

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2023 р.

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

«Механізація вирощування квасолі з модернізацією секції робочих органів просапної сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи АІ-22М(1,4)
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Кучер Дмитро Юрійович
« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____Дмитро АРТЕМЕНКО
« ____ » _____ 2023 р.
Рецензент
к.т.н., доцент ЦНТУ
_____Іван СКРИННІК
« ____ » _____ 2023 р.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №		A4				Документація загальна						
						Заново розроблена						
						МВК 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка					
						Документація по технологічній частині						
						Заново розроблена						
					A1	МВК 00.001 ТЧ	Операційна карта	1				
										Документація по складальним одиницям		
										Заново розроблена		
					Взам. инв. №		A1			МВК 00.000 СБ	Універсальна пневматична сівалка Vesta 8	1
A1	МВК 00.110 СБ	Секція	1									
A2	МВК 00.120 СБ	Загортач	1									
		Документація по деталях										
A3	МВК 00.120.01	Пружина	1									
A3	МВК 00.120.02	Диск	1									
		МВК 00.000 ВП										
Инв. № подл.												
							1					
					Відомість проекту							
					ЦНТУ зр. АІ-22М(1,4)							
Разраб.	Кучер											
											Пров.	Артеменко
Н.контр.	Мачок											
											Утв.	Лещенко

Копировал

Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Технологічна частина.....	7
3. Наукова частина	24
4. Охорона праці	43
5. Економічна частина.....	46
Висновки.....	49
Список використаної літератури.....	51
Додатки	

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Україна відома своєю різноманітною аграрною галуззю, а вирощування квасолі останнім часом, на фоні зростаючих цін на неї, є одним із актуальних напрямків сільського господарства.

Квасоля - важливий продукт харчування, багата на білки, вітаміни та мінерали. Вона відіграє ключову роль у раціоні людей, сприяючи здоровому харчуванню та забезпечуючи організм необхідними поживними речовинами [1]. Вирощування квасолі сприяє покращенню структури ґрунту та збагаченню його азотом. Це відновлює родючість ґрунту та зменшує необхідність у використанні хімічних добрив. Оскільки ця культура може мати високу врожайність при правильному вирощуванні та великий попит у закордонних покупців то її вирощування є економічно привабливим, особливо на тлі великої кількості сортів які можуть вирощуватись практично на всіх ґрунтах які є в Україні. Тому важливим є забезпечення максимальних врожаїв які можливі лише при правильному виконанні технологічних процесів вирощування [2-5]. Головним технологічним процесом вирощування квасолі є посів насіння. Але важливо не тільки правильно розмістити насіння на дні борозни, а і якісно його загорнути. Від правильного загортання насіння залежить рівномірність і швидкість появи рослин на денній поверхні, тому процесу загортання насіння необхідно приділяти значну увагу. Оскільки загортання насіння на сучасних просапних сівалках виконується загортачами секції то удосконалення їх конструкцій може покращити вказаний процес [6].

Тому в зв'язку з цим актуальною є проблема удосконалення технології загортання насіння квасолі і розробка нової конструкції загортачів сівалки Vesta 8, яка направлена на покращення формування умов для швидкого проростання насіння.

					МВК 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Кучер						
Перевір.		Артеменко					6	58
						ЦНТУ гр. АІ-22М(1,4)		
Н. Контр.		Мачок						
Затверд.		Лещенко						

2. Технологічна частина

2.1 Огляд технології вирощування квасолі

Загальна характеристика культури. Квасоля, будучи цінною культурою як зерною, так і овочевою, відзначається високим вмістом білка, що робить її важливим джерелом протеїну для харчування. Загалом, квасоля містить приблизно 24,3% білка, що значно перевищує показники зернових культур, таких як пшениця, жито та кукурудза - у 1,5-2 рази. Ця культура відома як джерело необхідних людському організму амінокислот, зокрема лізину, триптофану, метіоніну, забезпечуючи велике значення в питаннях харчування, порівнюючи свій білковий склад з тим, що міститься у продуктах тваринного походження, таких як м'ясо, молоко чи курячі яйця.

У зернах квасолі знаходиться також значна кількість інших поживних речовин: крохмалю - близько 50%, цукрів - до 4%, жирів - 36%. Важливо відзначити, що у насінні цієї культури міститься значно більше корисних мінералів, таких як залізо, фосфор, калій, магній та кальцій, ніж у м'ясі. Крім того, квасоля є джерелом різноманітних вітамінів, таких як каротин, B1, B2, C, які разом з іншими компонентами роблять її корисним продуктом харчування. За показником калорійності (336 калорій на 100 г сухих зерен) зерно квасолі перевищує пшеничний хліб у 1,5 рази та картоплю - у 3,5 рази [7,8].

Температурний режим. Квасоля, рослина, яка вимагає тепла, потребує мінімальної температури для проростання насіння в діапазоні від +8 до +10°C. Підвищення температури сприяє скороченню тривалості періоду від сівби до появи сходів. За оптимальної вологості та температури від +14 до +24°C сходи квасолі з'являються у різні дні, наприклад, при +14 - +16°C це відбувається на 12-13-й день, а при +23 - +24°C - на 6-й день. Проте подальше підвищення температури не призводить до їх прискореного росту. Низькі температури, менше +8°C, сповільнюють проростання насіння квасолі, при цьому багато насінин загниває, особливо при перезволоженні. У фазі сходів квасоля не переносить навіть короткочасних заморозків та знищується при температурі -

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

0,5 - 1°C. Дорослі рослини можуть витримувати короточасні заморозки до - 2 - 4°C. Для належного зросту та розвитку оптимальна температура для квасолі становить +20 - +25°C. Зниження температури подовжує період від сходів до цвітіння та від цвітіння до дозрівання. При температурі +40°C і вище зростання рослин припиняється, бутони та квітки опадають. Квасоля потребує вологи, особливо під час набухання та проростання насіння, цвітіння та утворення бобів. У порівнянні з насінням хлібних злаків, для яких достатньо 50-80% води від ваги насіння, насіння квасолі вимагає 100-120%. Отже, для отримання рівномірних сходів квасолі важливо сіяти її в вологий ґрунт за оптимальної температури. Ця культура може переносити короточасну посуху до початку бутонізації, але несприятливо реагує на ґрунтову та повітряну посуху, особливо під час цвітіння та утворення бобів, що може призвести до відкидання квітів та зменшення врожайності [7,9,10].

Попередник. Квасоля - рослина, що має певні вимоги до ґрунту, його фізичних властивостей та родючості. Найкращі урожаї цієї культури можна отримати, якщо вона вирощується на добре структурованих ґрунтах, зокрема на суглинистих чорноземах, де є високі фізичні властивості. У разі висіву на погано прогріваних важкосуглинистих ґрунтах вона дає менші урожаї. Сірі лісові ґрунти не підходять для вирощування квасолі. Рослини квасолі вразливі до підвищеної кислотності, засоленості, високого рівня ґрунтових вод, перезволоження, посухи та забрудненості. Нейтральна реакція середовища ($pH = 6 - 7,5$) в ґрунті є найбільш сприятливою для квасолі. Кращі попередники для квасолі - це озимі колосові культури, такі як пшениця, ячмінь, а також овес, кукурудза на зерно та силос. За таких попередників у ґрунті майже завжди залишається достатньо вологи та поживних речовин, що сприяє отриманню високих врожаїв квасолі. Не рекомендується сіяти квасолю після соняшника або повторно на тому ж полі, оскільки це може спричинити захворювання та значне зниження урожаю. Висів квасолі на тому ж полі, а також після інших бобових культур, можна проводити не раніше, ніж через 5-6 років. Квасоля, так само як і інші бобові, збагачує ґрунт азотом завдяки співпраці з

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

азотфіксуючими бактеріями, що живуть на коренях рослин, та залишає після себе поле, вільне від бур'янів [8-10].

Обробка ґрунту. Один із ключових чинників, що впливає на формування врожаїв квасолі, - це обробіток ґрунту, призначений саме для цієї культури. Дослідження та практика свідчать, що найбільш ефективним обробітком для квасолі, яка висівається після раніше зібраних культур, таких як озимі та ярі колосові, є напівпарова обробка. Цей процес включає лушення на глибину 5-6 см після збирання урожаю, оранку на глибину 20-22 см через 15-25 днів після цього (не пізніше кінця серпня) в агрегаті з котками або боровами, а також 2-3 культивування з боронуванням.

Щоб уникнути втрати опадів, останню культивування виконують без боронування на глибину до 14 см. На схилах з нахилом 3° і більше рекомендується застосовувати заходи протиерозійної обробки ґрунту за допомогою пристроїв для лункування ПЛДГ-10 або щілиноутворювачами ЩН-2-140. Основний обробіток ґрунту під квасоллю включає післязбиральне дискування за допомогою важких дискових знарядь БДТ-7, БД-10 в 1-2 проходи на глибину 5-6 см, оранку за допомогою плугів з кільчасто-шпоровими котками або боровами на глибину 20-22 см. Якщо залишки коренестебелевих решток не ретельно розрізані та подрібнені, глибину оранки можна збільшити до 25 см. Збільшення глибини оранки не призводить до підвищення врожайності квасолі, але збільшує витрати [10-13].

Добрива. Квасоля чутлива до добрив та користується додатковою користю від післядії добрив, що вносяться на поля для попередніх культур. Застосування добрив здійснюється основною частиною восени, під час зяблевої оранки, і додатково весною - локально в рядки під час сівби. На сірих лісових ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах, використовується комплексне добриво з вмістом N60P60K60, на типових і звичайних чорноземах, на карбонатних чорноземах центральної та південної зон - N45P60K30 - 60. Рекомендується використовувати складні добрива як основний засіб підживлення, при цьому не менше 90% загальної кількості слід

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

вносити восени під час основного обробітку ґрунту. Також слід враховувати внесення добрив під час сівби на всіх типах ґрунтів. Наприклад, краще застосовувати амофос у дозі 0,5 ц туків на 1 га або 11%-ву нітрофоску - 1 ц/га. Використання складних добрив допомагає уникнути порушень у відношенні поживних речовин, сприяючи підвищенню ефективності туків та поліпшенню якості сівби [10,11].

Сівба та догляд за посівами. Оскільки квасоля вимагає тепла для нормального росту, важливо висівати її у добре прогрітий ґрунт, щоб забезпечити рівномірний розвиток рослин. Якщо сіяти в прохолодний ґрунт, насіння може не прорости, вразитися грибковими хворобами, і рослини можуть рости нерівномірно, що може призвести до зниження врожаю. Найкращий момент для висіву квасолі - коли на глибині 10 см ґрунт прогрівається до +14 - 16°C. Широкорядний посів з відстанню 45 см є ефективним якщо використовувати гербіциди для боротьби із бур'янами, також в цьому випадку можна зменшувати відстань міжрядь до 30 см для поліпшення прикріплення бобів, що полегшує процес збирання і зменшує втрати врожаю. Квасоля часто витягує сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому насіння слід закладати на глибину 5 - 6 см у вологому ґрунті або 7-8 см у сухому та легкому ґрунті. Негайно після висіву рекомендується ущільнити ґрунт котками, щоб забезпечити рівну поверхню та однакову появу сходів. Якщо ґрунт був належним чином підготовлений та застосовані гербіциди, будь-які додаткові обробки для догляду за рослинами не потрібні. Під час подальшого вирощування квасолі проводять 1-2 культивації міжрядь, останню з них - перед повним заростанням рослин. Для міжрядкових обробок використовують культиватори УСМК-5,4, КРН-5,6, які адаптують під роботу на ширині міжрядь 45 см [10-13].

Збір врожаю. Квасоля швидко досягає зрілості, близько 50 днів і може давати урожай двічі на рік. Для сучасних високопродуктивних кущових сортів квасолі процес дозрівання триває протягом 10 - 12 днів. Оптимальний момент

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

для збирання квасолі - фаза підсихання 50-60% бобів на рослинах, коли випадає більшість листя [10,11].

2.2 Технологічна карта вирощування квасолі

Технологічна карта вирощування квасолі розроблялась згідно рекомендацій [10-14]:

1. Після збирання попереднього урожаю машинами New Holland TD5.90 та ЛДГ-10 проводиться обробка стерні шляхом лушення на глибину не менше 5 см. Це дозволяє уникнути втрати вологи шляхом запобігання випаровуванню, сприяючи викоріненню бур'янів та знищенню шкідників сільськогосподарських культур.

2. Зяблева оранка New Holland TD5.110 + плуг із передплужником ПЛН-5-35, який працює на глибині 20-22 см з обертанням пласта ґрунту. Основна мета цієї операції полягає у знищенні бур'янів.

3. Для підвищення вмісту елементів живлення проводиться внесення мінеральних добрив Р і К під час оранки із закладанням у ґрунт.

4. У зимовий період важливо здійснювати заходи з утримання снігу для збереження вологості. Після появи снігового покриву товщиною до 10 см, рекомендується його ущільнювати. Для цього створюються вали упоперек напрямку основних вітрів на відстані 3 метрів один від одного.

5. У весняний період рекомендується проводити ранньовесняне боронування, коли ґрунт досягне фізичної стиглості, використовуючи трактор New Holland TD5.90 разом з бороною 3-БЗС-1 у 1-2 проходи. Ця процедура спрямована на зменшення капілярного випаровування вологи та знищення ґрунтової кірки.

6. При надходженні періоду підсихання верхнього шару ґрунту необхідно провести прикочування поля за допомогою кільчасто-шпорових котків моделі ЗККШ-6 у один прохід. Це сприятиме зменшенню дифузного випаровування вологи через великі пори та вирівнюванню поверхні поля.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

7. Передпосівна обробка ґрунту проводиться в день посіву за допомогою New Holland TD5.90 та культиватора КПС-4, борін БЗСС-1 на глибину 10-12 см. Ця культивація спрямована на обробку ґрунту для знищення бур'янів та створення рівномірного насінневого ложа для посіву насіння.

8. Обробка насіння проводиться через обприскування та подальше просушування. Перед посівом використовують пристрої ПСШ-3, ТСШ-5 або ПС-10 для обробки пестицидами з метою знищення хвороб та шкідників.

9. Посів виконується після останньої культивації, коли температура ґрунту досягне 12-15°C на глибині посіву. Для посіву використовується New Holland TD5.90 та просапна сівалка Vesta 8 на глибину 3-5 см стик в стик.

10. Після посіву рекомендується виконати котування з використанням кільчасто-шпорових котків моделі КШ-6 у один прохід. Це сприятиме однорідній появі сходів та зменшить дифузне випаровування вологи.

11. Застосування гербіциду New Holland TD5.90 + ОПШ-12 проводиться за 2-3 дні до виходу сходів. Використовується препарат прометрину 50% с.п. у кількості 3т/га для ефективного знищення бур'янів.

12. Обприскування інсектицидами починається з фази сходів і триває до початку бутонізації культури. Використовують карбофос, метафос, фосфамід для рівномірного розподілу на поверхні рослини за дозою 0.5 л/га з метою боротьби з шкідниками.

13. Застосування фунгіцидів відбувається при появі ознак захворювання рослин New Holland TD5.90 + ОПШ-12. Забезпечується рівномірне покриття поверхні рослин для боротьби з хворобами.

14. Наприкінці літа, на початку осені проводиться збирання у валки після жовтіння бобів та закріплення насіння. Використовуються квасолезбиральна машина ФА-4 або пряме комбайнування зерновим комбайном New Holland CX 8.80.

					<i>МВК 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2.3 Операційна технологія посіву квасолі

Умови роботи

Характеристика умов роботи агрегату в складі трактора New Holland TD5.90 та сівалки Vesta 8 наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Перелік умов роботи

Показник	Значення показника
Операція	Посів
Площа, га	120
Марка трактора	New Holland TD5.90
Сівалка	Vesta 8
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

2.3.1 Агровимоги до посіву квасолі [7,10,11]:

Посів квасолі рекомендується проводити, коли пройшла загроза весняних заморозків і температура ґрунту на глибині 10 см досягне 15-17°C. У Лісостеповій зоні ці умови зазвичай відповідають першій або другій декаді травня. Щоб збільшити період збирання, квасоллю висівають у різні терміни з інтервалом 10-15 днів.

Спосіб сівби може бути широкорядним з шириною міжрядь 45-60 см або стрічковим за схемою 60+15+15 см, проте оптимальним вважається широкорядний посів з міжряддями 45 см. Такий розмір міжрядь дозволяє рядам зчепитися під час цвітіння, забезпечує краще стримування бур'янів та можливість механізованого догляду за посівами.

Для велико насінневих високорослих сортів квасолі, норма висіву складає 300-350 тис. штук на гектар, у дрібнонасінних сортів - 400-500 тис. штук на гектар.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Глибина посіву насіння також має значення. Зазвичай, оптимальна глибина становить 4 см, але для вологих або глинистих ґрунтів - 3-4 см, для піщаних або легких ґрунтів, а також при пізньому посіві - 6-7 см.

2.3.2 Підготовка сівалки і трактора до роботи [15,16]

Підготовка сівалки: перевірка комплектності сівалки, переконання, що всі необхідні елементи і деталі на місці; точна перевірка встановлення робочих органів, зокрема сошників, насінневих проводів та захисних пристроїв; перевірка та налаштування механізму передачі для правильного висіву насіння і добрив; перевірка технічного стану сівалки, усунення будь-яких виявлених неполадок; налаштування відповідної норми висіву насіння і добрив.

Підготовка трактора: перевірка технічного стану трактора, усунення будь-яких неполадок; перевірка роботи електричних систем, світлової сигналізації та інших елементів; встановлення зв'язку між трактором і системою контролю сівалки.

Підготовка агрегату: розташування сівалки на платформі керування і підключення до трактора; перевірка з'єднань, фіксація сівалки на тракторі для стабільності під час роботи.

Проведення технічного обслуговування (ТО): перевірка робочих органів, систем мащення та інші регулярні перевірки, які підтримують нормальну роботу агрегату; періодичне ТО та змащення механізмів для підтримки ефективності роботи під час посіву.

Наведені заходи дають змогу забезпечити належну підготовку обладнання для роботи на полі під час посіву квасолі та гарантує його ефективність і надійність.

2.3.3 Підготовка поля до роботи

Перед початком робіт потрібно оглянути об'єкт та визначити наявність будь-яких перешкод, що можуть заважати роботі техніки. Видалити усі сторонні предмети, що можуть перешкоджати руху машин або агрегатів. Якщо

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

є непереміщувані перешкоди (камені, великі корчі), позначте їх видимим чином для уникнення пошкоджень та збереження безпеки.

Виберіть оптимальний шлях руху для машини чи агрегату, уникайте нерівностей, ямищ, інших перешкод, які можуть вплинути на роботу обладнання. Призначте маркери або позначки для розуміння напрямку руху або робочої зони.

Розгляньте різні варіанти проходу агрегату на полі з урахуванням умов та вимог конкретної ділянки. Необхідно обрати шлях руху, який забезпечить ефективне виконання завдання.

2.3.4 Організація роботи агрегату в загінці [15,16]:

Визначаємо напрямок руху агрегату вздовж сторони поля довжиною 900 метрів і обираємо спосіб руху "човниковий".

Кінематична довжина агрегату:

$$L_k = l_m + l_{\text{м}},$$

де $l_m + l_{\text{м}}$ – кінематична довжина трактора та сільськогосподарської машини, м.

$$l_m = 4,2\text{м}, l_{\text{м}} = 2,2\text{м}.$$

$$L_k = 4,2 + 2,2 = 6,4\text{м}.$$

При петльовому способі повороту визначаємо ширину поворотної смуги:

$$E_p = 3R_{\min} + e,$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м.

$$R_{\min} = 1,2B_p = 1,2 \cdot 5,6 = 6,7\text{м},$$

e – довжина виїзду агрегату, м.

$$e = 0,6 \cdot L_k = 0,6 \cdot 6,4 = 3,84\text{м}.$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Тоді

$$E_p = 3 \cdot 6,7 + 3,84 = 23,94 \text{ м}$$

Заокруглюємо до цілого числа через число кратності K :

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{23,94}{5,6} = 4,3$$

$$E_p = K \cdot B_p$$

$$E_p = 4,3 \cdot 5,6 = 24,1 \text{ м}$$

Визначаємо ширину загінки:

$$C = \frac{10^4 (2 \dots 3) W_{3M}}{L},$$

де W_{3M} – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

L – довжина загінки, м.

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 17,9}{900} = 597 \text{ м}$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 22}{900} = 733 \text{ м}$$

Необхідна кількість загінок визначається:

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{LC}$$

де F – площа посіву, га;

L – довжина загінки, м.

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 120}{900 \cdot 597} = 2,23$$

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 120}{900 \cdot 733} = 1,82$$

На 4 передачі приймаємо за гінку 900м і 450м.

На 5 передачі приймаємо за гінку 900м і 250м.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.5 Контроль якості роботи

На основі здійснених обчислень складається операційна технологічна карта для посіву квасолі і проводяться додаткові розрахунки показників, відповідно до [15,16], що стосуються організації виконання цих операцій.

Тривалість одного циклу, хв.

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n,$$

де L_p – довжина заїмки робоча, м;

V_p – швидкість агрегату, км/год;

t_n – час повороту, ($t_n = 1,5 \dots 2$ хв.)

$$L_p = L - 2 \cdot E_p$$

де L – заїмка ($L = 900$ м);

E_p – ширина поворотної смуги ($E_p = 24,1$ м).

$$L_p = 900 - 2 \cdot 24,1 = 852 \text{ м}$$

Отже:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 852}{10^2 \cdot 6,84} + 2 \cdot 1,5 = 17,9 \text{ хв} = 0,29 \text{ год}$$

Визначаємо технічну продуктивність за цикл, га/ц:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau,$$

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7 \cdot 0,29 \cdot 0,82 = 0,91 \text{ га/ц}.$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}},$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{17,9}{0,91} = 19,6 \text{ ц / зм},$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\text{ц}} = \frac{22}{0,91} = 24,2 \text{ ц / зм.}$$

Витрати палива за зміну:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{за}} \cdot W_{\text{зм}},$$

$$Q_{\text{зм}} = 5,8 \cdot 19,6 = 113,7 \text{ кг / зм}$$

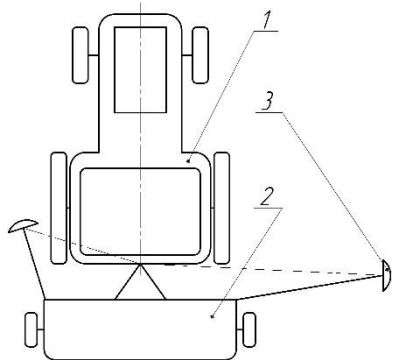
$$Q_{\text{зм}} = 4,2 \cdot 24,2 = 101,6 \text{ кг / зм}$$

На основі проведених розрахунків, агротехнічних вимог на посів квасолі та умов роботи, заповнюється операційно-технологічна карта табл. 2.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 2

Операційно - технологічна карта посіву квасолі

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 120 га, довжина гонів – 900м, ширина гонів – 733м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина посіву – 4 см.	 Схема поля
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: ± 1 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву ± 2 см. Не допускається незагорнуте насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland TD5.90, сівалка Vesta 8, робоча ширина захвату – 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,7м, кінематична довжина агрегату – 6,4м. Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки; відрегулювати на задану норму висіву; встановити маркери	 1 – трактор New Holland TD5.90; 2 – сівалка; 3 - маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 24,1м.	
Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий човниковий, спосіб повороту – петльовий грушоподібний	
Швидкість руху	Робоча передача – V, враховуючи буксування, робоча швидкість 7 км/год	

Показники організаційного процесу	Тривалість циклу – 17,9хв, технічна продуктивність за цикл – 0,91 га/ц; змінна продуктивність агрегату – 22 га/зм, кількість циклів за зміну 23 ц/зм	L - довжина гонів, L_p - робоча довжина загінки, E - ширина поворотної смуги, e - довжина виїзду агрегату, B_p - ширина захвату агрегату.
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше $\pm 0,5$ см. Норма висіву становить 9-10 насінин на 1 м рядка (2,0-3,0 кг/га) або 1,5-2,0 посівні одиниці.	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибина посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання; точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відкрити 1м рядка і заміряти відстань між насінням; прямолінійність рядків – на довжині 50м відбити базову лінію і через 0,5м заміряти відхилення.

3. Наукова частина

Актуальність теми. Вирощування квасолі на сьогоднішній день в сільськогосподарському виробництві складає лише частку загального обсягу виробництва продукції рослинництва в фермерських господарствах. Квасоля є витратною, але дуже вигідною культурою, яка привертає увагу для вирощування, незважаючи на складності технологічного процесу. Оскільки вартість квасолі лише зростає, підвищення її врожайності стає актуальною проблемою. Для впровадження більш продуктивних технологій вирощування квасолі потрібно, щоб робочі елементи сівалки повністю задовольняли агротехнічні вимоги для забезпечення якісного посіву. Під час посіву, ключовим аспектом для якості посіву квасолі є рівномірне розташування насіння на визначеній глибині в борозні та створення умов для його ефективного проростання. Тому забезпечення належного виконання технологічного процесу посіву за допомогою робочих органів сівалки є важливим завданням.

Мета і задачі дослідження. Мета проведення досліджень полягає в покращенні продуктивності роботи загортачів секції просапної сівалки шляхом оптимізації і науково обґрунтованого вдосконалення їх конструкційних та технологічних параметрів.

Для досягнення мети поставлено такі задачі:

аналіз існуючого процесу роботи загортачів просапної сівалки для виявлення недоліків та обґрунтування шляхів їх усунення;

експериментально дослідити роботу загортачів просапної сівалки з метою розробки покращеної конструкції і аргументації раціональних параметрів її складових елементів;

провести оцінку техніко-економічної ефективності вдосконалених загортачів в контексті їх впливу на продуктивність культури, що висівається.

Об'єкт дослідження: технологічний процес роботи дискових загортачів посівної секції просапної сівалки.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Предмет дослідження: конструктивно-технологічні параметри дискових загортачів посівної секції просапної сівалки та технологічні властивості ґрунту, які впливають на їх роботу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

на основі математичної моделі встановлено закономірності впливу геометричних параметрів дискових загортачів на виконання процесу загортання борозни;

досліджено поведінку ґрунту від дії дискових загортачів в процесі його переміщення в бік борозни та показано вплив кута установки та діаметру диску загортачів на характер виконання технологічного процесу;

виявлено зв'язок між геометричними параметрами дискових загортачів та процесом загортання борозни.

3.1 Напрямки підвищення швидкості проростання квасолі

Квасоля вважається культурою, що потребує спеціального підходу до вирощування. Тому для забезпечення високих врожаїв фермерам потрібно вкладати значні кошти в процеси, пов'язані з її вирощуванням. Однією з основних цілей вирощування є підвищення врожайності квасолі, це є основним завданням для вирішення більшості проблем, пов'язаних з удосконаленням технологій вирощування цієї культури. Найбільш важливим і відповідальним етапом вирощування квасолі є посів.

Посів має забезпечити умови для проростання та розміщення насіння, щоб рослини з'являлися на поверхні якнайшвидше, що в свою чергу забезпечить збільшення врожайності квасолі на всіх посівних площах. Розміщення насіння квасолі на заданій глибині і її загортання в борозні є важливою умовою для рівномірної появи рослин. Проте, на практиці, виробники сівалок приділяють цьому процесу мало уваги. Правильно створені умови для висіяного насіння можуть значно вплинути на швидкість його проростання. В зв'язку з цим актуальною є проблема удосконалення

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

технології посіву насіння і конструкції загортачів просапної сівалки, яка направлена на покращення умов проростання насіння кvasолі.

Під час проростання кvasолі, її насіння викидає паросток у вертикальному напрямку. Оскільки насіння цієї культури є досить великим за розміром, необхідно, щоб верхній шар ґрунту, що знаходиться над насінням, був дрібногрудковатим та не надто щільним. Найефективнішим для загортання насіння кvasолі є спочатку ущільнення ґрунту з обох боків для кращого забезпечення підтягування капілярної вологи, а потім заповнення борозни над насінням дрібногрудковатим ґрунтом та вирівнювання поверхні рядка. І якщо ущільнення стінок борозни можна виконати наральником сошника то конструкція загортачів, які використовуються на секціях просапних сівалок, не в повній мірі відповідає вимогам для оптимального загортання насіння кvasолі.

3.2 Програма і методика лабораторних експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою встановлення основних параметрів для якісного загортання висіяного насіння, а також для отримання підтверджень ефективності роботи запропонованого робочого органу.

В програму експериментальних досліджень входили:

розробка удосконаленої конструкції загортачів просапної сівалки;

дослідження параметрів запропонованих загортачів, які впливають на дальність відкидання ґрунту в бік борозни в залежності від їх конструктивних особливостей і швидкості руху агрегату;

дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту: коефіцієнта тертя ґрунту по сталі і кута природного укосу для обґрунтування процесу загортання посівної борозни.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3.3 Обґрунтування конструкції загортачів секції просапної сівалки

Для вдосконалення серійних загортачів потрібно також оцінити конструкції закордонних виробників, проаналізувавши літературні джерела [17-22], можна бачити, що вони значно не відрізняються від вітчизняних конструкцій. Тому далі проведемо огляд саме вітчизняних конструкцій загортачів сівалки Vesta 8. На сьогодні сівалка Vesta 8 доступна з трьома варіантами загортачів, один з яких призначений виключно для вирівнювання поверхні над рядком.

Секція сівалки Vesta 8 має робочий орган для загортання з прямою пластиною на кінці якої розміщена лопатка (рис. 3.1), сам загортач розміщений безпосередньо за сошником. Його основне завдання – переміщувати шари ґрунту з поверхні поля та закривати ними борозну. Загортач секції сівалки Vesta 8 складається з важеля у вигляді плоскої пластини 1 та нахиленої під кутом прямокутної лопатки 2. Лопатка призначена для відбирання шару ґрунту з поверхні поля та направлення його в бік борозни [23].

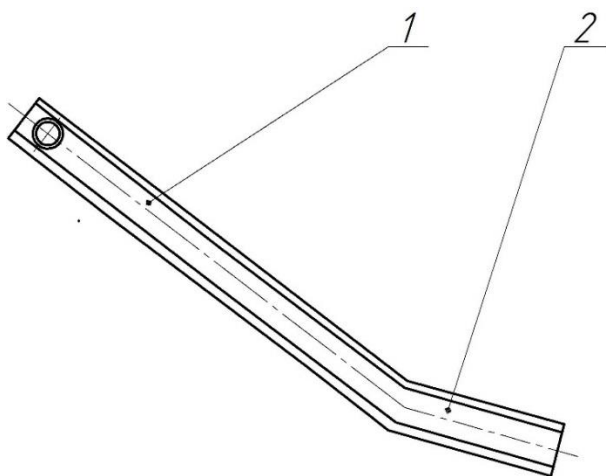


Рис. 3.1 Загортача сівалки Vesta 8 пластинчастого типу:

1 – пряма пластина; 2 - лопатка

Однією із головних проблем пластинчастих загортачів є принцип їх роботи направлений на згрібання ґрунту з поверхні поля, який часто має меншу вологість, ніж шар ґрунту у борозні на глибині посіву насіння. Такий процес роботи загортачів може призвести до затримки або уповільнення проростання насіння, що може вплинути на загальну продуктивність посівів.

Найбільшого розповсюдження в конструкції секцій робочих органів сівалок типу Vesta 8 набула конструкція загортачів [23] з криволінійними лопатками (рис. 3.2).

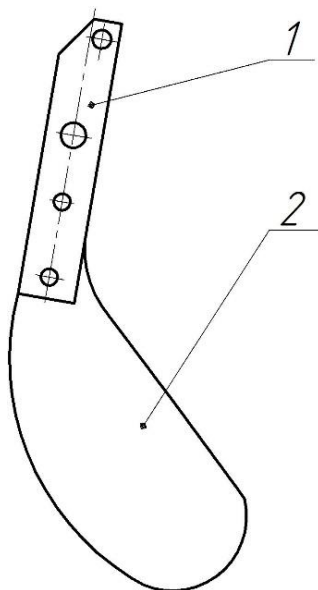


Рис. 3.2 Загортач з криволінійною робочою частиною:

1 – стійка; 2 – криволінійна лопатка

Загортач складається із стійки 1, до якої прикріплена криволінійна лопатка 2. Робота такого загортача полягає у тому, що під час руху, криволінійна лопатка виділяє верхній шар ґрунту та перенаправляє його в бік борозни, при цьому утворюється невеликий виступ над рядком, після чого прикочуючий коток секції вирівнює ґрунт утворюючи сприятливі умови для проростання насіння.

Одним з недоліків такого загортача є те, що в процесі виділення ґрунту з поверхні поля відбувається перемішування ґрунту, що призводить до зменшення його вологості, а укривання ним насіння в борозні може сповільнювати його проростання.

Загортач секції сівалки Vesta 8 (рис. 3.3) для рівномірного планування поверхні над рядком складається з кронштейна 1, що кріпиться на підвіску прикочуючого котка, рухомих поводків 2 та обмежувачів з віссю 3 в нижній частині. Під час роботи, вісь загортача, розташована трохи нижче рівня рядка,

вирівнює його поверхню шляхом змішування верхнього сухого шару ґрунту з вологим, нижнім шаром, що сприяє мульчуванню [23].

Проте головний недолік такої конструкції – загортач не приймає участі в загортанні борозни, а лише переміщує верхні шари ґрунту різної вологості, що може призвести до втрати капілярної води у зоні, де відбувається проростання насіння. Це може призвести до затримки росту рослин та затримки їх виходу на поверхню, загортач виконує лише функцію планування і вирівнювання поверхні рядка.

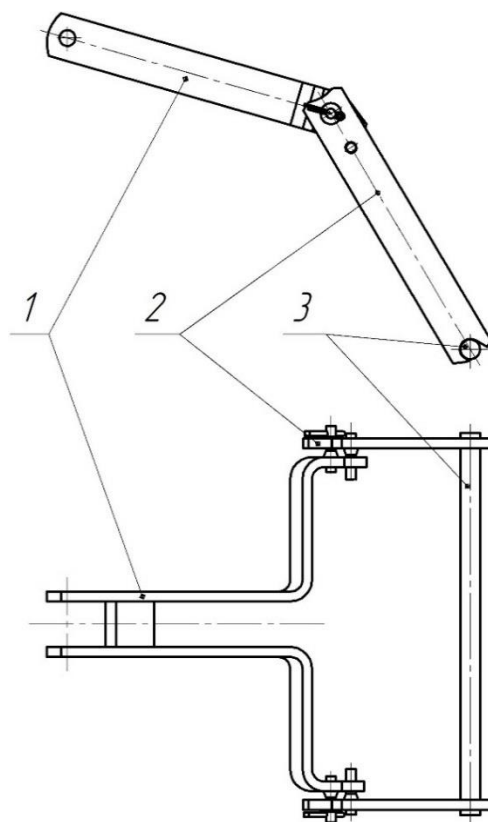


Рис. 3.3 Загортач сівалки Vesta 8 для мульчування ґрунту

Перспективним шляхом удосконалення загортачів є поетапне проведення процесу загортання насіння: спочатку вологими шарами, а потім покриття всієї борозни верхніми, більш сухими шарами ґрунту. Перевагу треба віддавати конструкціям загортачів пружинного типу з дисковими робочими органами які виявляються найбільш перспективними для подальших досліджень.

Ці загортачі мають численні переваги, включаючи простоту конструкції та легкість налаштування. Додатково, завдяки пружній дії на ґрунт, вони

очищаються не лише від рослинних залишків, а й від налипання вологого шару ґрунту [24,25].

Для можливості покращення роботи загортаючих робочих органів та усунення недоліків наведених вище нами був розроблений удосконалений комбінований загортач пружинно дискового типу (рис. 3.4).

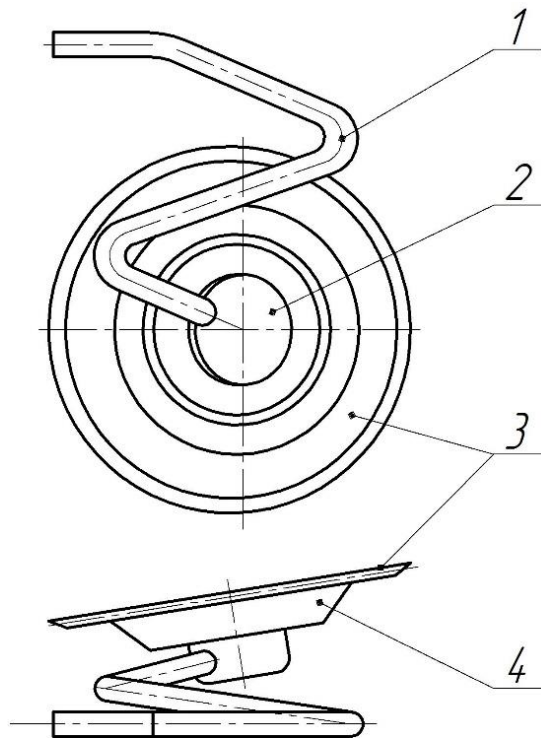


Рис. 3.4 Удосконалений комбінований загортач:

1 – пружина; 2 – ступиця; 3 – диск; 4 – конічний ущільнювач

Дисковий загортач просапної сівалки виконаний комбінованим у вигляді плоского однобічно загостреного диску розміщеного під кутом до напрямку руху загортача, на зовнішній стороні диску розміщений конічний ущільнювач і ступиця в якій фіксується N-подібна пружинна стійка, що здійснює тиск на робочу поверхню загортача, причому пружна стійка розміщується під кутом до вісі рядка в вертикальній площині.

На рис. 3.4 показано дві проекції запропонованої конструкції дискового загортача просапної сівалки. Запропонований дисковий загортач складається із пружної стійки 1, ступиці 2, плоского диску 3, конусного ущільнювача 4.

Дисковий загортач просапної сівалки працює наступним чином, під час руху сівалки пружинна стійка 1 загортача здійснює тиск на плоский диск 3

забезпечуючи стійкість його руху по глибині. Занурюючись в ґрунт плоский диск обмежує глибину руху за рахунок конічного ущільнювача 4 який під дією пружної стійки 1 ущільнює ґрунт по краю борозни покращуючи стійкість плоского диску в горизонтальній площині та покращуючи процес виокремлення шару ґрунту для зміщення в борозну. За рахунок установки загортача під кутом до центру борозни диск під час руху направляє ґрунт в бік борозни формуючи шар ґрунту визначеного розміру у вигляді пагорбу трапецієвидного вигляду.

Ефективність роботи дискового загортача забезпечується такими факторами:

1. Загортач за рахунок конічного ущільнювача та пружної стійки рівномірно рухається по глибині відділяючи необхідну кількість ґрунту яка потрібна для формування пагорбу над насінням у вигляді трапеції.

2. За рахунок розхилу пружної стійки загортачів в горизонтальній площині та обертанню плоского диску утворюється ефект мульчування, а за рахунок розхилу у вертикальній площині створюється тиск в зоні борозни, що сприяє формуванню пагорбу визначеної геометричної форми.

3. При підвищенні засміченості ґрунту рослинними рештками і підвищенні вологості ґрунту конструкція дискового загортача сприяє його самоочищенню.

3.4 Методика експериментальних досліджень удосконаленого загортача

З метою дослідження роботи удосконаленого загортача просапної сівалки і отримання експериментальних даних про їх роботу була використана наступна методика. На базі лабораторного ґрунтового каналу довжиною 6 м та шириною 1 м була розроблена експериментальна установка (рис. 3.5).

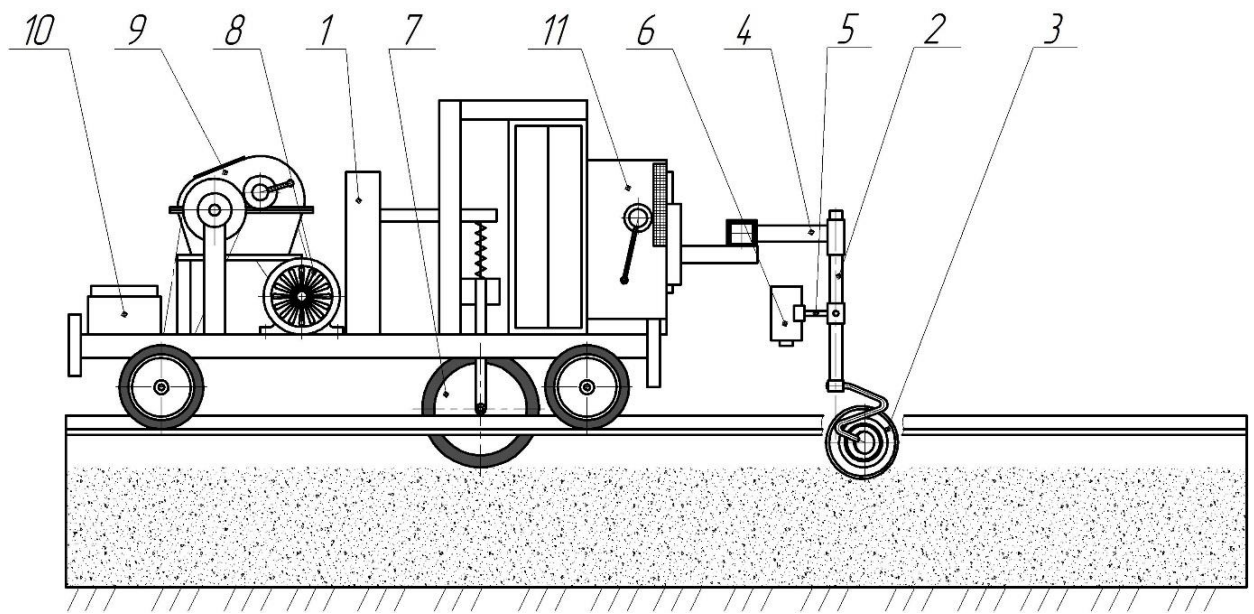


Рис. 3.5 Лабораторна експериментальна установка:

1 – самохідний візок; 2 – кронштейн; 3 – дисковий загортач; 4 – кронштейн навіски; 5 – кронштейн цифрової камери; 6 – цифрова камера; 7 – коток; 8 – електродвигун; 9 – коробка зміни передач; 10 – додатковий вантаж; 11 – механізм регулювання навіски

Лабораторні дослідження удосконаленого дискового загортача просапної сівалки проводились за наступною методикою. Для визначення раціональних значень кута установки дискового загортача в горизонтальній площині нами було використано цифрову відео зйомку. Камера встановлювалась на кронштейні в передній частині над загортачем, фокус наводився на простір в зоні роботи загортача перпендикулярно осі пружини на якій кріпиться загортач. Швидкість зйомки складала 100 кадрів/сек. Швидкість руху загортача змінювалась в межах від 1,0 до 2,5 м/с. Вологість шару ґрунту готувалась у відповідності до умов посіву і змінювалась в межах від 16 до 20%. Ґрунт який використовувався при проведенні досліджень – суглинистий чорнозем, з агрегатним складом який відповідає агрономічним до посіву просапних культур. Загортач виставлявся на глибину вищу за глибину посіву на 2 см, така глибина використовується для більшості культур при посіві в межах агрономічного. Поверхня ґрунтового каналу після кожного проходу сошника відновлювалась. При кожному значенні вологості ґрунту повторність

дослідів трикратна. Після проведення дослідів відзнятий матеріал оброблявся на ПК за допомогою прикладних програм.

3.5 Методика досліджень фізико-механічних властивостей ґрунту

Аналізуючи дослідження, що стосуються обґрунтування конструкцій робочих органів сівалок [24-26], було встановлено, що коефіцієнт тертя ґрунту по сталі має значний вплив на дальність відкидання ґрунтових часток їх поверхнею. Тому, для його належного обґрунтування, необхідно визначити залежність цього коефіцієнта від вологості ґрунту.

Для досягнення цієї мети був розроблений спеціальний пристрій (рис. 3.6), який складається із ящика 1, пластини 2, ролика 3 та вантажів 4. Принцип роботи приладу наступний: в ящик насипається ґрунт 6 з певною вологостю, на який кладеться металева пластина виготовлена із сталі 65Г. До пластини прив'язується шнур 5 з вантажем. Важливою умовою є збереження прямого кута між лінією розміщення пластини в горизонтальній площині та лінією розміщення вантажу в вертикальній площині. Потім вантажі додаються до вантажної чашки, поки пластина не почне рухатись по поверхні ґрунту. Отримані результати досліджень фіксувалися в журналі випробувань, і кожне дослідження повторювалося тричі.

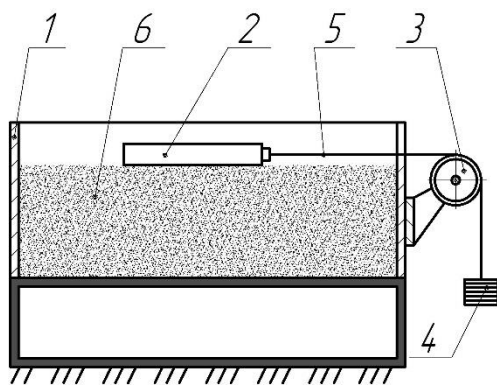


Рис. 3.6 Пристрій для визначення коефіцієнта тертя ґрунту по сталі:

1 – ящик; 2 – пластина; 3 – ролик; 4 – вантаж; 5 – шнур; 6 – ґрунт.

Коефіцієнт тертя ґрунту по сталі визначався залежністю:

$$f = \frac{T}{N}, \quad (3.1)$$

де T – опір тертю;

N – нормальний тиск.

Один із ключових аспектів роботи загортачів - створення шару ґрунту над висіяним насінням. Форма та розміри шару ґрунту який утворюється над борозною, залежать від кута природного укосу ґрунту. Для вивчення впливу вологості на цей кут ми використали спеціальний експериментальний пристрій (рис. 3.7).

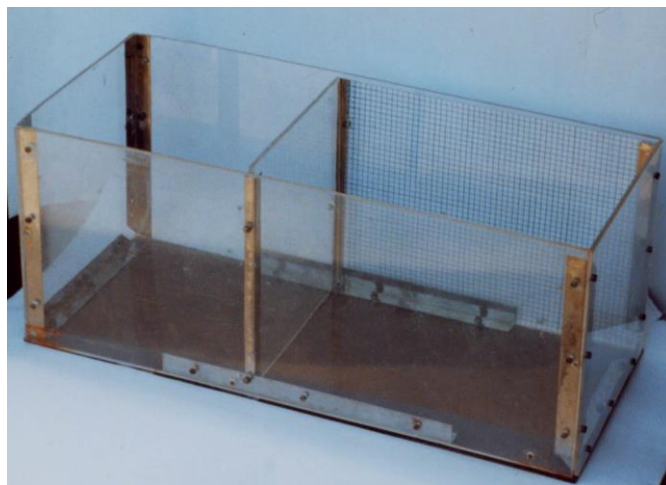


Рис. 3.7 Пристрій для визначення кута природного укосу ґрунту

З прозорого органічного скла виготовили ящик, що складався з двох частин, з яких перша була меншою, щоб створити необхідний об'єм ґрунту, і була відділена рухомою перегородкою (рис. 3.7). На бічну стіну більшої частини ящика нанесли координатну сітку з кроком 3 мм, щоб мати змогу візуально відслідковувати переміщення ґрунту.

Вимірювався кут природного укосу ґрунту таким чином: наполовину заповнювали пристрій ґрунтом потрібної вологості, потім видаляли перегородку і ґрунт зміщувався під кутом природного укосу. Кут природного укосу ґрунту вимірювався за координатною сіткою. Вологість ґрунту визначали відповідно до методики випробовувань, беручи зразки на глибині 0 - 4 та 4 - 8 см, проводячи дослідження тричі для підтвердження достовірності результатів.

3.6 Вибір параметрів оптимізації удосконаленого загортача

В результаті попередніх пошукових досліджень було виявлено, що формуванні шару ґрунту над висіяним насінням залежить від швидкості руху робочих органів та кута атаки загортаючих робочих органів [24-28].

Для спільної агротехнічної оцінки впливу незалежних факторів процесу на якість посіву необхідно вибрати параметр оптимізації, основною складовою якого була б площа поперечного перерізу шару ґрунту над висіяним насінням. Ці параметри необхідно оптимізувати згідно з агротехнічними вимогами до посіву квасолі.

При переміщенні ґрунту з міжрядь на висіяне насіння диски загортачів повинні забезпечити необхідні розміри шару ґрунту для його подальшого ущільнення прикочуючим котком сівалки. Ґрунтуючись на агротехнічних вимогах, доцільно мати раціональний профіль поперечного перерізу загорнутої борозни, що утворюється при посіві, при природному обсіпанні ґрунту під кутом γ , який можна умовно вважати прийнятним. Залежно від вибору різних поєднань факторів, що варіюються, і взаємодії загортаючих робочих органів з ґрунтом профіль поперечного перерізу борозни найчастіше набуває вигляду, зображеного на рис. 3.8.

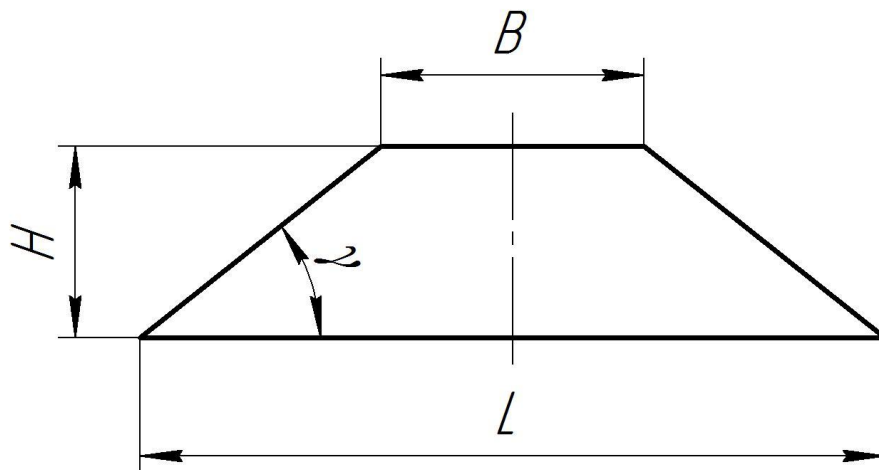


Рис. 3.8 Профіль рядка після проходу загортачів:

H – висота шару ґрунту; B – ширина шару верхньої частини; γ – кут природного укосу ґрунту

Профіль, отриманий після дії загортаючих робочих органів, можна порівняти з профілем який будемо вважати раціональним (рис. 3.8). Тому в якості критерію оптимізації приймаємо показник відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни, який дозволяє порівняти утворений пагорб ґрунту з встановленим агровимогами.

Цей показник можна описати залежністю:

$$p = 1 - \left(\frac{S_a - S_d}{S_a} \right), \quad (3.2)$$

де S_a - площа поперечного перерізу раціонального профілю шару ґрунту, яка задана агровимогами;

S_d - площа шару ґрунту яка утворюється після проходу дискових загортачів.

Площа поперечного перерізу раціонального профілю шару ґрунту S_a залежить від агротехнічних показників, таких як ширина верхньої частини загорнутої борозни і її висоти:

$$S_a = 0,5 \cdot (B + L) \cdot H, \quad (3.3)$$

де L - ширина нижньої частини шару ґрунту.

Необхідна висота шару ґрунту залежить від заданої агровимогами глибини загортання насіння h :

$$H = 2 \cdot (h - h'), \quad (3.4)$$

де h' - глибина загортання насіння.

Підставляючи вираз (3.4) в (3.3) і враховуючи, що для просапних культур необхідно забезпечити мінімальну ширину верхньої частини шару над борозною, а ширина основи залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, маємо:

$$S_a = (B + L) \cdot (h - h'). \quad (3.5)$$

В процесі ущільнення нагорнутого шару прикочуючим котком сівалки необхідно забезпечити необхідну щільність в зоні залягання насіння. Тому для

зменшення кількості дослідів для вибору оптимальних показників змінних факторів, необхідно використовувати один універсальний критерій який має фізичний зміст - це щільність ґрунту. Такий критерій дозволяє порівнювати між собою прикочуючі котки різних типів. В якості допоміжних критеріїв приймаємо геометричні розміри шару ґрунту - висота і ширина ущільненого шару після проходження котка.

При формуванні шару ґрунту при посіві просапних культур на показники процесів впливають контрольовані та керувані; контрольовані, але не керувані; не контрольовані і не керувані чинники [29]. Для вирішення екстремального завдання – вибору оптимального поєднання факторів, відсіємо несуттєві, і навіть взаємозалежні чинники.

Чинники, що впливають на процеси формування шару ґрунту над насінням, можна розділити на $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ - контрольовані та керувані; $Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n$ - контрольовані, але не керувані; $W_1, W_2, W_3 \dots W_n$ - не контрольовані та не керувані.

До контрольованих, але не керуваних факторів відносять вихідну щільність ґрунту, вологість, гранулометричний склад ґрунту.

Не контрольованими і не керуваними факторами в нашому випадку є параметри навколишнього середовища. Ці фактори для вибору оптимальних режимів роботи засобів механізації не використовують, але контрольовані фактори враховують при обробці результатів експериментів.

Для вибору оптимальних режимів роботи дискових загортачів просапної сівалки при посіві просапних культур використовуємо контрольовані та керувані фактори, до яких належать такі:

X_1 - швидкість руху посівного агрегату;

X_2 - кут установки дискового загортача до напрямку руху;

X_3 - діаметр дискового загортача;

X_4 - кут загострення диска дискового загортача;

x_5 - вага дискового загортача;

x_6 - навантаження від прикочуючого котка;

x_7 – вага прикочуючого котка;

x_8 – щільність ґрунту перед посівом;

x_9 – діаметр ободу прикочуючого котка;

Перелічені параметри є вхідними в досліджувану систему.

Вихідними параметрами є: геометричні розміри сформованого шару ґрунту над рядком дисковими загортачами, геометричні розміри прикочуючого котка, щільність ґрунту в рядку, а також товщина шару ґрунту, що закриває борозну.

На підставі проведених досліджень процесів формування шару ґрунту над рядком при посіві, а також з урахуванням результатів виконаних пошукових досліджень [24-28], вибираємо керовані фактори.

Такий параметр, як: x_4 – кут загострення диска дискового загортача залежить від товщини диска. З врахуванням конструктивних особливостей секції робочих органів сівалки діаметр дисків загортачів приймаємо в межах 75...150 мм, а товщину від 2 до 4 мм, раціональний кут загострення може знаходитись в межах 10...15°. Параметр x_8 – щільність ґрунту перед посівом, залежить від якості підготовки ґрунту і повинен відповідати агровимогам. Тому параметри x_4 і x_8 із подальших досліджень можна виключити.

x_5 - вага дискового загортача на показники якості формування пагорба над рядком не впливає, так як із зміною кута установки дискового загортача x_2 його вага залишається незмінною. Однак зміна кута x_2 безпосередньо впливає на силу необхідну для переміщення загортачів, тому цей параметр можна вважати контрольованим.

Параметр x_7 – вага прикочуючого котка, відноситься до контрольованого і керованого. Для прикочуючого котка сівалки додаткове

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

вертикальне навантаження створюється за допомогою пружини тиску, тому параметри x_6 і x_7 пов'язані між собою, але при постійній масі прикочуючого котка вирішальне значення має параметр x_2 , тому приймаємо його в якості контрольованого і керованого.

x_9 – діаметр ободу прикочуючого котка, параметр який впливає на досягнення потрібної щільності ґрунту і має взаємодію із параметром x_1 – швидкістю руху посівного агрегату [30]. Параметр x_1 значно впливає на якість прикочування, тому зупиняємось на ньому.

Дослідження факторів які впливають на вихідні параметри процесу формування шару ґрунту при роботі загортачів дозволило виділити із дев'яти факторів наступні керовані фактори: x_1 – швидкість руху посівного агрегату; x_2 – кут установки дискового загортача до напрямку руху; x_6 – навантаження від зусилля стиснення пружини прикочуючого котка; x_7 – вага прикочуючого котка.

3.7 Побудова математичної моделі процесу роботи загортачів та планування багатфакторного експерименту

Згідно агрономог до посіву просапних культур, пошукових досліджень та виходячи із конструктивних особливостей секції робочих органів сівалки приймаємо наступні межі варіювання основних незалежних факторів процесу загортання насіння. При формуванні шару ґрунту над висіяним насінням швидкість руху дискових загортачів лежить в межах 1,0 – 2,5 м/с з інтервалом 0,5 м/с; кут установки дискового загортача до напрямку руху від 5° до 30° з інтервалом 5° ; діаметр диску загортача 0,075...0,15 м з інтервалом 0,025 м. Усі данні зводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Рівні варіювання	Швидкість руху загортачів, м/с	Кут установки дискового загортача до напрямку руху, град	Діаметр диску загортача, м
Позначення	x_1	x_2	x_3
Верхній (+1)	2,5	30	0,15
Нижній (-1)	1,0	5	0,075
Основний (0)	1,75	17,5	0,113
Інтервал варіювання, Δx_i	0,5	5	0,025

В якості критерію оптимізації приймаємо показник відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни. Так як за умовою результати експериментальних досліджень повинні найбільш повно і достовірно відображати вплив факторів на параметр оптимізації, то план експерименту приймаємо другого порядку. План експерименту другого порядку дає можливість побудувати повне квадратичне рівняння регресії виду [31,32]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 \quad (3.6)$$

де $x_i (1, 2 \dots n)$ - значення факторів, які впливають на параметр оптимізації y ;

b_i, b_{ij}, b_{ii} - коефіцієнти регресії.

Кількість складових рівняння регресії N можна відобразити:

$$N = \frac{(n+1) \cdot (n+2)}{2} \quad (3.7)$$

Найбільш простими в реалізації планів експериментів є композиційні плани другого порядку [32,33]. В яких кожен фактор досліджується на п'яти рівнях: верхньому (+1), нижньому (-1), нульовому (0) і зіркових точках $(+\alpha)$ і $(-\alpha)$ при $\alpha > 1$.

Але для зменшення об'єму експериментальних досліджень більше підходять некомпозиційні плани другого порядку [31-34]. В них фактори варіюються лише на трьох рівнях: верхньому (+1), нижньому (-1), нульовому (0). Тому нами для експериментальних досліджень обраний некомпозиційний план другого порядку.

Нормалізацію факторів [31-33] можна виконати по залежності:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad (3.8)$$

де $\bar{x}_i$ - нормалізоване значення фактора;

x_i - натуральне значення фактора;

x_{i0} - натуральне значення фактора на основному рівні;

Δx_i - натуральне значення інтервалу варіювання.

Отримана математична модель у кодованих значеннях факторів дозволить оцінити ступінь впливу на параметр оптимізації як кожного з них, так і добутку факторів (при суттєвості коефіцієнтів рівняння) [31-34]. Після реалізації всіх дослідів було виконано обробку їх результатів та отримані рівняння регресії.

Для оцінки відхилення параметра оптимізації від середнього значення розраховували дисперсію відтворюваності за даними m паралельних спостережень матриці планування в кожній точці плану за формулою:

$$S_k^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (\bar{y}_k - y_{k,j})^2}{m-1} \quad (3.9)$$

де S_k^2 - дисперсія в k точці;

j - порядковий номер паралельного дослідів в точці плану матриці;

$\bar{y}_k$ - середнє арифметичне значення параметра оптимізації в m паралельних дослідів в точці k ;

$y_{k,j}$ - значення параметру оптимізації в k -тій точці;

$m - 1$ - число паралельних спостережень в точках плану матриці.

Однорідність дисперсій перевіряли за допомогою критерію Кохрена G :

$$G = \frac{S_{k \max}^2}{\sum_{k=0}^N S_k^2}, \quad (3.10)$$

де $S_{k \max}^2$ - максимальна дисперсія в k -тій точці;

$\sum_{k=0}^N S_k^2$ - сума всіх дисперсій;

N - загальна кількість точок плану матриці.

Гіпотезу про відтворюваність результатів вимірів перевіряли при заданому рівні значимості $q = 5\%$. Критичне значення критерію Кохрена знаходили із таблиць [32,33]. У випадку якщо розрахункове значення G було менше знайденого в таблиці, гіпотезу однорідності дисперсій відтворюваності результатів приймали.

Дисперсію параметра оптимізації визначаємо за формулою [32,33]:

$$S^2 = S^2\{y\} = \frac{\sum_{k=1}^N S_k^2}{N}, \quad (3.11)$$

де $S^2\{y\}$ - середнє арифметичне дисперсій всіх різних точок плану матриці;

S_k^2 - дисперсія в k -тій точці;

N - сума всіх дисперсій.

Коефіцієнти рівняння регресії розраховували на ПК в програмному продукті «Stadia v.6».

Дисперсію помилки визначення коефіцієнтів регресії розраховували за формулою:

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{y\}}{Nm}. \quad (3.12)$$

Середнє квадратичне відхилення дисперсії помилки визначення коефіцієнта регресії b_i розраховували за формулою [32,33]:

$$S\{b_i\} = \sqrt{\frac{S^2\{y\}}{Nm}}. \quad (3.13)$$

Значимість коефіцієнтів регресії перевіряли за допомогою критерію Стьюдента [32,33]:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}}, \quad (3.14)$$

де t_i - критерій Стьюдента для конкретного коефіцієнта рівняння регресії;

$|b_i|$ - розраховані коефіцієнти регресії.

На рівні значимості $q = 5\%$ перевіряли гіпотезу про значимість коефіцієнта b_i . Знаходили табличне значення критерію Стьюдента t_k і порівнювали із розрахунковим t_i . У випадку більшого значення t_i коефіцієнт b_i признавали значущим. В іншому випадку b_i рахували статистично незначущим і його відкидали без перерахунку інших коефіцієнтів.

Адекватність моделі перевіряли за допомогою критерію Фішера [32,33]:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S^2\{y\}}, \quad (3.15)$$

де S_{ad}^2 - оцінка дисперсії адекватності;

$S^2\{y\}$ - дисперсія параметрів оптимізації.

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{N-l} \sum_{k=1}^N (\bar{y}_k - \hat{y}_{k,\Lambda})^2, \quad (3.16)$$

де l - число значимих коефіцієнтів;

$\hat{y}_{k,\Lambda}$ - математичне очікування параметра оптимізації, розраховано по рівнянню регресії.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кореляцію визначали за формулою [32,33]:

$$R = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2 - \sum (y - \bar{y}_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (3.17)$$

де $\sum (y - \bar{y})^2$ - сума квадратів відхилень значень параметру оптимізації від загальної середньої арифметичної $\bar{y}$;

$\sum (y - \bar{y}_x)^2$ - сума квадратів відхилень параметру оптимізації в конкретних точках плану експерименту від окремих середніх $\bar{y}_x$, які відповідають визначеним, фіксованим значенням незалежних змінних.

3.8 Результати експериментальних досліджень роботи дискових загортачів сівалки.

Дані експериментальних досліджень дискових загортачів в лабораторних умовах по якості загортання борозни зводились в таблиці і записувались в журнал випробувань. Після обробки отриманих результатів за допомогою ПК і прикладних програм «Microsoft Excel», «Stadia v.6» були отримані рівняння регресії в натуральних і кодованих значеннях факторів.

Рівняння поверхонь відгуку (від взаємодії швидкості руху просапної сівалки і кута атаки дискових загортачів наведені на рис. 3.9 - 3.12) в натуральних значеннях факторів від взаємодії швидкості руху агрегату, діаметра дискових загортачів мм і кута атаки мають наступний вигляд:

Для $d = 75$ мм:

$$p = 0,0985 + 0,1348 \cdot V + 0,0849 \cdot \alpha - 0,0555 \cdot V^2 - 0,0002 \cdot V \cdot \alpha - 0,0011 \cdot \alpha^2 \quad (3.18)$$

де p - показник відповідності раціональному профілю загорнутої борозни;

V - швидкість руху агрегату;

α - кут атаки дискових загортачів.

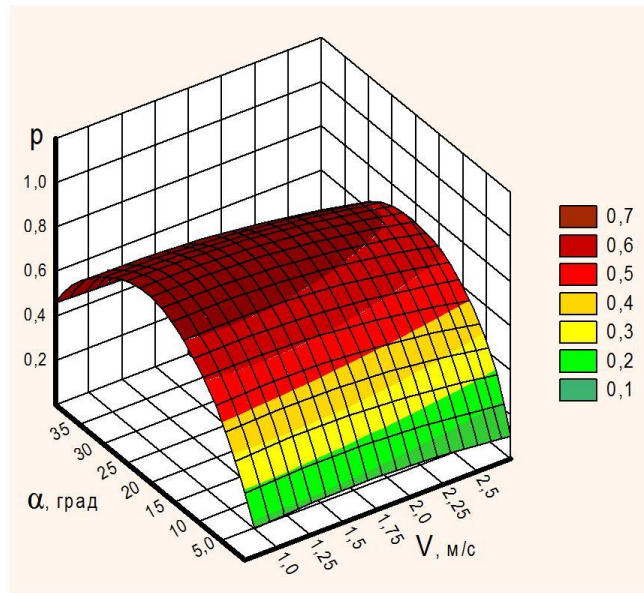


Рис. 3.9 Результати експериментальних досліджень при $d = 75$ мм

Для $d = 100$ мм:

$$p = -0,645 + 1,2561 \cdot V + 0,0558 \cdot \alpha - 0,272 \cdot V^2 - 0,021 \cdot V \cdot \alpha - 0,0006 \cdot \alpha^2 \quad (3.19)$$

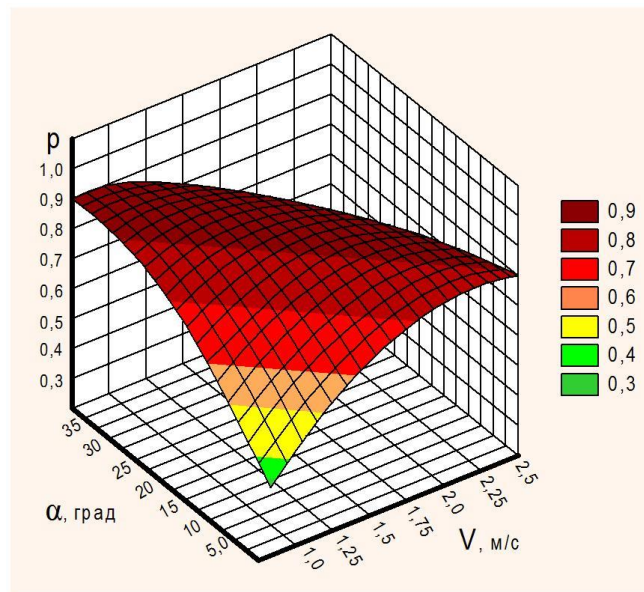


Рис. 3.10 Результати експериментальних досліджень при $d = 100$ мм

Для $d = 125$ мм:

$$p = -0,7595 + 1,4599 \cdot V + 0,04 \cdot \alpha - 0,33 \cdot V^2 - 0,0146 \cdot V \cdot \alpha - 0,0005 \cdot \alpha^2 \quad (3.20)$$

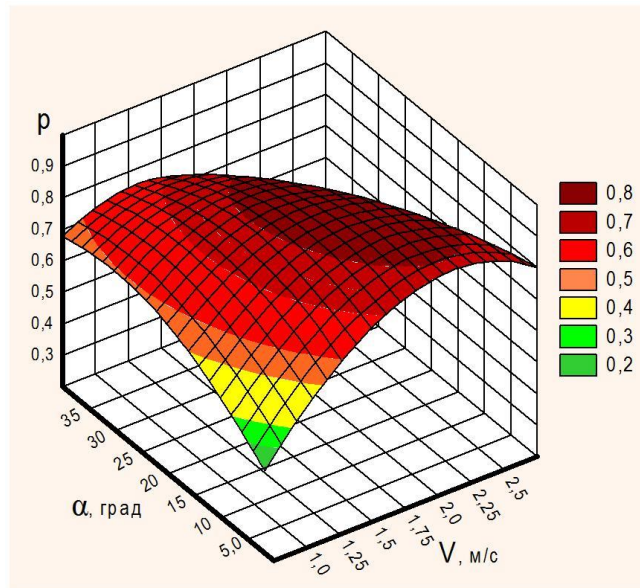


Рис. 3.11 Результати експериментальних досліджень при $d = 125$ мм

Для $d = 150$ мм:

$$p = 0,1902 + 0,5532 \cdot V + 0,0205 \cdot \alpha - 0,1633 \cdot V^2 - 0,0005 \cdot V \cdot \alpha - 0,0005 \cdot \alpha^2 \quad (3.21)$$

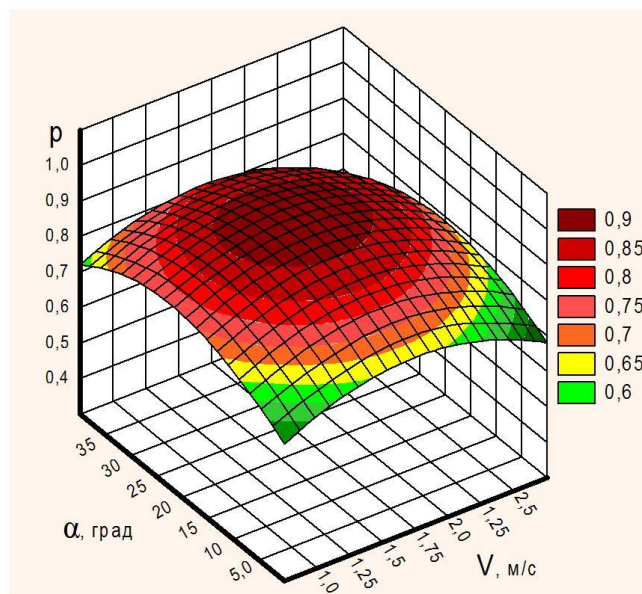


Рис. 3.12 Результати експериментальних досліджень при $d = 125$ мм

Критеріальна оцінка рівнянь регресії (3.18-3.21) наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Рівняння	Критерії						
	R	t_t	t_p	F_t	F_p	G_t	G_p
3.18	0,925	2,045	10,53	2,7	2,29	0,12	0,1
3.19	0,952	2,065	17,299	2,8	2,26	0,16	0,1
3.20	0,978	2,065	14,428	2,8	1,61	0,16	0,1
3.21	0,962	2,065	16,688	2,8	2,1	0,16	0,11

Із рис. 3.9-3.12 видно, що поверхні відгуку від взаємодії швидкості руху просапної сівалки і кута атаки дискових загортачів опуклі і мають вершину (екстремум) в межах експерименту. Збільшення кута атаки α дискового загортача в діапазоні від 5° до $20^\circ \dots 25^\circ$ при фіксованій швидкості V руху просапної сівалки, також сприяє збільшенню шару ґрунту над насінням і відповідно показник відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни. Однак при кутах атаки 25° і 30° пагорб над висіяним насінням формується із більшими розмірами ніж передбачено агровимогами і визначені показником відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни.

Для визначення оптимальних значень V і α , при яких досягається максимальне значення показника відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни з кожним розміром диска дискового загортача, відповідне рівняння (3.18-3.21) диференціювали і вирішували систему рівнянь.

Так для диску $d = 75$ мм:

$$\begin{cases} \frac{dp}{dV} = -0,0002 \cdot \alpha - 0,1112 \cdot V + 0,1346 \\ \frac{dp}{d\alpha} = -0,0021 \cdot \alpha - 0,0002 \cdot V + 0,0535 \end{cases} \quad (3.22)$$

$$V = 1,2 \text{ м/с}; \alpha = 24^\circ.$$

Після підстановки значень V і α в рівняння (3.22) отримуємо значення показника відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни в центрі поверхні $p = 0,8$.

$$d = 100 \text{ мм}$$

$$\begin{cases} \frac{dp}{dV} = -0,02 \cdot \alpha - 0,5426 \cdot V + 1,26 \\ \frac{dp}{d\alpha} = -0,001 \cdot \alpha - 0,021 \cdot V + 0,057 \end{cases} \quad (3.23)$$

$$V = 1,5 \text{ м/с}; \alpha = 21^\circ, p = 0,87.$$

$$d = 125 \text{ мм}$$

$$\begin{cases} \frac{dp}{dV} = -0,675 \cdot \alpha - 0,0139 \cdot V + 1,46 \\ \frac{dp}{d\alpha} = -0,0142 \cdot \alpha - 0,001 \cdot V + 0,04 \end{cases} \quad (3.24)$$

$$V = 1,85 \text{ м/с}; \alpha = 14^\circ, p = 0,88.$$

$$d = 150 \text{ мм}$$

$$\begin{cases} \frac{dp}{dV} = -0,0005 \cdot \alpha - 0,319 \cdot V + 0,56 \\ \frac{dp}{d\alpha} = -0,001 \cdot \alpha - 0,0005 \cdot V + 0,02 \end{cases} \quad (3.25)$$

$$V = 2 \text{ м/с}; \alpha = 22^\circ, p = 0,9.$$

Із отриманих рівнянь видно, що максимальне значення показника відповідності p раціональному профілю загорнутої борозни $p = 0,9$ досягається при формуванні шару ґрунту загортачами з диском діаметром $d = 150$ мм.

Рівняння регресії 3.18 – 3.21, які моделюють процес формування шару ґрунту над насінням в кодованих значеннях мають наступний вигляд:

$$Y = 0,753 - 0,0411 \cdot x_1 + 0,0985 \cdot x_2 - 0,0201 \cdot x_1^2 + 0,0014 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,258 \cdot x_2^2 \quad (3.26)$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$Y = 0,893 - 0,054 \cdot x_1 - 0,012 \cdot x_2 - 0,097 \cdot x_1^2 - 0,146 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,096 \cdot x_2^2 \quad (3.27)$$

$$Y = 0,879 - 0,012 \cdot x_1 - 0,033 \cdot x_2 - 0,123 \cdot x_1^2 - 0,106 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,081 \cdot x_2^2 \quad (3.28)$$

$$Y = 0,9 - 0,011 \cdot x_1 + 0,033 \cdot x_2 - 0,06 \cdot x_1^2 + 0,002 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,088 \cdot x_2^2 \quad (3.29)$$

де Y - показник відповідності раціональному профілю загорнутої борозни;

x_1 - швидкість руху загортачів;

x_2 - кут атаки диску загортачів.

Аналіз отриманих рівнянь показав, що найбільший вплив на параметр оптимізації здійснює вільний член рівнянь. Із нелінійних членів рівнянь на параметр оптимізації більший вплив від використання дисків діаметром 75 і 150 мм здійснює кут атаки дисків загортачів, менший вплив має швидкість їх руху. Із нелінійних членів рівнянь рівноцінний вплив на параметр оптимізації від використання дисків діаметром 100 мм здійснює кут атаки дисків загортачів та швидкість їх руху.

Із нелінійних членів рівнянь більший вплив на параметр оптимізації від використання дисків діаметром 150 мм здійснює швидкість руху загортачів, менший вплив має кут атаки дисків загортачів. Таким чином приймаємо для модернізованої сівалки діаметр дисків загортачів $d = 150$ мм, кут установки дисків $\alpha = 22^\circ$, швидкість руху сівалки $V = 1,8$ м/с.

4. Охорона праці

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які виникають при експлуатації сівалки Vesta 8

Під час експлуатації сівалки Vesta 8 можуть виникати наступні небезпечні та шкідливі фактори, згідно [35] «робітники можуть отримати травми внаслідок контакту з рухомими частинами сівалки, включаючи ризик пошкодження рук, ніг або інших частин тіла; незручна поза під час роботи може призвести до розвитку захворювань опорно-рухового апарату або перевантаження певних м'язових груп; постійний шум або вібрація під час роботи сівалки можуть негативно впливати на слух та загальний стан здоров'я робітника; якщо під час обслуговування сівалки відбувається розпилення пестицидів або інших хімічних речовин, існує ризик отруєння для працівників, необхідно використовувати захисні засоби; втрати пального або мастильних матеріалів при обслуговуванні може створювати ризик пожежі; недостатня підготовка працівників, що експлуатують сівалку, може призвести до неправильної роботи з обладнанням та виникнення небезпеки».

4.2 Запобігання негативному впливу умов роботи

Щоб захистити оператора від пилу, що потрапляє в кабінку під час роботи, використовується вентилятор з пилевідокремлювачем. Для захисту працівників від шкідливого впливу отрутохімікатів і мінеральних добрив рекомендується виконувати заправку сівалки отруєним насінням та завантаження добрив механізованим методом, не перевищуючи швидкість 3 м/с. У випадку неможливості виконати ці заходи, працюючим рекомендується використовувати захисні маски типу ПТМ-1, окуляри для захисту очей та респіратори марки ШБ-1 [36].

Згідно вимог ДСТУ 2867-94 [37], захист від шуму та вібрації забезпечується за допомогою шумо - та вібропоглинаючих пристроїв. Кабіна трактора укомплектована звукопоглинаючим матеріалом, а двигун і кабіна трактора установлені на гумові подушки.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Місце оператора забезпечене захистом від викидання ґрунту під час роботи коліс та робочих органів і відповідає вимогам санітарних правил СП 4282 [38]. Показники вібрації в горизонтальному та вертикальному напрямках на сидінні та робочій ділянці оператора відповідають ДСТУ 2189-93 [39].

4.3 Дії для забезпечення безпечних умов праці

Для забезпечення безпечних умов праці у працівників і обслуговуючого персоналу сільськогосподарських машин потрібні відповідні санітарно-гігієнічні та безпечні умови. Більшість нещасних випадків стаються у разі недостатнього технічного рівня машин, відсутності або несправності огорожуючих пристроїв, ремонту та очищення машин під час руху, а також нескоординованої роботи трактористів та оператора, неналежного інструменту, або його несправності, а також через відсутність або неправильний вибір захисного спецодягу та недостатні знання механізаторів щодо правил техніки безпеки [40].

Для забезпечення безпечних умов роботи на сівалці Vesta 8 передбачені такі заходи [23,39]: конструкція машини автоматично навішується до енергетичного засобу за допомогою автозчіпки; робочі органи сівалки мають механічні фіксатори для утримання їх у транспортному положенні; елементи конструкції сівалки забезпечують безпечний підхід для монтажу, технічного обслуговування і ремонту; регулювання робочих органів та інших механізмів сівалки під час руху виконується з робочого місця оператора; на видимих частинах сівалки є символи і написи щодо техніки безпеки; сівалка має стійкість при застосуванні до неї зусиль не менше 200 Н у відчепленому стані; сівалка обладнана швидкоз'єднувальними зчіпними пристроями (ШЗП) згідно з ГОСТ 25942 – 81 [40].

Зовнішні поверхні захисних засобів приводів фарбовані у сигнальний колір (червоний або жовтий). Робочі органи сівалки, які забиваються (висівні апарати, повітропроводи, вихідні отвори бункерів) та що можуть становити небезпеку для обслуговуючого персоналу, обладнані пристроєм

					<i>МВК 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

автоматичного керування УСК. Механізм передачі оснащений шплінтами, які при збільшенні навантаження на валу, більше допустимого, зрізаються, що призводить до припинення передачі крутного моменту.

4.4 Заходи для покращання умов праці робітників при вирощуванні квасолі

Для поліпшення умов праці робітників, які займаються вирощуванням квасолі, пропонуються конкретні заходи, які спрямовані на усунення потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що можуть виникнути під час проведення сільськогосподарських робіт. Для підтримання оптимальної температури в кабінах тракторів і комбайнів під час роботи на полі рекомендується встановлювати повітряні охолоджувачі-обігрівачі, які можуть регулювати температуру і вологість повітря. З метою захисту від пилу використовується система вентиляції. У випадку, якщо вентиляція не забезпечує комфортні умови, слід використовувати індивідуальний захист, такий як спецодяг, окуляри, респіратори [41].

Для запобігання впливу шуму на органи слуху, рекомендується використовувати засоби захисту, зокрема протишумові навушники ВЦНПТ-1. Для зменшення негативного впливу вібрацій та шуму на працюючих рекомендується застосовувати техніко-організаційні заходи [37]: періодичні перевірки рівня вібрацій; чергування між роботою та періодами відпочинку, медичне обстеження; своєчасні запобіжні і планові ремонти машин. Під час роботи з токсичними речовинами рекомендується використовувати спецодяг, спецвзуття та інші індивідуальні засоби захисту.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5. Економічна частина

5.1 Економічна ефективність сівалки Vesta 8 з удосконаленими дисковими загортачами

Ефективність нової конструкції робочого органу оцінювалась через: перевірку, наскільки нова конструкція відповідає вимогам для правильного загортання насіння квасолі;

оцінку переваг у використанні модернізованого робочого органу порівняно зі стандартними варіантами;

визначення очікуваних економічних вигід від впровадження цієї конструкції;

оцінка ефективності нових загортачів базувалась на прогнозуванні можливого урожаю культури в господарстві за умови їх використання.

Порівняння ефективності використання нових загортачів із стандартними показало, що урожайність квасолі може зрости на 2 центнера на гектар в порівнянні із базовими показниками.

Оскільки економічні вигоди нової технології визначаються збільшенням врожайності культури, це може бути виражено у вигляді залежності, що описує, як споживач отримує додаткові економічні вигоди від впровадження одного модернізованого обладнання:

$$B_c = \Delta\Pi_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{мз}} \cdot H_{\text{мс}}, \quad (5.1)$$

де $\Delta\Pi_{\text{в}}$ –приріст врожайності (мінімальний), ц;

$\Pi_{\text{мз}}$ – закупівельна ціна (мінімальна), грн/ц;

$H_{\text{мс}}$ –наробіток машини за сезон (нормативний), га.

Нормативний наробіток машини за сезон визначимо так:

$$H_{\text{мс}} = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot K_{\text{ез}} \cdot N_{\text{з}}, \quad (5.2)$$

де B – ширина захвату сівалки, м;

V_p – швидкість руху сівалки, км/год;

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{ez} – коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни;

N_3 – завантаження сівалки за сезон (мінімальне), год.

Очікуваний річний економічний ефект:

$$E_p = E_k - K_{ne} E_n \Delta K_v ; \quad (5.3)$$

де E_k – додаткова економічна користь, грн;

K_{ne} – нормативний коефіцієнт ефективності додаткових капітальних витрат;

$\Delta K_{ок}$ – додаткові капітальні вкладення споживача, грн.

Очікуваний річний ефект на гектар від впровадження однієї модернізованої машини:

$$E_n = E_p / H_{мс} ,$$

Для виконання розрахунків нами були використані наступні дані: врожайності квасолі по модернізованій машині; мінімальна закупівельна ціна 1 ц квасолі [42]; значення нормативних величин [43]; технічних характеристик модернізованої машини [23]. В результаті підстановки отриманих даних в залежності (5.1, 5.2, 5.3, 5.4) отримали наступні значення показників економічної ефективності:

$$B_c = 2 \cdot 1700 \cdot 247,4 = 932960 \text{ грн}$$

$$H_{мс} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7 \cdot 0,65 \cdot 100 = 247,4 \text{ га}$$

$$E_p = 932960 - 0,15 \cdot 5000 = 932210 \text{ грн}$$

$$E_n = 932210 / 247,4 = 3771,1 \text{ грн/га}$$

Результати економічної ефективності зведені в таблицю 5.1

Таблиця 5.1

Показники економічної ефективності впровадження модернізованої сівалки

Показники	Один. вим.	Серійна сівалка	Модернізована сівалка
Наробіток за сезон	га	247	
Продуктивність за 1 годину по експлуатаційному часі	га/год	2,37	
Маса секції робочих органів	кг	44,5	44,8
Робоча швидкість	км/год	7	
Врожайність	ц/га	20	22
Очікуваний річний економічний ефект споживача	грн	—	932210
Економічна ефективність	грн/га	—	3771,1

Висновки

1. Аналіз існуючих технологій вирощування квасолі показав, що значного збільшення рентабельності її виробництва можна досягти, якщо покращити якість процесу посіву та забезпечити потрібні умови для динамічного росту рослин в початковому періоді вегетації, що напряду впливає на формування майбутнього врожаю.

2. В процесі модернізації секції сівалки Vesta 8 був розроблений удосконалений дисковий загортач який виконаний комбінованим у вигляді плоского однобічно загостреного диску розміщеного під кутом до напрямку руху загортача, на зовнішній стороні диску розміщений конічний ущільнювач і ступиця в якій фіксується N-подібна пружинна стійка, що здійснює тиск на робочу поверхню загортача, причому пружна стійка розміщується під кутом до вісі рядка в вертикальній площині.

3. На основі математичної моделі встановлено закономірності впливу геометричних параметрів дискових загортачів на виконання процесу загортання борозни. В лабораторних умовах експериментально досліджено поведінку ґрунту від дії дискових загортачів в процесі його переміщення в бік борозни та показано вплив кута установки та діаметру диску загортачів на характер виконання технологічного процесу.

4. Отримані результати експериментальних досліджень дали можливість з'ясувати, що найбільш повно задовольняють вимогам по загортання насіння квасолі дискові загортачі з параметрами: діаметр дисків загортачів $d = 150$ мм, кут установки дисків $\alpha = 22^\circ$, швидкість руху сівалки $V = 1,8$ м/с.

5. Розроблені заходи для покращення умов праці і усуненню шкідливих та небезпечних виробничих факторів під час сівби квасолі.

6. Розроблена конструкція дискового загортача сівалки, дає можливість значно покращити процес загортання насіння квасолі і збільшити врожайність до 10%, за рахунок біль кращих умов створених для росту насіння в початковому періоді вегетації.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мазур О.В., Паламарчук В.Д., Мазур О.В. Порівняльна оцінка сортів квасолі звичайної за господарсько-цінними ознаками. Збірник наукових праць ВНАУ: сільське господарство та лісівництво селекція, насінництво насіннєзнавство та сортознавство. 2017. №6. Том 1. С. 116-124.
2. Носенко Ю. Товарне вирощування квасолі звичайної // Агробізнес сьогодні. – № 9 (304) травень 2015. – URL : <http://agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/3238-tovarne-vyroschuvannia-kvasoli-zvychainoi.html>
3. Лихочвор В.В. Практичні поради з вирощування зернових і зернобобових культур в умовах Західної України. Львів: Українські технології, 2001. 128 с. 83.
4. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.
5. ДСТУ 4794:2007. Квасоля. Технологія вирощування. Загальні умови. Київ: Держстандарт України, 2009. 10 с.
6. Д.Ю. Артеменко, В.А. Онопа. Дослідження і обґрунтування конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / ЦНТУ, Вип. 52, 2022 – С. 12-24. http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/52/52_Artemenko.html
7. Голохоринська М.Г., Овчарук О.В. Рекомендації по вирощуванню квасолі: науково - популярна література. Чернівці: Ант-Лтд, 2001. 11 с.
8. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві / Розвадовський А.М., Бабич А.О., Петриченко В.Ф. та ін.; за ред. А.М. Розвадовського. К.: Урожай, 1990. 176 с.
9. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: [навч. посіб.]. 2 - ге вид. випр. К.: Центр навч. літ. 2004. 808 с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

10. Стаканов Ф.С. Квасоля. Кишинів : Штіінца, 1980. 194 с.
11. Сучасна технологія вирощування квасолі в Україні: методичні вказівки [Л.І. Полянська, Д.І. Фурсов, А.М. Свиридов, В.А. Жилкін]. Харків: ХДАУ, 2002. 13 с.
12. Овчарук О.В. Особливості формування врожаю квасолі залежно від строків сівби і сорту в умовах південної частини західного Лісостепу України. Збірник наукових праць Подільського державного аграрнотехнічного університету. Київ - Подільський, 2006. Вип. 14. С. 129-131.
13. Акуленко В.В. Ріст рослин квасолі звичайної залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2014. Вип. 16. С. 5-11.
14. Бахмат М.І., Овчарук О.В., Овчарук О.В. Вплив різної норми висіву квасолі звичайної за широкорядного способу сівби на врожайність зерна та економічну ефективність технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу. Корми і кормовиробництво. 2016. Вип. 82. С. 92-95.
15. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладизинський коледж, ВНАУ, 2019. – 374 с.
16. Навчальний посібник. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві./ А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський, В.В. Марченко, В.Л. Гуз, І.М. Грищенко. - К.: Кондор, 2004. - 284 с.
17. Сівалки “Unikorn 3, Multikorn”. Проспекти фірми “Franz kleine”. – ФРН, 1998.
18. Сівалка “Monocentra SP”. Проспекти фірми “Fähse”. – ФРН, 2000.
19. Сівалки “Betasem, Exakta ”. Проспекти фірми “Rau”. – ФРН, 1985.
20. Сошники і прикочуючі котки. Проспект фірми “Great Plains”. – США, 1979.

					<i>МБК 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

21. Сівалка “Stanhay 870, Webb 5”. Проспект фірми “Hestair Farm Equipment Limited”. – Англія, 1983.

22. Сівалка “Pneumasem II”. Проспект фірми “Nodet gougis”. – Франція, 1998.

23. ЗАТ «Elvorti». Сівалки універсальні пневматичні Vesta 6, Vesta 8, і їх модифікації. Керівництво по експлуатації (для оператора). Кіровоград, 2015. – 87 с

24. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С. Теоретичне дослідження основного технологічного параметру удосконаленої конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В.С. Шєбанін (гол. ред.) та ін. - Миколаїв, 2011. - Вип. 4 (61), Т.1. - С. 244 – 250.

25. Теорія проектування та розрахунки посівних машин: Навч. Посібник /П.В. Сисолін.-К.: ІСДО, 1994.-148с.

26. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С., Соломашенко П.М. Дослідження і розробка удосконаленої конструкції сошника просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2010. - Вип. 40, ч.1. - С. 136-142. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1795/1/26.pdf>

27. Артеменко Д.Ю. Математична модель роботи удосконалених щік сошника просапної сівалки. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. // Вип. 25, Ч. 1. - Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 41 – 45.

28. Загортаючі робочі органи для прямої сівби зернових культур : монографія / В.М. Сало, О.Р. Лузан, П.Г. Лузан, Ю.В. Мачок; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. - Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. - 164 с. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5473>

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

29. Горват А.А., Молнар О.О., Мінькович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: Навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ “Говерла”, 2019. – 182 с.
<https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/44399>

30. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машина для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.

31. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник [Текст] / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМКВО, 1992. – 320 с.

32. Петренко М.М. Основи наукових досліджень в сільськогосподарському машинобудуванні [Текст] / М.М. Петренко. – Кіровоград: Кіровоградське державне видавництво, 1997. – 148 с.

33. Підручник дослідника: навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д. І. Петренко. - Кіровоград: Мачулін, 2016. - 204 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/cbb0acaf-c25c-4142-95b9-0d12f09717dc/content>

34. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки : навч. посіб. для студент. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. - Харків, 2019. - 164 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/0c4da76e-c162-400a-8b63-b4926acca568/content>

35. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

36. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту.
http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf

37. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження.
https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

38. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин. https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87

39. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

40. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковід'єднуючі. Вимоги до конструкції. http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

41. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

42. Tripoli-land. Закупівельні ціни. <https://tripoli.land/ua/fasol>

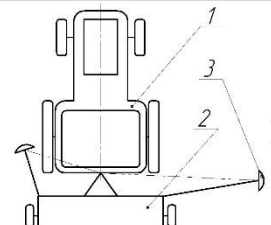
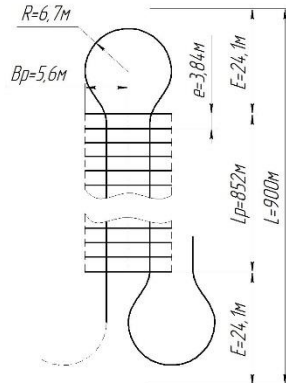
43. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Додатки

Операційна карта вирощування квасолі

МВК 00.001 ТЧ

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа – 120 га, довжина гонів – 900 м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина посіву – 4 см.	Схема поля 
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву ± 2 см. Не допускаються незагорнуте насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland TD5.90, сівалка Vesta-8, робоча ширина захвату 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,7 м, кінематична довжина агрегату – 6,4 м. Підготовка агрегату: 1. провести щозмінне ТО трактора і сівалки; 2. відрегулювати на задану норму висіву; 3. встановити маркери	 1 – трактор New Holland TD5.90 2 – сівалка Vesta-8 3 – маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 24,1 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	
Швидкість руху	Робоча передача V, враховуючи буксування, робоча швидкість 7 км/год	L – довжина гонів, Lp – робоча довжина загінки, E – ширина поворотної смуги, e – довжина виїзду агрегату, Вр – ширина захвату агрегату.
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу 17,9 хв, технічна продуктивність за цикл 0,91 га/ц; змінна продуктивність агрегату 22 га/зм, кількість циклів за зміну 23 ц/зм	
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше ± 5 мм. Норма висіву становить 9–10 насінин на 1 м рядка (2–3 кг/га) або 1,5–2,0 посівні одиниці.	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибину посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання; точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відкрити 1 м рядка і заміряти відстань між насінинами; прямолінійність рядків – на довжині 50 м відбити базову лінію і через 0,5 м заміряти відхилення.

МВК 00.001 ТЧ
Лист 1 з 1
Відп. за зміст: [підпис]
Відп. за виконання: [підпис]

МВК 00.001 ТЧ			
Ім'я	Підрозділ	Відп. за зміст	Відп. за виконання
Операційна карта	Акт	ЦНТУ	ар. АІ-22М(14)
–	–	–	–

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			МВК 00.000 СБ	Складальне креслення	1	
					Складальні одиниці		
		1		МВК 00.000.01	Опорно приводне колесо	2	
		2		МВК 00.000.02	Маркери	2	
		3		МВК 00.000.03	Вентилятор	1	
		4		МВК 00.000.04	Секція робочих органів	8	
		5		МВК 00.000.05	Коробка зміни передач	2	
		6		МВК 00.000.06	Туковисівний апарат	3	
		7		МВК 00.000.07	Сошник туковий	8	
		8		МВК 00.000.08	Система трубопроводів	8	
		9		МВК 00.000.09	Механізм передач	2	
Взам. инв. №				10	МВК 00.000.10	Механізм навіски	1
				11	МВК 00.000.11	Повітряпровід	2
Подп. и дата	МВК 00.000						
	Изм./лист	№ док-м.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Кучер			Універсальна пневматична сівалка Vesta 8	Лист	Лист
	Проб.	Артеменко					Листов
	И.контр.	Мачок				ЦНТУ	
	Утв.	Лещенко				гр. АІ-22М(1,4)	

Копировал

Формат А4



- [illegible]

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			МВК 00.110 СБ	Складальне креслення			
					Складальні одиниці			
	A4	1		509.046.1250	Поводок	1		
	A4	3		509.046.1270	Натяжник	1		
	A4	10		509.046.1440	Опора	1		
	A4	16		509.046.1490A-1	Поводок	1		
	A4	20		509.046.2050A	Кронштейн	1		
	A2	28		509.046.1160	Сошник	1		
	A4	33		509.046.4720	Винт регулювальний	1		
	A2	36		509.046.4750A	Каток передній	1		
Взам. инв. №	A2	38		509.046.4760	Прикочующий коток	1		
	A0	40		509.046.1360	Апарат висівний	1		
	A2	42		МВК 00.120	Загортач	2		
Подп. и дата	МВК 00.110							
	Изм./Лист	№ док-м.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Кучер			Секція робочих органів	Лист	Лист	Листов
	Проб.	Артеменко						1
	Н.контр.	Мачок			ЦНТУ			
	Утв.	Лещенко			гр. АІ-22М(1,4)			
					Копировал	Формат А4		

Формат	Зна	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
				Деталі		
A4		43	С 4.602	Штир	1	
A3		45	С 48.601-09	Вісь	1	
A4		54	ССГ 00.121	Вкладиш	1	
A4		57	ССГ 00.647	Винт	1	
A3		60	СУПА 00.016	Ролик	1	
A4		63	509.046.0023	Шкала	1	
A4		65	509.046.4 107A	Зацеп	1	
A4		70	509.046.669-01	Ось	1	
A4		73	509.046.6026	Штир	1	
A4		78	509.046.6108	Штир	1	
A4		79	509.046.6201	Штир	1	
A4		82	552.6.008	Пружина	1	
A3		84	552.7.005	Пружина	1	
A3		87	552.7.016	Пружина	1	
Инв. № подл. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата Подп. и дата						
Изм. Лист № докум. Подп. Дата						
МБК 00.110						
Лист						

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A2			МВК 00.120 СБ	Документація		
					Складальне креслення		
					Складальні одиниці		
	A3	1		МВК 00.120.01	Загортач	1	
	A3	2		МВК 00.120.02	Деталі		
					Пружина	1	
Подп. и дата							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВК 00.120		
	Разраб.	Кучер			Загортач		
	Проб.	Артеменко					
	Н.контр.	Мачок			ЦНТУ гр. АІ-22М(1,4)		
Утв.	Лещенко						
					Лит.	Лист	Листов
							1
					Формат А4		

Копировал

						МВОП 00.001 НЧ			
№ п/п	№ докум.	Тема	Висновок			Мета та задачі дослідження			
Розроб.	А.С.С.					Зміст	Методи	Матеріали	
Висновок	А.С.С.					Аналіз	Аналіз	І	
Підпис	Протокол					- 1/179 ар. АІ-22М174)			
Стор.						Додаток			

Рівняння регресії в загальному вигляді:

$$y = b_0 + \sum_{i=0}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2$$
[illegible]