробка удосконалених механізмів висіву є важливим напрямком у сучасному аграрному машинобудуванні.

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є розробка та вдосконалення конструкції сівалки для висіву цибулі-сіянки та часнику шляхом обґрунтування її основних параметрів і підвищення точності висівного апарату. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз існуючих конструкцій сівалок для цибулі-сіянки та часнику;
- визначення основних недоліків і напрямків їх усунення;
- розробка вдосконаленої конструкції висівного апарату;

					MP 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чиричанський				Удосконалення конструкції сівалки цибулі-сіянки та часнику з обґрунтуванням параметрів висівного апарату	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							4	50
Н. контр.						ЦНТУ, гр. ГМ-23М-1		
Затв.								

- теоретичне обґрунтування параметрів висівного механізму;
- експериментальне дослідження ефективності запропонованих рішень;
- розробка рекомендацій щодо впровадження удосконалених сівалок у виробничі умови.

Об'єктом дослідження є процес висіву цибулі-сіянки та часнику, а предметом дослідження – конструкція сівалки та її висівний апарат. Робота ґрунтується на методах теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі сучасних технологій, а також комп'ютерному моделюванні.

Важливим аспектом дослідження є проведення натурних експериментів з використанням прототипу вдосконаленого висівного апарату. Це дозволить отримати практичні результати, які можуть бути використані при розробці нових моделей сівалок.

Результати даної роботи можуть бути корисними для фермерських господарств, підприємств аграрного сектору та конструкторських бюро, що займаються розробкою сучасної сільськогосподарської техніки. Впровадження вдосконаленої сівалки дозволить підвищити точність і рівномірність висіву, що сприятиме збільшенню врожайності та економічної ефективності виробництва цибулі-сіянки та часнику. Крім того, запропоновані конструктивні рішення можуть сприяти зниженню витрат на насіннєвий матеріал та зменшенню впливу людського фактора на якість виконання технологічного процесу.

Таким чином, дана магістерська кваліфікаційна робота спрямована на вирішення важливої науково-практичної проблеми, яка має значний вплив на розвиток сучасного сільськогосподарського машинобудування та технологій вирощування овочевих культур.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Сучасний стан питання про машину, яка модернізується.

Сівалки для висіву цибулі-сіянки та часнику поділяються на наступні основні типи.

Механічні сівалки – використовують дозуючі пристрої механічного типу (пластинчасті, штифтові, ложкові).

Пневматичні сівалки – працюють на основі вакуумної або надлишкової подачі повітря для точного розподілу насіння.

Комбіновані сівалки – поєднують елементи механічного та пневматичного дозування.

Основні конструктивні елементи сівалок. Рама – основа, на якій закріплені всі робочі органи. Бункери для посівного матеріалу (цибулі-сіянки або зубків часнику). Дозувальний механізм ложковий (ложечки підхоплюють насіння та подають його у борозну), пластинчастий (відбір відбувається за рахунок отворів у диску), пневматичний (повітряний потік утримує насіння, після чого воно спрямовується в ґрунт). Сошники – формують борозни для посіву. Прикочувальні котки – закривають борозни після висіву.

Точний висів – запобігає скупченню насіння, забезпечує рівномірну глибину посіву. Можливість регулювання норми висіву – важливо для різних розмірів цибулі-сіянки та зубків часнику. Висока продуктивність – дозволяє засівати великі площі за короткий час. Мінімальне травмування насінневого матеріалу – особливо важливо для часнику.

Недостатню точність у механічних моделях – можна покращити за допомогою пневматичних систем. Проблеми із забиванням насіннепроводів – слід удосконалити систему очищення. Знос механізмів – використання зносостійких матеріалів подовжить термін експлуатації.

Сучасні тенденції спрямовані на автоматизацію процесу висіву, використання електронних систем контролю та навігації для підвищення точності посіву.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Недоліки в конструкції сівалки. Потреба в якісному калібруванні зубків – для ефективної роботи необхідно використовувати насіннєвий матеріал однакового розміру. Ціна – вартість обладнання може бути високою для малих фермерських господарств. Необхідність технічного обслуговування – механізм подачі зубків потребує регулярного налаштування та очищення для запобігання збоїв. Обмеження на тип ґрунту – може мати труднощі при роботі на дуже важких або кам'янистих ґрунтах. Потребує досвідченого оператора – для правильної настройки та ефективної роботи необхідно мати певні навички управління.

Сівалка ЧС-14 призначена для механізованої посадки часнику та може бути використана з мінітракторами, рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Сівалка ЧС-14 для садіння цибулі та часнику на мінітрактор

Джерело: <https://navisne.com/ua/p2361834695-ryadnaya-seyalka-chs14>

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Її основні переваги та недоліки наступні. Сумісність з мінітракторами. Конструкція причіпного вузла розроблена для триточкового кріплення та використання гідравлічної системи підйому, що забезпечує легку інтеграцію з різними моделями мінітракторів. Регульовані параметри посадки: Можливість налаштування кроку посадки в ряду (110 мм, 125 мм, 140 мм) шляхом зміни передавального числа на ланцюговому редукторі, а також регулювання ширини міжрядь у межах 200-530 мм, дозволяє адаптувати сівалку під різні агротехнічні вимоги. Стабільна робота на нерівному ґрунті: Двовальна система механізму дозування з розділеним приводом забезпечує рівномірну посадку навіть на нерівних ділянках. Ємність бункерів: Чотири бункери об'ємом по 10 літрів кожен дозволяють здійснювати тривалу посадку без частого поповнення посадкового матеріалу.

Недоліками є вимоги до підготовки ґрунту, коли перед використанням сівалки необхідно ретельно підготувати ґрунт, що може вимагати додаткових трудових та часових витрат. Необхідність калібрування посадкового матеріалу: Для оптимальної роботи сівалки потрібно використовувати калібровані зубки часнику розміром 15-25 мм, що може потребувати додаткових зусиль для сортування посадкового матеріалу. Обмеження щодо типу культур, сівалка спеціалізується на посадці часнику і може бути менш ефективною або непридатною для посадки інших культур, таких як цибуля.

6-рядкова сівалка для часнику для мінітрактора – це навісна сівалка для механізованого висаджування зубчиків часнику в ґрунт, рис. 2.3.

Основні характеристики сівалки наступні. Кількість рядків – 6. Ширина міжряддя: регулюється (зазвичай 150-250 мм), привід: механічний або пасовий, від коліс або ВВП мінітрактора, глибина посадки – 40-80 мм (регульована), продуктивність – до 0,5-1 га/год (залежно від швидкості трактора), тип бункерів – відкриті або закриті, об'єм від 10 до 30 кг кожен, робоча швидкість – 2-4 км/год. Конструкція рама – міцна сталева, що кріпиться до триточкової навіски мінітрактора. Бункери для посадкового матеріалу – місткі ємності для зубчиків часнику, що забезпечують рівномірну подачу. Дозуючий механізм – спеціальні

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

катушки або ложечки, які захоплюють зубчики та рівномірно подають у ґрунт. Сошники – створюють потрібної глибини. Притискні котки – загортають борозни після висаджування, забезпечуючи щільний контакт насіння з ґрунтом. Колеса – опорно-привідні, можуть регулювати тиск на ґрунт.



Рисунок 2.3 – Сівалка для часнику 6-ти рядкова для мінітрактора
Джерело: <https://am.ua/seyalka-dlya-chesnoka-6-ryadnaya-dlya-minitraktora>

Переваги такої сівалки. Збільшує швидкість посадки в порівнянні з ручним способом. Забезпечує рівномірну глибину та відстань між зубчиками. Мінімізує втрати посадкового матеріалу. Підходить для роботи на різних типах ґрунтів. Ідеально підходить для невеликих і середніх фермерських господарств, які займаються вирощуванням часнику. Вона може працювати з мінітракторами потужністю від 12-25 к.с.

Хоча 6-рядкова сівалка для часнику значно спрощує процес посадки, вона має й певні недоліки. Високі вимоги до якості посадкового матеріалу, необхідно використовувати однакові за розміром та калібруванням зубчики, інакше механізм може пропускати або видавати одразу кілька штук. Обмеження за типом ґрунту, на дуже твердих або вологих ґрунтах можуть виникати проблеми

із рівномірним заглибленням сошників. Потрібна попередня підготовка ґрунту (оранка, культивація), щоб забезпечити якісну посадку. Можливість забивання механізму, якщо зубчики часнику мають залишки лушпиння або неправильно висушені, дозуючий механізм може засмічуватися та працювати нерівномірно. Необхідність точного налаштування, потрібно ретельно відрегулювати міжряддя, глибину посадки та роботу дозатора перед початком роботи, що вимагає часу та досвіду. Рухомі частини потребують регулярного змащування та очищення. Дозуючі механізми та сошники можуть зношуватися і потребувати заміни. Хороші моделі коштують досить дорого, особливо якщо мають якісні комплектуючі та регулювання.

Дворядна часникосаджалка ЧС23 – це навісне обладнання, призначене для механізованої посадки зубків часнику та цибулі-сіянки на попередньо підготовлених ґрунтах, рис 2.4.



Рисунок 2.4 – Дворядна сівалка ЧС-23 для посадки цибулі та часнику.

Джерело: <https://navisne.com/ua/p2435548152-dvuhryadnaya-chesnokosazhalka-chs23>

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Агрегатується з мінітракторами потужністю від 6 к.с. Основні характеристики сівалки наступні: кількість рядів – 2, ємність бункера – 10 л, діаметр ложок – 34 мм та 24,5 мм, що дозволяє висаджувати зубки розміром 15-35 мм, крок посадки в ряду – регулюється на 110 мм, 125 мм та 140 мм, глибина посадки: 60-80 мм, міжрядна відстань: регулюється від 200 до 530 мм, ширина колії – 1400 мм, габаритні розміри (Д×Ш×В) – 1580×1200×930 мм, вага – 68 кг.

Привід механізму дозування здійснюється від опорно-приводних коліс через ланцюговий редуктор. Конструкція включає регульовані сошники та загортачі для точного контролю глибини та якості посадки. Для забезпечення рівномірності рядів передбачено маркер.

Можливі недоліки дворядної часникосаджалки ЧС23 наступні. Обмежена ширина міжряддя, міжрядна відстань може бути не ідеальною для всіх типів ґрунту чи для великих площ, що потребують різних налаштувань або додаткових адаптацій. Невелика ємність бункера, бункери ємністю 10 літрів кожен можуть бути недостатньо великими для великих обсягів посадки, що може вимагати частого дозаправлення. Для досягнення оптимальних результатів по посадці необхідно правильно налаштувати глибину та крок посадки, що може потребувати додаткового часу та досвіду оператора. Часникосаджалка підходить лише для мінітракторами з певною потужністю (від 6 к.с.), що обмежує її використання на техніці з іншими характеристиками. Хоча сівалка спеціалізується на посадці часнику та цибулі, вона не підходить для інших культур, що може обмежити її універсальність для фермерів, які працюють з різними видами сільськогосподарських культур.

Найбільш перспективною, на нашу думку, сівалкою для сівби цибулі сіянки та часнику є сівалка СЦС-4,2, рис. 2.5.

Сівалка СЦС-4,2 призначена для точного висіву цибулі-сіянки та зубків часнику на різних типах поверхонь: рівній, гребеневій або грядковій. Вона є причіпним сільськогосподарським агрегатом, що забезпечує рівномірний розподіл посадкового матеріалу та високу якість посіву.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Конструкція сівалки базується на зварній рамі, яка забезпечує її міцність і довговічність. Основу рами утворюють три металеві труби, які між собою з'єднані щокovinaми. До основної труби прикріплені маркери, що допомагають визначати рівномірність посіву, а також закріплюються кронштейни сошникових секцій.

Дві додаткові труби слугують основою для кріплення висівних апаратів і насінневого ящика. Опорні колеса агрегата закріплені спеціальними скобами, що забезпечує їх надійне кріплення та стабільність роботи під час руху.

Крім того, до основної труби приварені спеціальні планки, які слугують місцем кріплення інструментального ящика, що дозволяє зберігати необхідні інструменти для обслуговування сівалки. Також передбачено кронштейн для встановлення редуктора передачі руху до висівних механізмів.

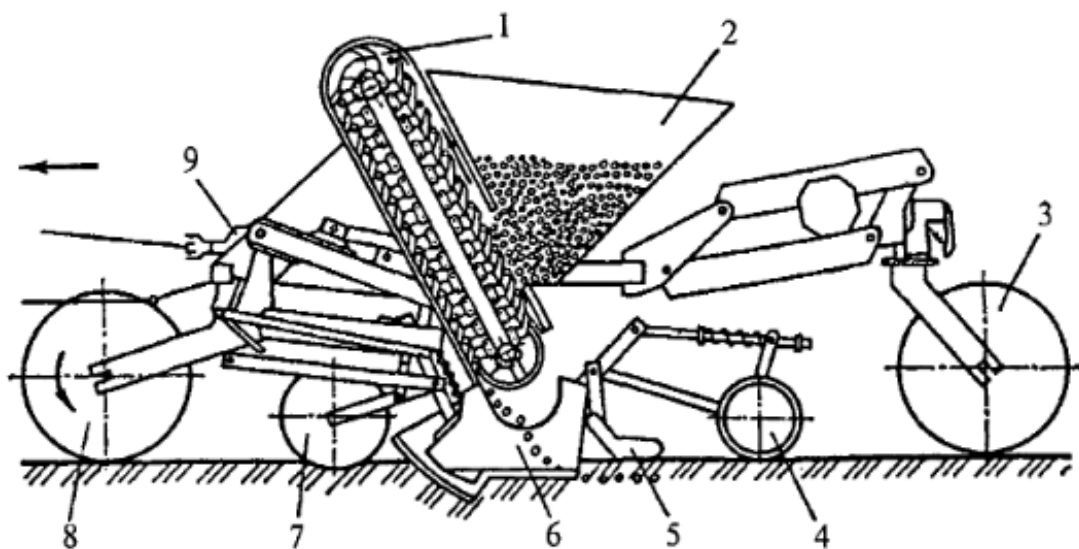


Рисунок 2.5 – Функціональна схема сівалки ССС-4,2: 1 – висівний апарат; 2 – бункер для насіння; 3 і 8 – опорні колеса; 4 – коток прикотуючий; 5 – загортач; 6 – сошник; 7 – копіювальний коток; 9 – механізм приводу.

Бункер сівалки має штампо-зварну конструкцію. До його каркасу прикріплені стінки з вікнами, через які цибуля-сіянка потрапляє в приймальний короб висівного апарата. Кількість насіння, що надходить у короб, регулюється заслінкою, яка може фіксуватися в трьох положеннях. В іншій стінці передбачені вікна для спорожнення бункера.

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 00.000 ПЗ

Арк.

13

Опорні колеса мають пневматичні шини і є самовстановлюючими. Кожне колесо складається з вилки та встановленого на осі колеса з шиною. У робочому положенні вилки передніх коліс зафіксовані від поворотів, а задні – вільно обертаються. У транспортному положенні фіксація змінюється: передні вилки розфіксуються, а задні – фіксуються.

2.2. Технологічний розрахунок висівного апарата.

Технологічний розрахунок спрямований на визначення загального передаточного відношення між синхронним ВВП трактора та валом висівного апарата, а також на обчислення швидкостей елементів привода сівалки.

Привод механізмів сівалки, що працює від синхронного ВВП, дозволяє регулювати швидкість трактора в заданих межах, забезпечуючи оптимальну продуктивність агрегату без порушення кроку висіву та густоти насаджень.

Синхронний ВВП трактора робить K обертів на кожен метр пройденого шляху агрегатом ($K = 3,5$ об/м), що еквівалентно одному оберту на певну відстань у метрах $\frac{1}{K}$. При цьому за один оберт синхронного ВВП вал висівного апарата здійснює оберти $\frac{1}{i}$, що визначаються загальним передаточним відношенням привода (i).

За одне обертання валу висівного апарату довжина ланцюга, який пройшов точку висівання цибулини, визначиться відстанню πD_d метрів, а кількість вилок-захватів, які пройшли через точку скидання цибулини буде дорівнювати $\frac{\pi D_d}{\ell_o}$

шт. Тобто за одне обертання валу висівного апарату висіється $\frac{\pi D_d}{\ell_o}$ цибулин, де

D_d – діаметр зірочки висівного апарату, м; ℓ_o – відстань між сусідніми вилками-захватами висівного апарата, м. За $\frac{1}{i}$ оборотів валу висівного апарату висіється

$\frac{\pi D_d}{i \cdot \ell_o}$ цибулин, а за цей же час посівний агрегат проїде відстань $\frac{1}{K}$ метрів.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Тобто, цибулини висіються з наступним інтервалом

$$b = \frac{i \cdot \ell_o}{\pi \cdot K \cdot D_d}, \quad (2.1)$$

де b – відстань між цибулинами вздовж рядка, м;

i – передаточне відношення приводу висівного апарату;

ℓ_o – інтервал між вилками-захватами висівного апарата, м;

K – кількість обертів ВВП трактора;

D_d – діаметр зірочки висівного апарата, м.

Загальне передаточне відношення приводу висівного апарату сівалки цибулі-сіянки від ВВП трактора визначимо за формулою

$$i = \frac{\pi \cdot K \cdot D_d \cdot b}{\ell_o}. \quad (2.2)$$

Для того, щоб правильно вибрати зірочки, потрібно спочатку визначити передаточне відношення, яке буде забезпечувати правильний інтервал між цибулинами в рядку. Застосувавши формулу (2.2), можна визначити максимальне та мінімальне загальне передаточне відношення приводу сівалки, яке необхідне для забезпечення максимальної норми висіву ($b = 0,08$ м) та мінімальної норми висіву ($b = 0,125$ м).

$$i_{\max} = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,09 \cdot 0,08}{0,0635} = 1,247;$$

$$i_{\min} = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 0,09 \cdot 0,125}{0,0635} = 1,948.$$

Змінні зірочки дозволяють регулювати передаточне відношення, тому вибір їх зубців залежить від необхідного інтервалу між цибулинами. За допомогою формули для передаточних відношень та інтервалів, ви можете підібрати правильні зірочки для досягнення необхідних агротехнічних вимог.

Підбираємо потрібну кількість зубців зірочок в механізмі приводу сівалки, попередньо розподіливши їх за ступенями (рис. 2.6).

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Для регулювання норми висіву відповідно до агротехнічних вимог на вихідному валу редуктора планується встановлення змінних зірочок А (рис. 2.6). Розраховуємо проміжні передаточні відношення приводу та визначаємо відповідні інтервали між цибулинами в рядку

$$b = \frac{i}{K \cdot Z} \quad (2.3)$$

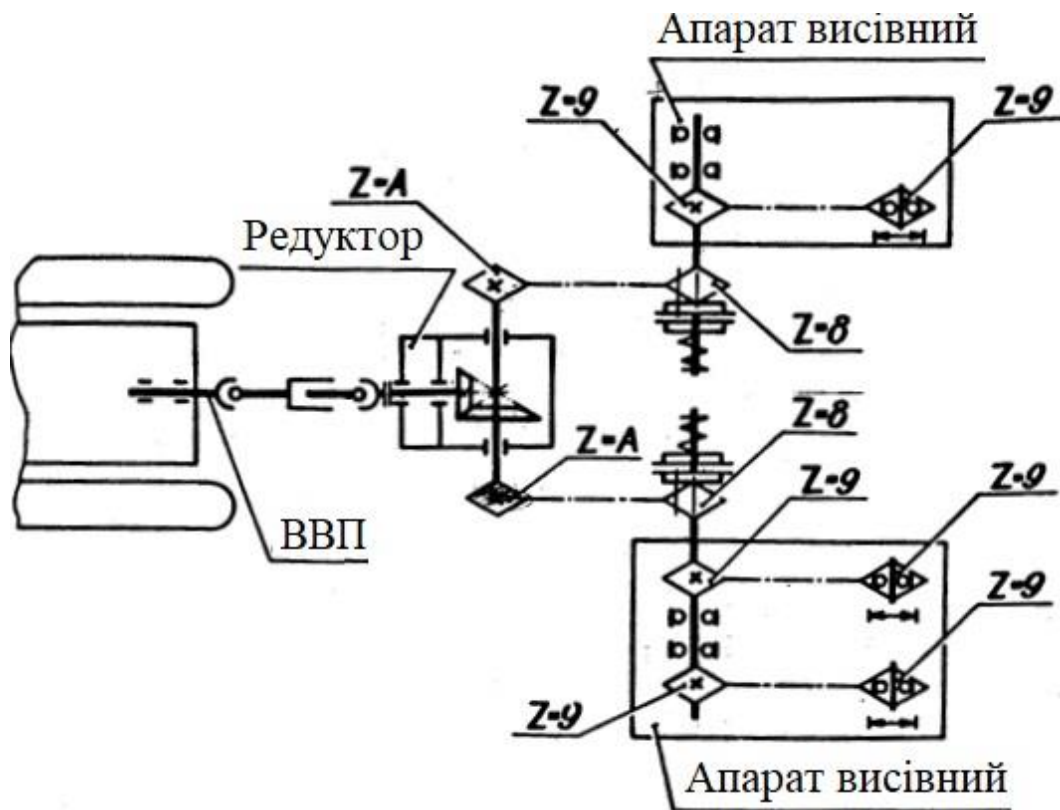


Рисунок 2.6 – Схема механізму приводу сівалки

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Кінематична характеристика приводу сівалки

Зірочка на вихідному валу редуктора, А	Передаточне число	Кількість цибулин, шт./м	Крок сівки, см
14	1,143	13,8	7,3
12	1,333	11,8	8,5
11	1,455	10,8	9,2
10	1,600	9,8	10,2
9	1,778	8,8	11,3
8	2,000	7,9	12,7

Як видно із наведених даних в таблиці 2.1, запропонований привод забезпечить сівбу цибулі-сіянки та часнику у відповідності до виконання агротехнічних вимог з заданим інтервалом густоти між цибулинами.

Визначаємо поступальну швидкість руху вилок-захватів, розміщених на висівному апараті, та кутову швидкість валів приводу, коли швидкість посівного агрегату максимальна.

Частота обертів синхронного ВВП залежно від швидкості трактора визначимо за формулою

$$n_{\text{ВВП}} = 60 \cdot k \cdot v, \quad (2.4)$$

де $n_{\text{ВВП}}$ – частота обертання ВВП трактора, об/хв;

v – швидкість руху трактора, м/с.

Коли частоту обертів $n_{\text{ВВП}}$ визначити через кутову швидкість, формула (2.4) матиме наступний вигляд

$$\omega_{\text{ВВП}} = 2 \cdot \pi \cdot k \cdot v, \quad (2.5)$$

де $\omega_{\text{ВВП}}$ – кутова швидкість ВВП трактора, рад/с.

При $v = v_{\text{max}} = 8 \text{ км/год} = 2,2 \text{ м/с}$, отримаємо

$$\omega_{\text{ВВП}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 2,2 = 48,38 \text{ рад/с.}$$

Кутова швидкість вхідного вала редуктора

$$\omega_{\text{вх}} = \omega_{\text{ВВП}} = 48,38 \text{ рад/с.}$$

Кутова швидкість вихідного вала редуктора

$$\omega_{\text{вих}} = \frac{\omega_{\text{вх}}}{i_p}, \quad (2.6)$$

де i_p – передаточне відношення редуктора, $i_p = 2$.

$$\omega_{\text{вих}} = \frac{48,38}{2} = 24,19 \text{ рад/с.}$$

Кутова швидкість вала висівного апарата

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$\omega_{\text{в.а.}} = \frac{\omega_{\text{вх}}}{i} \quad (2.7)$$

Мінімальна кутова швидкість руху валу висівного апарата

$$\omega_{\text{в.а. min}} = \frac{48,38}{2,000} = 24,19 \text{ рад/с.}$$

Максимальна кутова швидкість вала висівного апарата:

$$\omega_{\text{в.а. max}} = \frac{48,38}{1,143} = 42,33 \text{ рад/с.}$$

Швидкість вилок-захватів висівного апарата

$$v_{\text{в}} = \omega_{\text{в.а.}} \cdot \frac{D_{\text{д}}}{2}, \quad (2.8)$$

де $v_{\text{в}}$ – поступальна швидкість вилок-захватів, м/с;

$D_{\text{д}}$ – діаметр ділильного кола зірочок висівного апарата, м.

Мінімальна швидкість вилок-захватів

$$v_{\text{в min}} = 24,19 \frac{0,09}{2} = 1,09 \text{ м/с.}$$

Максимальна швидкість вилок-захватів:

$$v_{\text{в max}} = 42,33 \frac{0,09}{2} = 1,90 \text{ м/с.}$$

2.3. Силевий аналіз механізмів сівалки.

Знаючи передаточні відношення механізму привода сівалки, визначимо граничні значення крутних моментів на його валах.

Максимальний крутний момент синхронного ВВП трактора становить $M_{\text{ВВП}} = 700 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Максимально допустимий крутний момент на вхідному валу редуктора дорівнює $M_{\text{вх}} = M_{\text{ВВП}} = 700 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Крутний момент на вихідному валу редуктора обчислимо за формулою

$$M_{\text{вих}} = M_{\text{вх}} \cdot i_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{р}}, \quad (2.9)$$

де $\eta_{\text{р}}$ – к.к.д. редуктора приводу висівних апаратів, $\eta_{\text{р}} = 0,9$.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$M_{\text{вих}} = 700 \cdot 2 \cdot 0,9 = 1260 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найбільший крутний момент на валу висівного апарату

$$M_{\text{в.а.}} = M_{\text{вх}} \cdot i \cdot \eta_p \cdot \eta_{\text{л.п.}} \quad (2.10)$$

де $\eta_{\text{л.п.}}$ – к.к.д. ланцюгової передачі приводу висівного апарату, $\eta_{\text{л.п.}} = 0,91$.

$$M_{\text{в.а.}} = 700 \cdot 2,0 \cdot 0,9 \cdot 0,91 = 1147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Однак, розраховані вище максимально можливі крутні моменти зазвичай не виникають на валах приводу сівалки під час її роботи. Тому виконуємо розрахунок фактичних крутних моментів, що дійсно діють на валах приводу. Враховуючи відоме передаточне число механізму приводу та інтервал розташування захоплюючих вилок на ланцюзі висівного апарату, визначимо реальний крутний момент, який виникає на його валу.

$$M_{\text{в.а.}} = m \cdot g \cdot z \cdot R_d \cdot k \cdot W, \quad (2.11)$$

де m – маса цибулини (часнику), $m = 0,02$ кг;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с²;

z – кількість цибулин, що знаходяться одночасно на стрічці висівного апарату, $z = 12$;

R_d – радіус зірочки приводу висівного апарату, $R_d = 0,045$ м;

k – кількість висівних апаратів, що розміщені на одному валу, $k = 6$;

W – коефіцієнт спротиву руху, $W = 2,25$.

$$M_{\text{в.а.}} = 0,02 \cdot 9,8 \cdot 12 \cdot 0,045 \cdot 6 \cdot 2,5 = 1,43 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на виході з редуктора

$$M_{\text{вих}} = \frac{2 \cdot M_{\text{в.а.}}}{i_{\text{л.п.}} \cdot \eta_{\text{л.п.}}}, \quad (2.12)$$

де $\eta_{\text{л.п.}}$ – к.к.д. ланцюгової передачі приводу редуктора;

$i_{\text{л.п.}}$ – передаточне відношення приводу через ланцюгову передачу.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$i_{л.п.мин} = \frac{8}{8} = 1.$$

$$i_{л.п.маx} = \frac{8}{14} = 0,571.$$

Крутний момент на вихідному валу редуктора приводу висівних апаратів

$$M_{вих.маx} = \frac{2 \cdot 1,43}{0,571 \cdot 0,91} = 5,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Крутний момент на вхідному валу редуктора приводу висівних апаратів

$$M_{вх} = \frac{2 \cdot M_{в.а.}}{i \cdot \eta_{л.п.} \cdot \eta_p}. \quad (2.13)$$

Мінімальний крутний момент на валу редуктора приводу висівних апаратів

$$M_{вх.мин} = \frac{2 \cdot 1,43}{2,0 \cdot 0,91 \cdot 0,9} = 1,746 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Максимальний крутний момент на валу редуктора

$$M_{вх.маx} = \frac{2 \cdot 1,43}{1,143 \cdot 0,91 \cdot 0,9} = 3,055 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Такі ж розрахунки виконуємо для всіх передаточних відношень приводу висівних апаратів сівалки, табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результати розрахунку для всіх передаточних відношень
приводу висівних апаратів сівалки

Зірочка на вихідному валу редуктора А	Вихідний вал, Н·м	Вхідний вал, Н·м
14	5,5	3,1
12	4,7	2,6
11	4,3	2,4
10	3,9	2,2
9	3,5	2,0
8	3,1	1,8

2.4. Висновки. Постановка мети і задач досліджень.

Актуальність теми. Сучасне сільське господарство потребує інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності вирощування овочевих культур, зокрема цибулі-сіянки та часнику. На сьогодні для сівби цих культур використовуються овочеві сівалки, проте більшість із них не забезпечує належного рівня точності висіву та має низку недоліків. Зокрема, проблемними залишаються питання пошкодження насіння, нерівномірного загортання у ґрунт, значних енерговитрат та недостатньої продуктивності. Через це актуальним стає удосконалення конструкції сівалок для підвищення їхньої ефективності.

Зменшення травмування посівного матеріалу дозволить підвищити схожість насіння, а рівномірний висів сприятиме отриманню однорідних сходів та зменшенню конкуренції між рослинами за ресурси. Крім того, оптимізація механізмів сівалок дасть змогу скоротити енерговитрати, підвищити продуктивність та забезпечити стабільність врожайності.

Мета роботи та завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення продуктивності сівалки для сівби насіння цибулі-сіянки та часнику, зменшення енерговитрат, зниження рівня травмування посівного матеріалу та збільшення врожайності шляхом удосконалення конструкції висівного апарату та сошника.

Для досягнення цієї мети визначено такі завдання дослідження:

- обґрунтувати перспективні напрями вдосконалення сівалок для висіву цибулі-сіянки й часнику та запропонувати удосконалену конструкцію висівного апарату і механізму регулювання глибини ходу сошника;
- встановити закономірності впливу основних параметрів вилок-захватів висівного апарату на якість сівби;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих змін.

Об'єкт дослідження – висівний апарат та сошник сівалки для висіву цибулі-сіянки та часнику.

Предмет дослідження – технологічний процес сівби цибулі-сіянки та часнику овочевими сівалками із висівними апаратами механічного типу.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

секторами, на якій закріплені диски (загортачі). Регулювання активності дискових загортачів здійснюється зміною їх положення відносно повідка.

Глибина загортання насіння налаштовується зміною положення опорної лижі відносно наральника.

Технічні дані сівалки цибулі-сіянки та часнику наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Технічна характеристика сівалки цибулі-сіянки та часнику

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення
1	2	3
Тип машини	напівнавісна	
Продуктивність за 1 год. основного часу	га/год	2,1...3,36
Робоча швидкість	км/год	5...8
Ширина міжряддя	см	15+55
Норма висіву насіння при діаметрі луковиць в мм	шт/м	12
10...15		10
15...22		8
22...30		8
30...40		
Норма висіву зубків часнику	кг/га	400...1900
Глибина загортання насіння	мм	30...80
Подрібнення насіння, не більше	%	5
Маса сівалки:		
– суха з повним комплектом робочих органів		1400±3%
– експлуатаційна з комплектом робочих органів для виконання основної технологічної операції		2240±3%

1	2	3
Оперативна працездатність переведення		
– в транспортне положення		0,18
– в робоче положення		0,18
Транспортна швидкість	км/год.	15
Дорожній просвіт	мм	350
Ширина колії ходових коліс:		
– в робочому положенні	мм	4200
– в транспортному положенні		1800
Мінімальний радіус повороту:		
– по крайній зовнішній точці	м	10
– по сліду зовнішнього колеса		8
Габаритні розміри:		
– в робочому положенні (без урахування вильоту маркерів)		
- довжина	мм	4200
- ширина		4200
- висота		1600
Кількість висівних апаратів	шт.	6
Ємність насінневого бункера	дм ³	800
Коефіцієнт готовності		0,98
Коефіцієнт використання експлуатаційного часу		0,42
Строк служби	років	8

Точність висіву значною мірою залежить від правильного вибору конструктивних параметрів висівного апарата. Серед основних факторів, що впливають на цей процес, слід відзначити кути встановлення рожків вилочок як відносно один одного, так і до кожуха висівного апарату, довжину рожків та

їхню форму. Всі ці параметри визначають стабільність захоплення посадкового матеріалу та рівномірність його висіву.

Одним із ключових завдань під час налаштування висівного апарата є забезпечення такого положення ріжків вилочок, за якого в кожному захваті міститиметься не більше однієї цибулини. Це дозволяє досягти рівномірного розподілу посадкового матеріалу по площі та уникнути подвійного висіву або пропусків.

Для досягнення цієї мети необхідно спочатку визначити положення окремої цибулини в захваті відносно вершини захоплення – точки розгалуження рожків. Оскільки реальна форма цибулини може бути дещо нерівномірною, для спрощення розрахунків приймаємо, що вона має кулеподібну форму. Водночас самі ріжки вилочок розглядаємо як відрізки прямих, що дозволяє використовувати геометричні та тригонометричні методи для аналізу їхнього взаємного розташування.

Позначимо площу, на якій розташовані обидва ріжки, літерою M . Важливу роль відіграє також кут нахилу цієї площини до кожуха висівного апарата, який позначимо α . Крім того, кут між самими ріжками визначимо як 2β (рис. 3.2). Оптимальні значення цих параметрів впливають на ефективність захоплення та утримання цибулин під час висіву, що в свою чергу забезпечує високу точність та рівномірність розподілу посадкового матеріалу.

Таким чином, правильний вибір конструктивних параметрів висівного апарата є ключовим фактором, що визначає якість і точність висіву. Оптимізація кутів нахилу ріжків та їхнього розташування дозволяє зменшити ймовірність подвійного захоплення або пропусків, що безпосередньо впливає на рівномірність сходів і врожайність культури.

Визначимо координати центру цибулини відносно вершини захвату (точка A) залежно від її діаметра D та кутів розташування рожків один відносно одного. Для цього через точку O проведемо пряму, перпендикулярну до площини M , яка проходить через центр цибулини. Позначимо точку перетину цієї прямої з площиною M як E , а точку її перетину з площиною N – як G .

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

відповідають координатам X і Y . Виходячи з геометричних співвідношень у трикутниках $\triangle AEG$ та $\triangle BOG$, отримуємо рівняння, що дозволяють знайти точне положення центру цибулини відносно вершини захвату.

Таким чином, застосовуючи отримані залежності, можна визначити взаємне розташування цибулини та елементів конструкції, що необхідно для забезпечення точного захоплення та утримання об'єкта в процесі його переміщення або обробки.

$$y = EG \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.1)$$

де

$$EG = EO + OG,$$

$$EO = \sqrt{OK^2 - EK^2}.$$

Враховуючи, що $EK = O'T = A'O' \cdot \sin \beta = y \cdot \sin \beta$; $OK = D/2$, одержимо

$$y^2 - y \cdot \frac{D \cdot \sin \alpha}{1 - \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta} + \frac{D^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta)}. \quad (3.2)$$

Після розв'язання (3.2.), отримаємо

$$y = \frac{D \cdot \sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \alpha \cdot \cos \beta)}. \quad (3.3)$$

У відповідності з рис. 3.2 отримаємо

$$X = AG - CG. \quad (3.4)$$

Після підстановки значень AG й CG у (3.4), у визначення $\triangle AEG$ і $\triangle BOG$ отримаємо

$$X = \frac{D \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{2 \cdot (1 - \cos \alpha \cdot \cos \beta)}. \quad (3.5)$$

Звідки

$$X = y \cdot \cos \beta. \quad (3.6)$$

Перш ніж визначати кути, необхідно встановити відповідні співвідношення між їхніми натуральними значеннями та проекціями. Це дозволить точніше

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

проаналізувати їхні властивості та взаємозв'язки. Для досягнення цієї мети скористаємося просторовим зображенням кута захвату, поданим на рис. 3.3, що допоможе наочно продемонструвати розглянуті співвідношення.

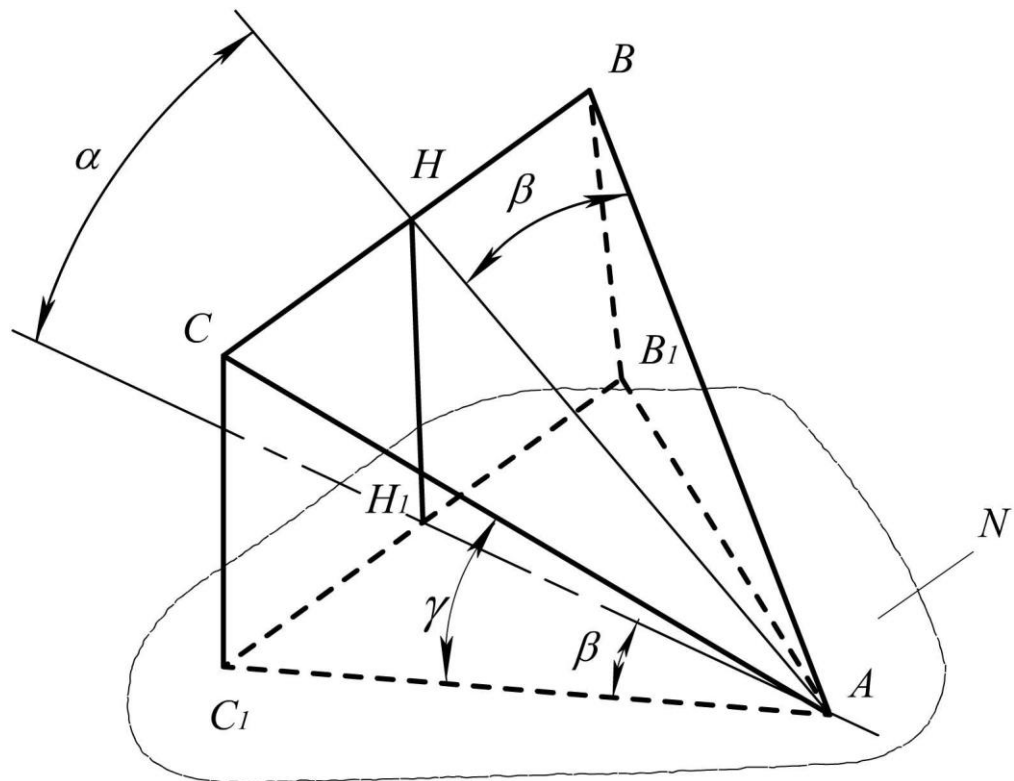


Рисунок 3.3 – Схематичне встановлення залежності між значеннями кутів розміщення рожків вилок-захватів та їх проекціями

З трикутника ΔACC_1 визначаємо

$$\sin \gamma = \frac{CC_1}{AC} \quad (3.7)$$

де γ – кут між кутом захвату і площиною N ;

CC_1 – відстань від кінця рожка вилки-захвата до площини N ;

AC – довжина рожка вилки-захвата.

Після підстановки значень $CC_1 = AC \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$ у вираз (3.7) отримаємо

$$\gamma = \arcsin(\sin \alpha \cdot \cos \beta). \quad (3.8)$$

З трикутника ΔAC_1H_1 отримаємо

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{C_1H_1}{AH_1}, \quad (3.9)$$

де β_1 – кут між проекцією рожка вилки-захвата й віссю симетрії вилки-захвата на площину N .

Після підстановки в рівняння (3.9) виразу $C_1H_1 = CH = AC \cdot \sin \beta$ і $AH_1 = AH \cdot \cos \alpha = AC \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$ отримаємо

$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha}\right) \quad (3.10)$$

Шляхом послідовних наближень визначаються значення кутів $\alpha_{кр}$ та $\beta_{кр}$, які є лінійними значеннями кутів α і β . Ці кути визначаються таким чином, щоб після розміщення цибулини з мінімальним діаметром d і цибулини з максимальним діаметром D у захваті, цибулина з мінімальним діаметром могла скочуватися по поверхні цибулини з максимальним діаметром між двома рожками або між рожком і кожухом висівного апарата. Це дозволяє забезпечити правильне переміщення цибулі під час її висіву в механізмі висівного апарата (рис. 3.4). Таким чином, кути α і β визначаються для такої позиції цибулини, в якій вона вільно рухається без зайвих зусиль, не застрягає і не створює заторів у процесі руху.

Кути α і β відповідають висіву першої посівної фракції, для якої встановлено певне співвідношення діаметрів цибулин, зокрема для діаметра мінімальної цибулини $D = 15$ мм, при цьому кути значень відповідають кути $\alpha_{кр} = 45^\circ$ і $\beta_{кр} = 20^\circ$ можуть бути визначені як критичні, тобто наближені до оптимальних значень для даного процесу.

Однак, під час визначення вказаних кутів не були враховані розміри рожків у поперечному перерізі, а також необхідність забезпечення вільного викочування цибулі з захватів механізму висівного апарата. Тому кути α і β приймаються дещо більшими за їх критичні значення. Це дозволяє забезпечити більш високий рівень надійності та уникнути застрягування цибулин в захватах, що може призвести до збоїв у роботі висівного апарата. Тому кут α встановлюється з урахуванням додаткового запасу, а кут β коригується таким чином, щоб

механізм міг працювати безперебійно навіть при мінімальних коливаннях розмірів цибулин.

Для розрахунку довжини рожків розглядаємо трикутник $\Delta A'O'T$ (рис. 3.2), в якому видно, що для забезпечення стійкого і надійного положення цибулини в захваті висівного апарата довжина кожного рожка повинна бути не менше довжини відрізка AT . Це забезпечить правильне утримання цибулини і дозволить їй вільно рухатись у межах механізму, не викликаючи зайвих тертя чи зусиль для подальшого переміщення по апарату.

Задача полягає в тому, щоб знайти мінімальну довжину рожка, необхідну для забезпечення стабільного положення цибулини в процесі висіву, враховуючи її розміри та особливості механізму, що утримує її під час руху. Враховуючи ці фактори, розрахунок довжини рожка l дозволяє уникнути несприятливих ситуацій, таких як заклинювання або неправильне положення цибулини в захваті.

Отримання точних значень кутів α і β є важливим кроком для оптимізації роботи висівного апарата та забезпечення стабільного процесу висіву, що в свою чергу, покращує ефективність та точність сільськогосподарських операцій, рис. 3.4. Так як при визначенні вказаних кутів не враховувався поперечний переріз рожків та з метою вільного випадання цибулі із захватів кути α і β приймаємо трохи більшими за критичні значення – $\alpha = 48^\circ$, $\beta = 23^\circ$.

$$l \geq A'O' \cdot \cos \beta. \quad (3.11)$$

Оскільки $A'O' = y$, то $l \geq y \cdot \cos \beta$.

Із формули (3.3) наведеної раніше

$$y_{\min} = \frac{d \cdot \sin \alpha}{2(1 - \cos \alpha \cdot \cos \beta)} \quad (3.12)$$

де d – мінімальний діаметр цибулини (перша посівна фракція).

$$y_{\min} = \frac{10 \sin 48^\circ}{2(1 - \cos 48^\circ \cdot \cos 23^\circ)} = 10,66 \text{ мм.}$$

Остаточню приймаємо $y_{\min} = 11 \text{ мм.}$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.2. Теоретичне обґрунтування параметрів опорної лижі.

Глибина посадки цибулі регулюється шляхом зміни положення опорної лижі відносно наральника сошника, що дозволяє точно контролювати рівень заглиблення посадкового матеріалу. Це забезпечує рівномірне розміщення цибулин у ґрунті, що сприяє їхньому дружньому проростанню та подальшому розвитку.

Основними характеристиками лижі є її радіус і ширина обода, які визначають її функціональність у процесі посадки. Радіус лижі має бути достатнім для того, щоб під час зустрічі з великими грудками ґрунту вона могла легко їх долати, не створюючи зайвого опору. При наїзді на грудку тиск, що створюється лижею, концентрується на ній, що може призводити до її руйнування або втискування у ґрунт. Це забезпечує рівномірну поверхню борозни та сприяє більш стабільному розміщенню цибулин.

Щоб лижа працювала ефективно, необхідно, щоб грудки ґрунту або затискалися під її тиском, або відповідали певним умовам, які забезпечують якісний процес посадки (рис. 3.5). Правильний вибір параметрів лижі дозволяє зменшити опір руху та покращити точність заглиблення, що особливо важливо при механізованій посадці цибулі.

$$\Theta \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (3.14)$$

де Θ – кут затискання грудки ґрунту на поверхні поля;

φ_1 – кут тертя грудки ґрунту об лижу;

φ_2 – кут тертя грудки ґрунту на поверхні поля.

Для отримання залежності між розміром грудки ґрунту й лижі розглянемо рис. 3.6, звідки

$$AB = r_{ep} + r_{ep} \cdot \cos \Theta = r_n - r_n \cdot \cos \Theta, \quad (3.15)$$

де r_{ep} – радіус ґрунтової грудки;

r_n – радіус опорної лижі.

Опорна лижа рухається по поверхні поля, створюючи колію глибиною h (рис. 3.6). У цьому процесі на неї діють різні сили, що визначають її взаємодію з ґрунтом. Зокрема, до вертикальної осі симетрії в точці O прикладена вертикальна сила P , яка дорівнює вазі посівної секції. Крім того, на лижу впливає горизонтальна сила тяги, яка забезпечує поступальний рух і сприяє просуванню лапи вперед (рис. 3.6). Взаємодія цих сил визначає поведінку лижі та її вплив на структуру ґрунту під час роботи сільськогосподарського агрегату.

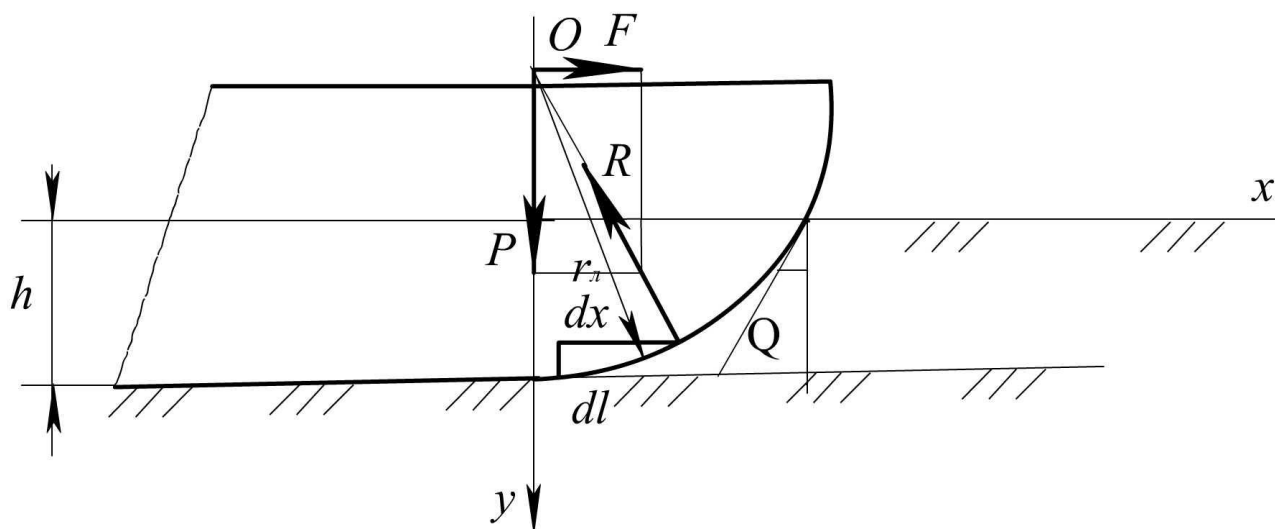


Рисунок 3.6 – Схема до визначення розмірів лижі

Рівнодіюча всіх сил, які діють на опорну поверхню лижі, дно борозни перетне в точці d

$$R = \frac{P}{\cos \alpha}, \quad (3.19)$$

де $\cos \alpha = \frac{r_l - h/2}{r_l}$.

$$R = \frac{440}{\frac{160 - 20/2}{160}} = 470 \text{ Н.}$$

Вибравши початок координат у точці перетину вертикального радіуса з поверхнею ґрунту, розглянемо дугу обода лижі, яка контактує з поверхнею. Виділимо на цій дузі елементарний відрізок. Оскільки ширина лижі становить B ,

то на її поверхні можна визначити відповідну елементарну площу dl . Реакція ґрунту на цю площу визначається за виразом

$$dR = G \cdot B \cdot dl, \quad (3.20)$$

де G – напруження зминання ґрунту, Н/см^2 , яке можна виразити як

$$G = q \cdot y \quad (3.21)$$

де q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, (в межах $q = 1 \dots 2,5 \text{ Н/см}^3$);

y – лінійна деформація ґрунту, см.

Щоб спростити подальші розрахунки, розглянемо малий сегмент лижі, що включає елементарні частини dl , dx , dy . При достатньо малій довжині цього сегмента його можна наближено розглядати як трикутник, у якому один з кутів дорівнює центральному куту α . Тоді

$$dl = \frac{dy}{\sin \alpha}. \quad (3.22)$$

Після підстановки виразів (3.21) і (3.22) в рівняння (3.20), отримаємо

$$dR = B \cdot q \cdot y \cdot dy / \sin \alpha. \quad (3.23)$$

Після інтегрування рівняння (3.23) отримаємо загальний вираз

$$R = \frac{B \cdot q}{\sin \alpha} \cdot \int_0^h y \cdot dy = \frac{B \cdot q \cdot h^2}{2 \cdot \sin \alpha}. \quad (3.24)$$

Звідки можна визначити необхідну ширину лижі

$$B = \frac{2 \cdot R \cdot \sin \alpha}{q \cdot h^2}, \quad (3.25)$$

де функція B залежить від кута α , коефіцієнта зминання ґрунту q , деформації ґрунту h й радіуса кривизни R .

$$B \geq \frac{2 \cdot 470 \cdot \sin 20^\circ}{1,4 \cdot 2^2} = 38 \text{ см.}$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Підставляючи числові значення, приймаємо ширину лижі $B = 40$ В см

Цей параметр є важливим для визначення загальних характеристик опорної лижі, що використовується у конструкції сошника. Отримані значення враховуються при розробці креслення, щоб забезпечити правильний розподіл навантаження та ефективність роботи лижі в польових умовах.

3.3. Висновки по розділу.

Сучасне сільське господарство потребує удосконалення технологій, зокрема сівалок для цибулі-сіянки та часнику. Висів є важливим етапом, що визначає врожайність та якість продукції, тому підвищення точності висіву та удосконалення конструкцій сівалок є важливим завданням.

Використання удосконаленого висівного апарату дозволяє зменшити відхилення в інтервалі між насінням до $\pm 5\%$, у той час як у стандартних механічних сівалках це відхилення може досягати $\pm 15-20\%$.

Рівномірність висіву підвищується на 25-30% завдяки покращеній конструкції вилок-захватів. Удосконалена конструкція висівного механізму знижує травмування цибулі-сіянки та часнику до 1,5-2%, у той час як у традиційних сівалках цей показник становить 5-7%. Це може дати додатковий приріст врожаю 200-300 кг/га, що значно підвищує рентабельність вирощування цибулі-сіянки та часнику.

Це сприяє підвищенню схожості насіння на 10-12%, що безпосередньо впливає на врожайність. Завдяки рівномірному висіву та зменшенню травмування насіння врожайність підвищується в середньому на 10-15% у порівнянні зі стандартними методами висіву.

Робоча швидкість агрегату збільшена до 30% більше за показники базових моделей.

Зменшення втрат посівного матеріалу дозволяє економити до 8-12% насіння, що особливо важливо при високій вартості якісного насіннєвого матеріалу, модернізована сівалка споживає на 15-18% менше пального за рахунок оптимізованої конструкції та зниженого опору ґрунту.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації сівалки для сівби цибулі-сіянки та часнику.

Механічні небезпеки. Рухомі частини механізмів – можуть спричинити травмування рук, одягу або інших частин тіла оператора.

Заклинювання деталей – може призвести до несподіваного запуску механізмів сівалки та отримання травм.

Падіння деталей або інструментів – загроза ударів та поранень.

Вібрація – може спричинити втому та захворювання суглобів при тривалому впливі.

Несправність гальмівної системи – може спричинити аварійні ситуації під час руху техніки.

Фізичні небезпеки. Шум під час роботи – може викликати зниження слуху при довготривалому впливі. Пил – утворюється під час обробки ґрунту і може потрапляти в дихальні шляхи оператора.

Підвищене навантаження на опорно-руховий апарат – можливість перенапруження м'язів і суглобів.

Ризик ковзання та падіння – особливо за несприятливих погодних умов або при роботі на нерівній поверхні.

Хімічні небезпеки. Контакт із залишками хімічних засобів захисту рослин – можливе отруєння при контакті зі шкірою або вдиханні.

Випаровування мастильних матеріалів – можливе подразнення дихальних шляхів.

Потрапляння агрохімікатів у ґрунт і воду – може негативно вплинути на навколишнє середовище та здоров'я працівників.

Біологічні небезпеки. Контакт із ґрунтовими мікроорганізмами та грибками – може призвести до алергічних реакцій або шкірних захворювань.

Укуси комах – ризик алергічних реакцій або інфекційних захворювань.

Контакт із хворими рослинами – можливість зараження шкідниками або патогенними організмами.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Електричні небезпеки. Пошкодження електропроводки (якщо сівалка має електричні компоненти) може спричинити ураження електричним струмом.

Статичний заряд – може призвести до непередбачуваних електричних розрядів. Перепади напруги – можуть спричинити вихід з ладу електричних компонентів та створити небезпеку для оператора.

Кліматичні фактори. Сонячне випромінювання – можливість отримання теплового удару або опіків. Дощові та вітряні умови – ускладнюють роботу, знижуючи видимість та підвищуючи ризик травмування.

Зниження температури – можливість переохолодження під час роботи в холодну пору року. Блискавка – може бути небезпечною при роботі в полі під час грози.

Пожежна небезпека. Перегрів деталей при терті – може спричинити займання мастил або рослинних залишків. Наявність легкозаймистих матеріалів (паливо, мастильні матеріали) – підвищує ризик виникнення пожежі.

Іскроутворення – можливий фактор загоряння при несправності електричних або механічних систем.

4.2. Заходи по створенню нормальних та нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці під час виконання робіт на сівалці для сівби цибулі-сіянки та часнику.

Організація робочого місця. Робоче місце повинно бути чистим та рівним, без сторонніх предметів, що можуть заважати виконанню робіт. Оператори сівалки повинні мати доступ до засобів особистої гігієни (рукомийники, мило, рушники).

Перед початком роботи слід перевірити стан сівалки, наявність захисних кожухів та огорожень.

Захист від шкідливих факторів. Для запобігання пилу та подразнення дихальних шляхів рекомендовано використовувати респіратори або маски.

Для захисту рук від подразнення ґрунтом та насіннєвим матеріалом слід використовувати рукавички. В разі підвищеної вологості або сонячної активності необхідно застосовувати відповідний захист (головні убори, сонцезахисні окуляри).

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Правильне освітлення та вентиляція. Роботи в темний час доби необхідно виконувати лише при достатньому освітленні. Якщо роботи проводяться у закритих приміщеннях (навантаження насіння тощо), потрібно забезпечити належну вентиляцію.

Ергономіка та профілактика перевтоми. Робочі місця мають бути організовані з урахуванням зручного доступу до керуючих органів сівалки. Для зниження навантаження на опорно-руховий апарат слід чергувати роботу з періодами відпочинку. Рекомендується виконувати розминку перед початком роботи та після закінчення зміни.

Використання спецодягу та індивідуальних засобів захисту. Робітники повинні мати спецодяг (комбінезони, захисний одяг з натуральних тканин, зручне взуття). При обробці насіння хімічними препаратами необхідно застосовувати захисні засоби (окуляри, респіратори, рукавички).

Дотримання санітарно-гігієнічних норм. Після роботи слід ретельно мити руки з милом та обличчя. Уникати прийому їжі або напоїв на робочому місці. Регулярно проводити прибирання та знезараження обладнання і робочого простору.

Перша допомога та контроль за станом здоров'я. На робочому місці має бути аптечка з необхідними засобами для надання першої допомоги. Працівники повинні проходити періодичні медичні огляди для запобігання професійним захворюванням. У разі появи симптомів отруєння (нудота, запаморочення, слабкість) слід негайно припинити роботу та звернутися до лікаря.

4.3. Попереджувальні знаки з охорони праці, які необхідно передбачити на вдосконаленій сівалці.

На сівалці для цибулі-сіянки та часнику необхідно передбачити такі попереджувальні знаки з охорони праці:

Загальна безпека. Розміщується на основних частинах механізму, які можуть становити небезпеку для оператора або обслуговуючого персоналу.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Небезпека затягування одягу та кінцівок. Встановлюється поблизу рухомих частин (зірочок, ланцюгів, валів, транспортерів), які можуть захопити одяг або кінцівки працівника.

Обережно! Оберткові елементи. Розташовується біля висівних механізмів, коліс, приводних валів, де можливий контакт з обертовими деталями.

Небезпека ураження електричним струмом. Якщо сівалка має електричні компоненти (датчики, приводи), потрібно передбачити знаки біля електричних з'єднань та написати попередження про виконання робіт під лініями електропередач.

Заборонено відкривати або обслуговувати під час роботи. Розміщується на захисних кожухах та механізмах, які не можна відкривати під час роботи обладнання.

Обережно! Гідравлічний тиск. Якщо сівалка має гідравлічні механізми, знаки повинні попереджати про небезпеку високого тиску.

Зона падіння предметів. Попереджувальний знак у місцях завантаження посадкового матеріалу.

Використовуйте засоби індивідуального захисту. Вказівка на необхідність носіння захисного одягу, рукавичок, окулярів та іншого спорядження.

Обережно! Рухомі механізми. Біля частин сівалки, що можуть створювати небезпеку через різкі рухи (наприклад, сошники, висівні апарати).

Дотримуйтесь безпечної відстані. Для працівників, які не задіяні в безпосередньому керуванні сівалкою.

4.4. Інструкція з охорони праці під час роботи на посівному агрегаті.

Інструкція встановлює вимоги безпеки при роботі на посівному агрегаті для висіву цибулі-сіянки та часнику.

До роботи допускаються особи, які пройшли медичний огляд, навчання з охорони праці та інструктаж. Працівник повинен знати будову посівного агрегату, правила його експлуатації, вимоги охорони праці та пожежної безпеки.

Під час роботи слід дотримуватися правил експлуатації техніки, уникати перевантаження механізмів та стежити за їх справністю.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Перед початком роботи необхідно оглянути посівний агрегат, перевірити його справність та наявність усіх необхідних кріплень. Переконайтеся у справності захисних кожухів, гальмівної системи, гідравліки та електрообладнання. Оглянути робоче місце, прибрати сторонні предмети, що можуть заважати роботі. Перевірити наявність та справність засобів індивідуального захисту (рукавиці, захисні окуляри, спецодяг, взуття). Переконайтеся, що всі працівники знаходяться на безпечній відстані перед запуском агрегату.

Під час роботи забороняється перебувати біля рухомих частин агрегату, виконувати регулювання чи технічне обслуговування на працюючій техніці. Заборонено працювати без захисних кожухів, проводити очищення робочих органів під час руху агрегату. Оператор повинен дотримуватися рекомендованого режиму роботи, не перевищувати швидкість руху, уникати різких маневрів. У разі виявлення несправності необхідно негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун і повідомити керівника робіт. Забороняється працювати в несприятливих погодних умовах (сильний вітер, дощ, ожеледиця) без додаткових заходів безпеки. Під час заправки насінням чи внесення добрив слід використовувати засоби захисту органів дихання та уникати вдихання пилу.

4.5. Висновки по розділу.

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникнути під час експлуатації сівалки для сівби цибулі-сіянки та часнику, свідчить про необхідність ретельного дотримання вимог охорони праці. Основні загрози включають механічні, фізичні, хімічні, біологічні, електричні, кліматичні небезпеки, а також ризики, пов'язані з пожежною безпекою.

Для забезпечення безпечних умов роботи необхідно здійснювати регулярні технічні перевірки обладнання, використовувати засоби індивідуального захисту, організувати робочий простір відповідно до санітарно-гігієнічних норм та дотримуватися ергономічних вимог. Крім того, важливе значення має проведення навчання персоналу та інструктажів щодо безпечного користування технікою.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Можливі шляхи отримання економічного ефекту від модернізації сівалки, можуть бути наступними.

Зниження собівартості виробництва. Модернізація конструкції може привести до зниження витрат на виготовлення машини, зменшення її маси, що зменшує витрати на матеріали, обробку та транспортування. Це може зменшити загальні витрати на одиницю продукції.

Підвищення продуктивності. Покращення технологічних характеристик машини, таких як зменшення часу на обслуговування, підвищення точності та якості висіву, дозволяє виконувати більший обсяг роботи за менший час. Збільшення кількості гектарів, що обробляються за одиницю часу, може істотно підвищити ефективність роботи.

Зменшення витрат на технічне обслуговування та ремонти. Модернізація, яка зменшує кількість поломок або знижує потребу в частому ремонті, може знизити витрати на підтримку машини в робочому стані, а також зменшити час, який потрібен для усунення несправностей.

Підвищення врожайності. Покращення характеристик висівного апарату, таких як точність розподілу посадкового матеріалу, може призвести до більш рівномірного посіву та, відповідно, до підвищення врожайності культури. Вищий врожай при збереженні тієї ж площі дозволяє збільшити прибуток.

Оптимізація витрат на енергоресурси. Зменшення ваги машини або оптимізація її конструкції може призвести до економії пального чи енергії, що використовуються під час роботи трактора чи самої сівалки, що також знижує експлуатаційні витрати.

Зменшення витрат на зберігання. Враховуючи зменшення маси модернізованої машини, це може знизити витрати на зберігання техніки та зменшити вимоги до площ для її зберігання.

Покращення умов для механізаторів. Модернізація, яка полегшує роботу оператора, знижує його навантаження та час, витрачений на обслуговування

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

техніки, може призвести до підвищення продуктивності праці, що також впливає на загальний економічний ефект.

Збільшення терміну служби техніки. Вдосконалення конструкції може призвести до подовження терміну експлуатації машини, що дозволяє підприємствам отримувати вигоду від її використання протягом більшого періоду без необхідності заміни чи додаткових капітальних витрат.

Збільшення робочої ширини захвату. Збільшення робочої ширини захвату машини дозволяє обробляти більшу площу за одну операцію. Це зменшує кількість проходів машини по полю, економить час і витрати на паливо, а також знижує необхідність у великій кількості обслуговуючого персоналу.

Покращення технології висіву та розподілу матеріалу. Модернізовані вилки-захвати у висівному апараті дозволяють зменшити травмування посівного матеріалу. Завдяки цьому, покращується ефективність використання насіння, зменшується витрата матеріалу та зростає точність висіву. Це, в свою чергу, збільшує урожайність, оскільки висів проводиться більш рівномірно.

Оптимізація витрат на енергоспоживання. Модернізація може включати в себе не лише конструктивні зміни, а й вдосконалення енергетичних характеристик машини. Наприклад, зменшення її ваги та поліпшення аеродинаміки дозволяють зменшити енергоспоживання та знизити витрати на паливо для трактора, що підвищує загальну економічну ефективність.

Інвестиції в нові матеріали та технології. Використання більш легких і довговічних матеріалів, таких як композити або спеціальні сплави, може значно знизити вагу та витрати на обслуговування машини. Такі інвестиції можуть зменшити витрати на технічне обслуговування, продовжити термін служби обладнання і покращити ефективність роботи.

Зменшення часу на технічне обслуговування: В результаті модернізації конструкції, зокрема введення нових елементів, таких як лижа для регулювання глибини загортання, зменшується потреба в частому ремонті та технічному обслуговуванні. Це дозволяє заощадити час на обслуговування та знизити витрати на запчастини і роботу механіків.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Зменшення кількості поломок та аварій: Поліпшення надійності машини та її елементів зменшує ймовірність поломок під час роботи, що, в свою чергу, призводить до економії коштів на ремонтні роботи, а також зменшує час, який витрачається на відновлення техніки. Зменшення часу простоя також збільшує ефективність виробничого процесу.

Покращення умов роботи для оператора. Модернізація машини може передбачати покращення умов роботи оператора, наприклад, завдяки зручнішій конструкції керування або поліпшеній ергономіці. Це не тільки знижує втому оператора, але й дозволяє йому працювати більш ефективно, підвищуючи загальну продуктивність.

Підвищення конкурентоспроможності на ринку. В результаті модернізації, яка знижує витрати на виготовлення та обслуговування техніки, підприємство може запропонувати своїм споживачам більш конкурентоспроможну ціну. Крім того, висока продуктивність та ефективність нової машини можуть залучити нових покупців і розширити ринок збуту.

Забезпечення високої якості продукції. Зростання врожайності та покращення якості обробки поля в результаті модернізації техніки дозволяє виробникам отримати високоякісну продукцію, яка має більший попит на ринку. Це дає змогу продавати її за вищими цінами або збільшити кількість продажів.

Підвищення рівня автоматизації та зменшення потреби у робочій силі. Внесення змін до конструкції та технологічного процесу може зменшити потребу в ручній праці. Автоматизація деяких етапів процесу, таких як налаштування глибини посіву чи регулювання висіву, дозволяє зменшити потребу в обслуговуючому персоналі, що також знижує витрати.

Зменшення впливу на навколишнє середовище. Модернізація техніки може включати покращення екологічних характеристик, таких як зменшення викидів від роботи машини або зниження забруднення від використання ресурсів. Це не тільки підвищує сталий розвиток сільського господарства, але й може призвести до додаткових економічних вигод завдяки державним субсидіям або пільгам на екологічно чисті технології.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сучасне сільське господарство потребує інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності вирощування овочевих культур, зокрема цибулі-сіянки та часнику. На сьогодні для сівби цих культур використовуються овочеві сівалки, проте більшість із них не забезпечує належного рівня точності висіву та має низку недоліків. Зокрема, проблемними залишаються питання пошкодження насіння, нерівномірного загортання у ґрунт, значних енерговитрат та недостатньої продуктивності. Через це актуальним стає удосконалення конструкції сівалок для підвищення їхньої ефективності.

Зменшення травмування посівного матеріалу дозволить підвищити схожість насіння, а рівномірний висів сприятиме отриманню однорідних сходів та зменшенню конкуренції між рослинами за ресурси. Крім того, оптимізація механізмів сівалок дасть змогу скоротити енерговитрати, підвищити продуктивність та забезпечити стабільність врожайності.

Використання удосконаленого висівного апарату дозволяє зменшити відхилення в інтервалі між насінням до $\pm 5\%$, у той час як у стандартних механічних сівалках це відхилення може досягати $\pm 15-20\%$.

Рівномірність висіву підвищується на 25-30% завдяки покращеній конструкції вилок-захватів. Удосконалена конструкція висівного механізму знижує травмування цибулі-сіянки та часнику до 1,5-2%, у той час як у традиційних сівалках цей показник становить 5-7%. Це може дати додатковий приріст врожаю 200-300 кг/га, що значно підвищує рентабельність вирощування цибулі-сіянки та часнику.

Це сприяє підвищенню схожості насіння на 10-12%, що безпосередньо впливає на врожайність. Завдяки рівномірному висіву та зменшенню травмування насіння врожайність підвищується в середньому на 10-15% у порівнянні зі стандартними методами висіву.

Робоча швидкість агрегату збільшена до 30% більше за показники базових моделей.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Зменшення втрат посівного матеріалу дозволяє економити до 8-12% насіння, що особливо важливо при високій вартості якісного насіннєвого матеріалу, модернізована сівалка споживає на 15-18% менше пального за рахунок оптимізованої конструкції та зниженого опору ґрунту.

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникнути під час експлуатації сівалки для сівби цибулі-сіянки та часнику, свідчить про необхідність ретельного дотримання вимог охорони праці. Основні загрози включають механічні, фізичні, хімічні, біологічні, електричні, кліматичні небезпеки, а також ризики, пов'язані з пожежною безпекою.

Для забезпечення безпечних умов роботи необхідно здійснювати регулярні технічні перевірки обладнання, використовувати засоби індивідуального захисту, організовувати робочий простір відповідно до санітарно-гігієнічних норм та дотримуватися ергономічних вимог. Крім того, важливе значення має проведення навчання персоналу та інструктажів щодо безпечного користування технікою.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артиш В.І. Сучасний стан виробництва екологічно чистої продукції в країнах світу. Економіка АПК. 2005. № 3. С. 50-53.
2. Барабаш О.Ю., Тараненко Л.К., Сич З.Д. Часник – технологія вирощування. Біологічні основи овочівництва. URL: <https://agromage.com>.
3. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник. Київ: Вища шк., 1995. 237 с.
4. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
5. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
6. Гречкосій В.Д. Комплексна механізація виробництва зерна. Київ: Урожай, 1991. 213 с.
7. Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. Довідник сільського інженера; за ред. В.Д. Гречкосія. 2-е вид. перероб. і доп. Київ: Урожай, 1991. 400 с.
8. Даниленко В.І. Стан та тенденції розвитку овочевої консервації. Вісник ХНТУСГ: Економічні науки. Вип. 71. Харків: ХНТУСГ, 2008. С. 95-101.
9. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник, 2-ге вид., доп. і перер. Київ: НАУ, 2007. 266 с.
10. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.
11. Зоря О.П. Сучасні аспекти підвищення ефективності виробництва плодоовочевої продукції. Вісник ХНТУСГ: Економічні науки. Вип. 71. Харків: ХНТУСГ, 2008. С. 154-162.
12. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник. Київ: Вища освіта, 2013. 535с.
13. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

14. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ІІТО НАПН України, 2015. 291 с.
15. Криворучко В.І. Розвиток овочівництва в Україні. Економіка АПК. 1999. № 1. С. 117-118.
16. Левчук Н.І., Левчук О.М. Аналіз ситуації з виробництвом, заготівлею, зберіганням та реалізацією плодоовочевої продукції в Україні. Економіка АПК. 2003. № 12. С. 100-106.
17. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
18. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.
19. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.
20. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видав. Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
21. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Международная научно-техническая интернет конференция «Задачи земледельческой механики в XXI веке», 2-10 ноября 2011 г. Дослідницьке, Мелітополь, 2011. С. 61-65. URL: www.tsaa.org.ua.
22. Сівалка дворядна для цибулі та часнику ЧС-2. Машинерія в Україні. URL: <https://machinery.in.ua/ua/p2472509834-seyalka-dvuhryadnaya-dlya> (дата звернення 10.03.2025).
23. Сівалка для часнику 6-рядна для мінітрактора. Агромеханіка. URL: <https://am.ua/uk/seyalka-dlya-chesnoka-6-ryadnaya-dlya-minitraktora/> (дата звернення 10.03.2025).

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

24. Сільськогосподарські машини (Комплект кодопосібників). За заг. Ред. Г.Р. Гаврилюка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 216 с.
25. Сучасна технологія вирощування цибулі ріпчастої і цибулі зеленої на перо. Українська агропромислова група: веб сайт. URL: <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-cibuli-ripchastoi-i-cibuli-zelenoi-na-pero/> (дата звернення 1.03.2025).
26. Технологія вирощування часнику. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8778-tekhnolohiia-vyroshchuvannia-chasnyku.html>.
27. Технологія вирощування часнику. Агрономія сьогодні. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/nishevi-kultury/128-tekhnolohiia-vyroshchuvannia-chasnyku.html>.
28. Чотирирядна саджалка для часнику й цибулі ЧСН-2 на мінітрактор. ТОВ ЖЗМ. URL: <https://z mz.co.ua/ua/tehnika/chesnokosazhalki/chesnokosazhalka-dlya-minitraktora-chsn-4> (дата звернення 10.03.2025).
29. Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний наук. зб. Глевах: ННЦ “ІМЕСГ”, 2010. Вип. 94. С. 126-133.
30. Шмат С.І., Лузан П.Г., Колісник С.В. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць. Кіровоград: 2010, Вип. 23, С. 303-309.
31. Як вирощувати цибулю-сіянку: правила гарного врожаю цибулі. Аграрне Інтернет видання Mizez. URL: <https://mizez.com/news/yak-viroschuvati-tsibulyu-syanku-pravila-garnogo-v> (дата звернення 3.03.2025).

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ДОДАТКИ

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

