

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

д.т.н., професор

_____ Микола СВІРЕНЬ

“ ____ ” _____ 20 ____ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування квасолі з розробкою загортаючих
робочих органів сівалки VESTA-8»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи АІ-20М(1,4)-2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Самборський Андрій Юрійович

« ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 20 ____ р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			МВК 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
Подп. и дата	A1			МВК 00.001 ТЧ	Операційна карта	1	
					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			МВК 00.000 СБ	Універсальна пневматична сівалка УПС 12	1	
Инв. № дубл.	A1			МВК 00.110 СБ	Секція	1	
	A2			МВК 00.120 СБ	Загортач	1	
Взам. инв. №					Документація по деталях		
	A3			МВК 00.120.01	Пружина	1	
Подп. и дата	A3			МВК 00.120.02	Пруток	1	
					МВК 00.000 ВП		
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Самборський				Лит.	Лист
	Пров.	Артеменко					Листов
	Н.контр.	Мачок				1	
	Утв.	Свірень				ЦНТУ гр. АІ-20М(1,4)-2	
Відомість магістерської роботи							
Копировав						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	

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

1. Вступ

На сучасному етапі розвитку сільського господарства, вирощування квасолі знаходиться на важливому місці в загальному сільськогосподарському виробництві. За останні роки спостерігається підйом у розвитку селекції нових сортів і гібридів, які здатні давати врожайність, яка необхідна для отримання значного прибутку. Однак самі по собі високоефективні сорти навряд чи можуть забезпечити розв'язок усіх проблем. Щоб сорти змогли показати свій реальний потенціал, необхідно на високому рівні і дуже ретельно дотримуватись умов агротехніки вирощування квасолі. Вже відомо, що отримання дружніх і ранніх сходів є запорукою високих врожаїв, не тільки за рахунок посіву згідно агротехнічних вимог, а і завдяки правильному виконанню робочими органами технологічного процесу, який впливає на швидкість проростання насіння квасолі. Основними факторами, які здійснюють вплив на схожість та розвиток квасолі, є рівномірність посіву насіння по глибині загортання [1,2], а також якість роботи загортаючих робочих органів.

Посів насіння є одним із найважливіших етапів вирощування. Посів повинен забезпечити оптимальні умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин квасолі, що дає можливість прискорити їх появу на денній поверхні, це в свою чергу дозволить, збільшити врожайність культури [3,4,5].

Загортання насіння квасолі ґрунтом є заключною стадією посіву, при якій відбувається утворення найбільш сприятливих умов для його проростання [6,7].

В зв'язку з цим актуальною є проблема удосконалення технології загортання насіння квасолі і конструкції загортачів сівалки Vesta 8, яка направлена на покращення умов проростання насіння.

					МВК 00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Самборський			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Артеменко					6	58
						ЦНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		Мачок				гр. АІ-20М(1,4)-2		
<i>Затверд.</i>		Свірень						

2. Технологічна частина

2.1 Огляд технології вирощування квасолі

Загальна характеристика культури. Квасоля, як зернова, так і овочева - цінна високобілкова культура, що широко використовується в їжу. У ній міститься в середньому 24,3% білка, що у 1,5-2 рази більше, ніж у зерні пшениці, жита, кукурудзи. Це джерело протеїну, білка, мінеральних речовин та вітамінів. Завдяки високому вмісту необхідних людському організму незамінних амінокислот, зокрема лізину, триптофану, метіоніну, білок квасолі за своєю поживністю прирівнюється до білків тваринного походження - м'яса, молока або курячим яйцям.

Крім того, у зернах квасолі є значна кількість інших поживних речовин: крохмалю – близько 50%, цукрів – до 4%, жиру – 36%. У насінні цієї культури міститься заліза - у 3,2 рази, фосфору - в 3,3, калію - в 4,4, магнію - в 10,4 і кальцію - в 19,6 разів більше, ніж у м'ясі.

З вітамінів слід назвати каротин, В1, В2, С та ін. поєднання корисних компонентів надає квасолі особливу цінність як харчового продукту. За калорійністю (336 калорій у 100 г сухих зерен) зерно квасолі в 1,5 рази перевищує пшеничний хліб і в 3,5 рази – картоплю [8,9].

Температурний режим.

Квасоля - теплолюбна рослина, мінімальна температура для проростання насіння - +8 - 10°C. З її підвищенням тривалість періоду «сівба - сходи» значно скорочуються. Встановлено, що за нормальної вологості та температури + 14 - 16°C сходи квасолі з'являються на 12-13-й день, при +16 - 18°C-на 10 - 11-й, при +20 - 21°C - на 8-й і при +23 - 24°C - на 6-й день. Подальше підвищення температури появи сходів не прискорює.

При температурі нижче 8°C проростання насіння квасолі уповільнюється, багато його загниває, особливо при перезволоженні. У фазі сходів квасоля не переносить навіть короточасних заморозків і гине за температури - 0,5 - 1°C. Розвинені рослини витримують короточасні

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

заморозки до $-2 - 4^{\circ}\text{C}$. Для гарного росту та розвитку рослин кvasолі оптимальна температура $+20 - 25^{\circ}\text{C}$. Зі зниженням температури подовжується міжфазний період «сходи - цвітіння» та «цвітіння - дозрівання». При температурі $+40^{\circ}\text{C}$ і вище зростання рослин припиняється і відбувається опад бутонів і квіток. Культура вологолюбна, особливо в періоди набухання та проростання насіння, цвітіння та утворення бобів [8,9].

Якщо для набухання та проростання насіння хлібних злаків достатньо 50-80% води від ваги насіння, для насіння кvasолі потрібно 100-120%.

Тому для отримання дружних сходів кvasоллю необхідно сіяти в вологий ґрунт та при оптимальній температурі. Кvasоля здатна переносити короткочасну посуху до початку бутонізації, проте погано переносить ґрунтову та повітряну посуху (особливо суховії) у період цвітіння та зав'язування бобів. У цих умовах вона скидає квітки та зав'язь, що призводить до різкого зниження врожайності.

Попередник. Кvasоля вимоглива до ґрунту, його фізичних властивостей та родючості. Кращі врожаї формуються при розміщенні на добре проструктурованих ґрунтах з високими фізичними властивостями - суглинистих чорноземах. На погано прогріваних важкосуглинистих ґрунтах кvasоля дає низькі врожаї. Не придатні під посів цієї культури сірі лісові ґрунти. Рослини кvasолі чутливі до підвищеної кислотності, засоленості, високого рівня ґрунтових вод, перезволоження, посухи та засміченості. Для кvasолі найбільш сприятливі ґрунти з майже нейтральною реакцією середовища ($\text{pH} = 6 - 7,5$). Найкращими попередниками для кvasолі є озимі колосові - пшениця, ячмінь, дещо гірше – ярий ячмінь, овес, кукурудза на зерно та силос. Після таких попередників майже у всі роки залишається достатня кількість вологи та поживних речовин у ґрунті, тому врожаї її бувають високими. Не слід розміщувати кvasоллю після соняшника та повторно висівати її на одному полі, оскільки це веде до ураження хворобами та значного зниження врожаю. Сіяти кvasоллю на тому ж полі, а також після інших бобових культур можна не раніше як за 5-6 років. Кvasоля, як і інші

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

бобові культури, накопичує азот у ґрунті, засвоюючи його з повітря за допомогою азотфіксуючих бактерій, що поселяються на її коренях, збагачує ґрунт азотом і залишає після себе чисте від бур'янів поле [8,9].

Обробка ґрунту. Один з головних факторів формування високих та стійких врожаїв - обробіток ґрунту під квасоллю. Наукою та практикою доведено, що краща обробка ґрунту під цю культуру, що розміщується після попередників які рано збираються (озимих і ярих колосових), - це напівпарова. Дана обробка передбачає післязбиральне лущення на глибину 5 - 6 см слідом за збиранням урожаю, оранкою на глибину 20 - 22 см, виконувану через 15 - 25 днів після нього (але не пізніше кінця серпня) в агрегаті з котками або боровами, потім 2 - 3 культивуції з боронуванням.

Для запобігання стоку опадів останню культивуцію проводять без боронування на глибину до 14 см. На схилах крутістю 3°С і більше рекомендується протиерозійна обробка ґрунту пристроями для лункування ПЛДГ-10 або щілинами ЩН-2-140. Основна обробка ґрунту під квасоллю після збирання кукурудзи включає післязбиральне дискування важкими дисковими знаряддями БДТ-7, БД-10 в 1 - 2 сліди на глибину 5 - 6 см, оранку плугами з кільчасто-шпоровими котками або боровами на глибину 20 - 22 см. У разі неякісного підрізування та подрібнення коренестеблових залишків кукурудзи глибину оранки можна збільшити до 25 см. Однак слід мати на увазі, що при збільшенні глибини оранки врожайність квасолі не підвищується, а витрати зростають [8,9].

Добрива. Квасоля чутлива на добрива. Вона добре використовує також післядію добрив, що вносяться під попередні культури. Добриво вносять у вигляді основного восени під зяблеву оранку, а також навесні - локально в рядки при сівбі. На сірих лісових ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах застосовують N60 P60 K60, типових та звичайних чорноземах, на карбонатних чорноземах центральної та південної зон N45 P60 K30 - 60. Як основне добриво доцільно використовувати складні туки. При цьому не менше ніж 90% загальної їх кількості слід вносити восени під основний обробіток

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

грунту. Необхідно також вносити на всіх типах ґрунтів припосівне добриво. При цьому краще застосовувати амофос у дозі 0,5 ц туків на 1 га або 11%-ву нітрофоску – 1 ц/га. Використання складних добрив усуває можливі порушення у співвідношенні поживних речовин, що сприяє підвищення ефективності туків, поліпшення якості сівби [8,9].

Сівба та догляд за посівами. Оскільки квасоля - культура теплолюбна, для отримання дружних сходів сівбу необхідно проводити в добре прогрітий ґрунт. При сівбі в непрогрітий ґрунт насіння не сходить, уражається грибковими хворобами, втрачає схожість, внаслідок чого масив буває зрідженим. Запізнення із сівбою також призводить до великого недобору врожаю. Встановлено, що оптимальний термін сівби квасолі – при прогріванні ґрунту на глибину 10 см до + 14 - 16°C. Кращий спосіб посіву – широкорядний з міжряддями 45 см. Він забезпечує рівномірний розподіл насіння на площі, повне змикання рослин у рядах тільки в період цвітіння, що дозволяє до цього часу здійснювати механізований догляд на чистих від бур'янів площах та при використанні високоефективних гербіцидів при сівбі міжряддя доцільно зменшувати до 30 см. У цьому випадку відбувається більш високе прикріплення бобів, що дозволяє проводити пряме комбайнування та значно зменшує втрати зерна.

Квасоля виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому закладати її насіння треба на глибину 5 - 6 см при достатній вологості ґрунту, а при пересиханні верхнього шару, а також легких ґрунтах - до 7-8 см. Відразу після сівби поле прикочують кільчасто-шпоровими катками, що забезпечують вирівнювання поверхні ґрунту та появу дружних сходів. При правильній основній, передпосівній обробці ґрунту та застосування гербіцидів відпадає необхідність у проведенні будь-яких обробок для догляду за рослинами [8,9].

Надалі здійснюють 1-2 культивації міжрядь, останню - перед змиканням рядків. Для міжрядних культивацій використовують культиватори УСМК-5,4, КРН-5,6, переобладнані на ширину міжрядь 45 см.

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

Збір врожаю. Квасоля дуже швидко дозріває - лише близько 50 днів, і здатна дати урожай двічі на рік. Дозрівання сучасних високопродуктивних кущових сортів квасолі продовжується протягом 10 - 12 днів. Збирати квасолю слід прямим комбайнуванням у фазі підсихання 50-60% бобів на рослинах, коли опадає переважна більшість листя. Спаржева квасоля набагато вибагливіша. Але оскільки її вживання все більше входить в моду, вона є більш привабливим товаром, ніж звичайна квасоля [8,9].

2.2 Технологічна вирощування квасолі, яка використовується в господарстві:

1. Лушення стерні проводять безпосередньо після збирання попередника ДТ-75М + ЛДГ-10, на глибину не менше 5 см запобігаючи випаровуванню вологи, що сприяє найбільш повному знищенню бур'янів та шкідників с/г культур.

2. Зяблева оранка проводиться відразу після збирання попередника. Плуг з передплужником ПТК-9-35, глибина 20 - 22см, з оборотом пласта, мета - знищення бур'янів.

3. Внесення Р і К добрив під час оранки із закладанням у ґрунт для підвищення вмісту елементів живлення.

4. Зимово необхідно виконувати снігозатримання з метою накопичення вологи. Після снігопаду, коли сніговий покрив досягне 10 см, проводиться ущільнювання снігу. Вали через 3м. упоперек панівних вітрів.

5. Весною проводиться ранньовесняне боронування по досягненні фізичної стиглості ґрунту ДТ-75 + 3-БЗС-1 в 1-2 сліди. З метою зменшення капілярного випаровування вологи, знищення ґрунтової кірки.

6. Прикочування поля при підсиханні верхнього шару ґрунту, кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6 в один слід. Для зменшення дифузного випаровування вологи по великих порах, вирівнювання поверхні поля.

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

7. Передпосівна культивуація в день посіву, культиватор КПС-4, борони БЗСС-1, глибина 10 - 12 см, культивуація на глибину закладення насіння, знищення бур'янів, створення щільного ложа для насіння.

8. Обробка насіння шляхом обприскування, потім просушування насіння. Перед посівом ПСШ-3, ТСШ-5, або ПС-10. Обробка пестицидами для знищення хвороб і шкідників.

9. Посів після останньої культивуації, коли ґрунт прогріється до 12-15°C на глибині посіву. Просапна сівалка Vesta 8, глибина 3-5 см, посів без огріхів.

10. Котування кільчасто-шпоровими котками КШ-6 в один слід. Отримання дружних сходів, зменшення дифузного випаровування.

11. Обробка гербіцидами за 2-3 дні до появи сходів ОПШ-12. Прометрин 50% с.п. 3т/га препарату для знищення бур'янів.

12. Обробка інсектицидами. Починаючи з фази сходів до бутонізації ОПШ-12 карбофос, метафос, фосфамід, рівномірний розподіл на поверхню рослини, доза 0.5л/га.

13. Обробка фунгіцидами при появі ознак хвороби рослин ОПШ-12. Рівномірний розподіл по поверхні рослин, боротьба з хворобами.

14. Кінець літа, початок осені. Збирання у валки після пожовтіння бобів та затвердіння насіння. Квасолезбиральна машина ФА-4 або пряме комбайнування зерновим комбайном Fendt IDEAL 8.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2.3 Операційна технологія процесу посіву при вирощуванні квасолі

Умови роботи

Характеристика умов роботи агрегату в складі сівалки Vesta 8 і трактора ЮМЗ 6 наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Перелік умов роботи

Показник	Значення показника
Сільськогосподарська операція	Посів насіння квасолі
Площа посіву, га	120
Марка трактора	ЮМЗ 6
Марка агрегату	Vesta 8
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

2.3.1 Агровимоги до посіву квасолі

Квасоллю висівають, коли минає загроза весняних заморозків, а ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури 15 - 17°C. У Лісостеповій зоні умови для посіву настають у першій - другій декадах травня. Щоб продовжити період використання квасоллю висівають у декілька термінів з інтервалом 10 - 15 днів.

Спосіб сівби широкорядний з шириною міжрядь 45-60 см або стрічковий за схемою 60+15+15 см. Кращий спосіб сівби - широкорядний з міжряддями 45 см. При цій ширині міжрядь ряди замикаються в період цвітіння, рослини краще пригнічують бур'яни, можливий механізований догляд за посівами.

Для великонасінневих високорослих сортів - 300-350 тис. шт./га, дрібнонасінних сортів норма висіву становить 400-500 тис. шт./га схожого насіння.

Глибина посіву насіння. Оскільки квасоля при проростанні виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту, оптимальною є глибина 4 см, на вологих та зв'язних ґрунтах – 3 - 4 см, на супіщаних, легких ґрунтах, а також при пізньому посіві – 6 - 7 см [10].

2.3.2 Комплектування і підготовка трактора і сівалки до роботи

Підготовка до роботи агрегату включає підготовку сівалки і трактора, випробування в роботі, складання агрегату, та проведення почергового ТО.

Кількість машин в агрегаті повинна відповідати раціональному завантаженню трактора, а оброблена площа - сумарній добовій роботі машини.

Сівалку розміщують на платформі керування, перевіряють комплектність, точність встановлення робочих органів, технічний стан висівної машини, сошників, насінневих проводів, захисних пристроїв, механізму передачі, поручнів причепа. Сівалка налаштована на норму висіву добрив і насіння.

Знайдемо теоретичні швидкості передачі (V_m) і відповідне номінальне тягове зусилля на гаку [11,12]:

$$V_m^{IV} = 6,55 \text{ км/год}$$

$$V_m^V = 8,05 \text{ км/год}$$

$$P_{н.зак}^{IV} = 13,5 \text{ кН}$$

$$P_{н.зак}^V = 11 \text{ кН}$$

Визначаємо максимальну ширину захвату агрегату на 4 та 5 передачах за формулою:

$$B_{\max} = \frac{P_{зак}}{K_o^V + R_i},$$

Величину питомого опору K_o^V (кН/м) визначаємо за формулою:

$$K_o^V = K_o [1 + \Pi(V_p - V_o)],$$

де K_o - питомий опір ґрунту, при $V_o = 5$ км/год, ($K_o = 1,1 \dots 1,6$ кН/м);

Π - коефіцієнт приросту питомого опору, ($\Pi = 1,0 \dots 1,5\%$);

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

V_0 - швидкість руху агрегату, ($V_0 = 5$ км/год);

V_p - робоча швидкість агрегату, км/год.

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right),$$

де V_m - теоретична швидкість, км/год

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 6 \dots 20\%$).

Отже,

$$V_p^{IV} = 6,55 \cdot \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 5,57 \text{ км/год}$$

$$V_p^V = 8,05 \cdot \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 6,84 \text{ км/год}$$

Тоді:

$$K_o^{IV} = 1,5 \cdot [1 + 0,015(5,57 - 5)] = 1,51 \text{ кН/м}$$

$$K_o^V = 1,5 \cdot [1 + 0,015(6,84 - 5)] = 1,54 \text{ кН/м}$$

Додатковий опір (кН/м), який виникає при русі агрегату на підйом, визначаємо за формулою:

$$R_i = \frac{G_m}{B_k} \cdot i,$$

де G_m – маса машини ($G_m = 12,53$ кН)

B_k – конструктивна ширина захвату, ($B_k = 5,6$ м)

Отже:

$$R_i = \frac{12,53}{5,6} \cdot 0,05 = 0,11 \text{ кН/м}$$

Максимальна ширина захвату агрегату:

$$B_{\max}^{IV} = \frac{13,5}{1,51 + 0,14} = 8,9 \text{ м}$$

$$B_{\max}^V = \frac{11}{1,54 + 0,14} = 6,54 \text{ м}$$

Визначаємо кількість сівалок в агрегаті за формулою:

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

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_k},$$

$$n_c^{IV} = \frac{8,9}{5,6} = 1,59 - \text{приймаємо 2 сівалки}$$

$$n_c^{IV} = \frac{6,54}{5,6} = 1,17 - \text{приймаємо 1 сівалку}$$

Визначаємо тяговий опір агрегату за формулою:

$$R_{aep} = K_o^V B_p n_c + R_{зч}$$

$$R_{aep}^{IV} = 1,51 \cdot 5,6 \cdot 2 + 1,3 = 18,21 \text{ Кн}$$

$$R_{aep}^V = 1,54 \cdot 5,6 \cdot 1 + 1,3 = 9,92 \text{ Кн}$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора за формулою[11,12]:

$$\eta_{T3} = \frac{R_{aep}}{P_{зак}},$$

$$\eta_{T3}^{IV} = \frac{18,21}{13,5} = 1,35,$$

$$\eta_{T3}^V = \frac{9,92}{11} = 0,9.$$

Визначаємо змінну продуктивність, га/зм:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p V_p T_p,$$

де B_p – робоча ширина захвату, м:

$$B_p = B_k \beta,$$

де B_k – конструктивна ширина захвату, м ($B_k = 5,6$ м);

β – коефіцієнт використання ширини агрегату ($\beta = 0,98 \dots 1,0$)

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

$$B_p = 5,6 \cdot 1 = 5,6 \text{ м}$$

V_p – робоча швидкість, км/год;

T_p – робочий час зміни, год:

$$T_p = T_{зм} \tau$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год ($T_{зм} = 7$ год);

τ - коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,82$).

$$T_p = 7 \times 0,82 = 5,74 \text{ год}$$

Змінна продуктивність:

$$W_{зм}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 5,57 \cdot 5,74 = 17,9 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^V = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,84 \cdot 5,74 = 22 \text{ га/зм}$$

8. Розрахунок витрат палива (кг/га) визначаємо за формулою [11,12]:

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}},$$

де $Q_{зм}$ – витрати палива за зміну, кг;

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

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_z t_z,$$

де Q_p, Q_x, Q_z – відповідно годинні витрати палива за час робочих та холостих ходів і на зупинках з працюючим двигуном, кг/год;

$$t_x = t_z = \frac{7 - 5,74}{2} = 0,63 \text{ год}$$

При $\eta_{ТЗ}^{IV} = 0,7$; $Q_p = 16,7 \text{ кг/год}$; $Q_x = 11,4 \text{ кг/год}$; $Q_z = 2 \text{ кг/год}$,

а при $\eta_{ТЗ}^V = 0,87$; $Q_p = 15 \text{ кг/год}$; $Q_x = 9 \text{ кг/год}$; $Q_z = 2 \text{ кг/год}$.

Тоді витрата палива на 1 га:

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

$$Q_{\text{га}}^{\text{IV}} = \frac{16.7 \cdot 5.74 + 11.4 \cdot 0.63 + 2 \cdot 0.63}{17.9} = 5.8 \text{ кг/га}$$

$$Q_{\text{га}}^{\text{V}} = \frac{15.5 \cdot 5.74 + 9.0 \cdot 0.63 + 2 \cdot 0.63}{22} = 4.2 \text{ кг/га}$$

2.3.3 Підготовка поля до роботи

Перед початком робіт необхідно оглянути поле і очистити його від сторонніх предметів. Перешкоди які неможливо усунути позначити. Обрати спосіб і напрямок руху агрегату.

2.3.4 Організація роботи агрегату в загінці

Обираємо напрямок руху агрегату – вздовж сторони гону $L=900\text{м}$, а спосіб руху – човниковий.

Визначаємо кінематичну довжину агрегату за формулою [11,12]:

$$L_k = l_m + l_{\text{зч}} + l_{\text{м}},$$

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

$$l_m = 4,2\text{м}, l_{\text{зч}} = 1,3\text{м}, l_{\text{м}} = 2,2\text{м}.$$

Тоді:

$$L_k = 4,2 + 1,3 + 2,2 = 7,9\text{м}.$$

Визначаємо ширину поворотної смуги агрегату:

При петльовому способі повороту:

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

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

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

e – довжина виїзду агрегату, м.

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

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_k = 0,6 \cdot 7,9 = 4,74 \text{ м.}$$

Тоді

$$E_p = 3 \cdot 6,7 + 4,74 = 24,8 \text{ м}$$

Беремо кратну ширині захвату

$$E_p = K \cdot B_p,$$

де K – число кратності ширини захвату, заокруглюється до цілого числа.

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{24,8}{5,6} = 4,43$$

$$E_p = 4,43 \cdot 5,6 = 24,8 \text{ м}$$

Визначення ширини загінки:

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

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

L – довжина загінки, м.

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

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

Кількість загінок визначається за формулою:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{LC}$$

де F – площа посіву, га;

L – довжина загінки, м.

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 120}{900 \cdot 597} = 2,23$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 120}{900 \cdot 733} = 1,82$$

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

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

2.3.5 Контроль якості роботи

На основі проведених розрахунків виконання операції оформлюється операційна технологічна карта на посів насіння цукрових буряків та виконуються додаткові розрахунки показників організації виконання операцій, згідно [11,12].

Визначаємо тривалість одного циклу, хв.

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

де L_p – робоча довжина загінки, м;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год;

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

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

де L – довжина загінки ($L = 900$ м);

E_p – ширина поворотної смуги ($E_p = 24,2$ м).

Визначаємо робочу довжину загінки:

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

Отже:

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

Визначаємо технічну продуктивність за цикл, га/ц:

$$W_u = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot T_u \cdot \tau,$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,84 \cdot 0,29 \cdot 0,82 = 0,91 \text{ га/ц}.$$

Кількість циклів за зміну:

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

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

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

Витрати палива за зміну:

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

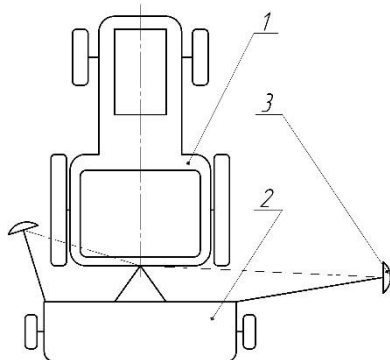
$$Q_{\text{зм}} = 5,8 \cdot 19,6 = 113,7 \text{ кг / зм}$$

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

На основі умов роботи, агротехнічних вимог на посів та проведення розрахунків, заповнюється операційна технологічна карта.

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

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 заробляння насіння – 4 см.	 Схема поля
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних сівалок ± 2 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини зароблення ± 2 см. Не допускаються незароблене насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор ЮМЗ 6, сівалка Vesta 8, робоча ширина захвату – 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,7м, кінематична довжина агрегату – 7,9м. Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки; відрегулювати на задану норму висіву; встановити маркери	 1 – трактор ЮМЗ 6; 2 – сівалка; 3 - маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 24,2м.	

Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий човниковий, спосіб повороту – петльовий грушоподібний	L - довжина гонів, L_p - робоча довжина загінки, E - ширина поворотної смуги, e - довжина виїзду агрегату, B_p - ширина захвату агрегату.
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	
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. На сучасному етапі розвитку сільського господарства вирощування квасолі займає лише невелику частку у виробництві сільськогосподарської продукції фермерськими господарствами. Квасоля є витратною але дуже рентабельною культурою, яка є дуже привабливою для вирощування не зважаючи на складний технологічний процес. Оскільки вартість квасолі тільки зростає то підвищення врожайності цієї культури є досить актуальною задачею. Для впровадження більш продуктивних технологічних процесів вирощування квасолі необхідно щоб робочі органи сівалки в повній мірі задовольняли вимогам агротехнічних умов до забезпечення якості посіву. Під час посіву головною вимогою до якості посіву квасолі є рівномірне розміщення насіння по глибині борозни і забезпечення умов для його стрімкого проростання. Тому забезпечення правильного виконання технологічного процесу посіву робочими органами сівалки є важливою і актуальною задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення ефективності роботи загортачів посівної секції просапної сівалки шляхом вдосконалення і обґрунтування їх конструктивно-технологічних параметрів.

Для досягнення мети поставлено такі задачі:

проаналізувати чинний процес роботи загортачів просапної сівалки, з'ясувати недоліки та обґрунтувати напрями їх усунення;

дослідити процес роботи загортачів просапної сівалки, розробити вдосконалену конструкцію та обґрунтувати раціональні параметри її елементів;

оцінити техніко-економічну ефективність удосконалених загортачів.

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

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

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

встановлено закономірності впливу геометричних параметрів загортачів на виконання процесу ущільнення ґрунту навколо борозни і її загортання та визначені їх раціональні значення;

досліджено поведінку ґрунту від початку дії поверхні загортачів до їх закінчення та показано вплив робочої поверхні загортачів на характер виконання технологічного процесу;

виявлено зв'язок між геометричними параметрами загортачів та процесом загортання насіння в борозні;

аналітично обґрунтовано параметри моделі взаємодії загортачів і ґрунтового середовища під час виконання технологічного процесу загортання насіння.

3.1 Обґрунтування напрямку підвищення отримання дружних сходів квасолі

Квасоля є дуже вибагливою культурою з точки зору її вирощування. Для отримання гарних врожаїв фермерські господарства повинні вкладати значні кошти в процеси які пов'язані з виробництвом квасолі. Підвищення врожайності квасолі є основною метою при вирішенні більшості задач, які пов'язані із удосконаленням технологічного процесу її вирощування. Головним із найвідповідальніших етапів вирощування квасолі є посів насіння.

Посів повинен забезпечити сприятливі умови для проростання і розміщення насіння, це дає можливість прискорити появу рослин на денній поверхні, наслідком чого буде збільшення врожайності квасолі з одиниці площі. Розміщення насіння квасолі по глибині борозни повинно бути рівномірним, що є однією із головних умов появи дружних сходів. Але в реальних умовах цим процесам приділяється дуже незначна увага з боку виробників сівалок [13-19]. Правильно створені умови для висіяного насіння можуть значно впливати на швидкість проростання насіння.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В зв'язку з цим актуальною є проблема удосконалення технології посіву насіння і конструкції загортачів сівалки Vesta 8, яка направлена на покращення умов проростання насіння.

Насіння квасолі під час проростання піднімає свій паросток в вертикальній площині, а оскільки саме насіння є крупного розміру то необхідно, щоб ґрунт який знаходиться над насіниною був дрібногрудкуватий і помірно ущільнений. Найкращим з точки зору загортання насіння квасолі є спочатку ущільнення ґрунту з обох боків від нього з метою кращого підтягування капілярної вологи, а потім засипання борозни над насінням дрібногрудкуватим ґрунтом та планування поверхні рядка.

На сьогоднішній день конструкція загортачів просапних сівалок не в повній мірі задовольняє вимогам до загортання квасолі.

3.2 Огляд існуючих конструкцій загортачів та розробка удосконаленої конструкції загортача сівалки Vesta 8

Для визначення напрямку вдосконалення серійних загортачів необхідно провести огляд їх конструкцій. На сьогоднішній день сівалка Vesta 8 може комплектуватись трьома видами загортачів. Причому один із них тільки для планування поверхні над рядком.

Загортач секції [19] робочих органів сівалки Vesta 8 (рис. 3.1) для планування поверхні над рядком, складається: із кронштейна 1 який кріпиться на підвіску прикочуючого котка секції робочих органів, рухомих поводків 2, з обмежувачами, в нижній частині яких знаходиться вісь 3.

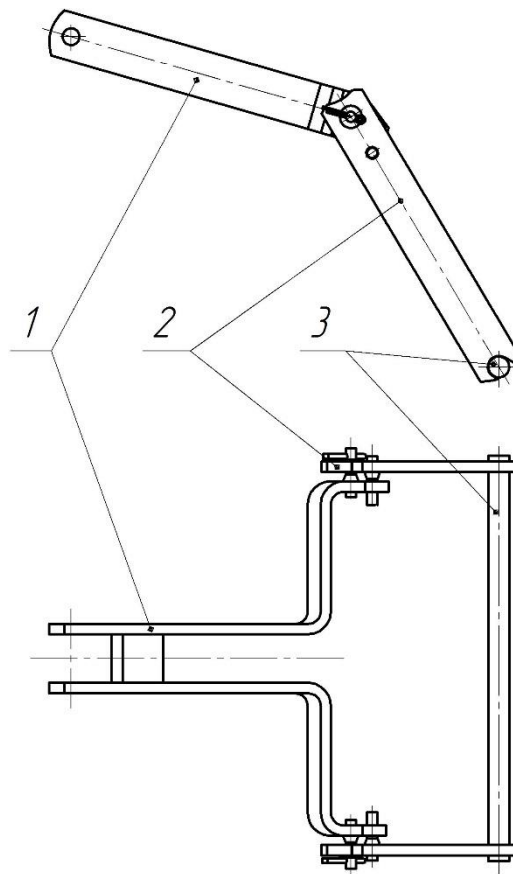


Рис. 3.1 Конструкція загортача сівалки Vesta 8 для планування поверхні

В процесі роботи вісь загортача, яка знаходиться трохи нижче поверхні рядка, планує його поверхню, шляхом вирівнювання, змішуючи верхній сухий шар ґрунту із частиною нижнього більш вологого мульчуючи його.

Така конструкція загортача має істотний недолік — завдяки перемішуванню ґрунту різної вологості втрачається капілярна волога в зоні проростання насіння, що може зменшити швидкість росту рослини і появу їх на денній поверхні.

Посівна секція сівалки Vesta 8 оснащується пластинчастим прямим загортачем [19] (рис. 3.2) який встановлений одразу за сошником сівалки і призначений для загортання борозни шарами ґрунту які знаходяться на поверхні поля. Пластинчастий загортач сівалки Vesta 8 складається із важеля 1 і нахиленої під кутом прямокутної лопатки 2. Лопатка призначена для згрібання з поверхні поля шару ґрунту і направлення його в борозну.

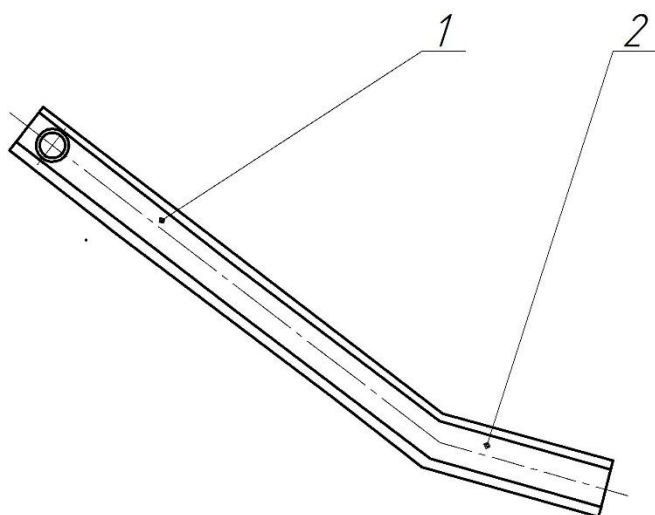


Рис. 3.2 Пластинчастий загортача сівалки Vesta 8:

1 – важіль; 2 - лопатка

Основним недоліком такого загортача є те, що ґрунт для загортання борозни згрібається з поверхні поля і частіше всього має меншу вологість ніж борозна на глибині посіву. Такий технологічний процес роботи загортачів може сприяти сповільненню проростання насіння.

Найбільш розповсюджена конструкція загортачів [19] які використовуються на сівалці Vesta 8 – це криволінійні лопатки (рис. 3.3).

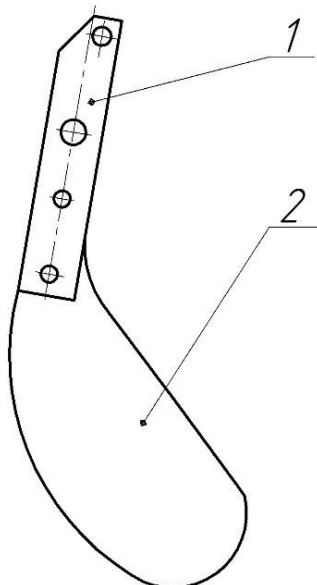


Рис. 3.3 Серійний загортача сівалки Vesta 8:

1 – важіль; 2 – криволінійна лопатка

Загортач складається із важеля 1, до якого кріпиться криволінійна лопатка 2. Загортач працює наступним чином – під час руху криволінійна лопатка відокремлює верхній шар ґрунту і направляє його в бік борозни і закриває її формуючи пагорб над насіниною.

Основним недоліком такого загортача є те, що ґрунт для загортання борозни переміщується в процесі відокремлення із поверхні поля в результаті чого формується пагорб над насіниною. Такий технологічний процес роботи загортачів може сприяти сповільненню проростання насіння.

Пріоритетним напрямком удосконалення загортачів є поетапне розділення процесу загортання насіння спочатку вологими, а потім укривання всієї борозни верхніми більш сухими шарами ґрунту. Найбільш придатною для подальших досліджень є конструкція загортачів пружинного типу.

Основними перевагами таких загортачів є: простота конструкції, легкість налаштування та за рахунок їх пружній дії на ґрунт відбувається не тільки самоочищення від рослинних решток, а і від налипання вологого ґрунту.

Для усунення вказаних недоліків нами був розроблений удосконалений загортач який виконаний прутковим у вигляді Z подібної пружини і з кутом нахилу робочої частини як в вертикальній так і горизонтальній площині. Робоча частина загортача виконана комбінованою та розміщується під кутом до вісі рядка в горизонтальній площині, передня частина має радіальний носок з тупим і гострим кутом входження в ґрунт, центральна частина розміщена горизонтально, задня частина має радіальну п'яту, в вертикальній площині Z подібна пружинна частина меншого діаметру, нахилена під кутом і здійснює тиск на робочу поверхню загортача.

На рис. 3.4 показано дві проекції удосконаленої конструкції пружинного загортача. Запропонований пружинний загортач складається із передньої частини 1, середньої частини 2, п'яти 3, Z подібної пружинної частина 4.

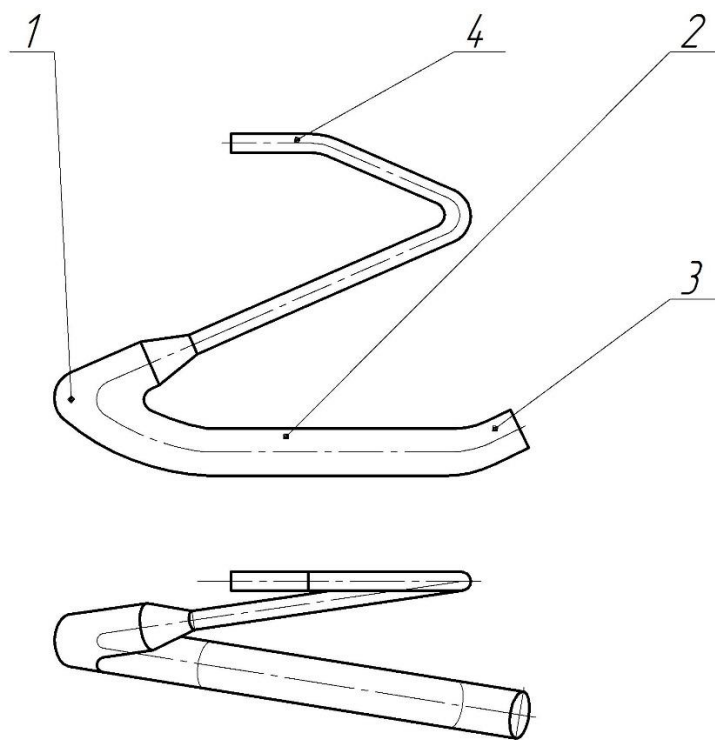


Рис. 3.4 Удосконалений загортач сівалки Vesta 8:

1 – передня частина; 2 – середня частина; 3 – криволінійна п'ятка; 4 – пружина

Пружинний загортач працює наступним чином, під час руху сівалки за рахунок дії Z подібної пружинної частини 4 робоча частина загортача занурюється у ґрунт здійснюючи тиск, передня частина 1 радіальним носком з тупим і гострим кутом входження в ґрунт ділить шар ґрунту на зовнішній і внутрішній. Внутрішній шар ґрунту рухаючись по робочій поверхні загортача направляється в бік борозни. Середня частина 2 робочої поверхні загортача здійснює тиск в зоні борозни тим самим сприяє стискуванню стінок борозни, а за рахунок розхилу по відношенню до вісі борозни, ґрунт який рухається по ній, направляється в бік борозни і загортає її. За рахунок пружної дії Z подібної частини 4 загортача відбувається постійне демпфування дії загортача на ґрунт, а радіальна п'ята 3 компенсує навантаження на середню частину 4 і стінку борозни. Оскільки Z подібна частина 4 нахилена під кутом як в вертикальній так і горизонтальній площині то тиск на борозну буде комбінованим та її ущільнення і загортання буде проводитись одночасно. Конструкція загортача

виконана комбінованою в різних площинах за рахунок чого вона буде сприяти самоочищенню при підвищеній вологості і забур'яненості.

Ефективність роботи пружинного загортача забезпечується такими факторами:

1. Сухий ґрунт верхнього шару потрапляє в борозну яка вже закрита від дії тиску утвореного робочою поверхнею загортача, а для росту насіння верхня частина вкрита дрібно грудкуватими шарами ґрунту.

2. За рахунок розхилу пружинних загортачів в горизонтальній площині утворюється ефект мульчування, а за рахунок розхилу у вертикальній площині створюється тиск в зоні борозни, що сприяє її закриттю.

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

3.3 Моделювання процесу загортання насіння ґрунтом загортачами посівної секції

В сучасних конструкціях просапних сівалок загортання насіння в борозні здійснюється різними загортачами пластинчастого типу або шлейф-боронками, виконаними у вигляді набору з'єднаних між собою кілець на всю ширину захвату рядка [20,21]. Основним недоліком таких загортачів та шлейф-боронок є нерівномірність глибини загортання насіння та порушення технологічного процесу їх роботи при зустрічі з різними включеннями у ґрунті. Тому вдосконалення конструктивно-технологічних параметрів загортачів, що забезпечують необхідну глибину загортання борозни з насінням ґрунтом шляхом моделювання процесу їх роботи представляє науковий та практичний інтерес при модернізації існуючих та розробці нових конструкцій сівалок для посіву просапних культур.

На підставі відомих конструкцій засобів [20-22], призначених для загортання насіння ґрунтом у посівній борозні, запропонована схема загортача (рис. 3.5) прутково-пружинного типу, конструкція якого виконана у вигляді Z

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подібної пружини і з кутом нахилу робочої частини як в вертикальній так і горизонтальній площині. Робоча частина загортача виконана комбінованою та розміщується під кутом до вісі рядка в горизонтальній площині, передня частина має радіальний носок з тупим і гострим кутом входження в ґрунт, центральна частина розміщена горизонтально, задня частина має радіальну п'яту, в вертикальній площині Z подібна пружинна частина меншого діаметру, нахилена під кутом і здійснює тиск на робочу поверхню загортача.

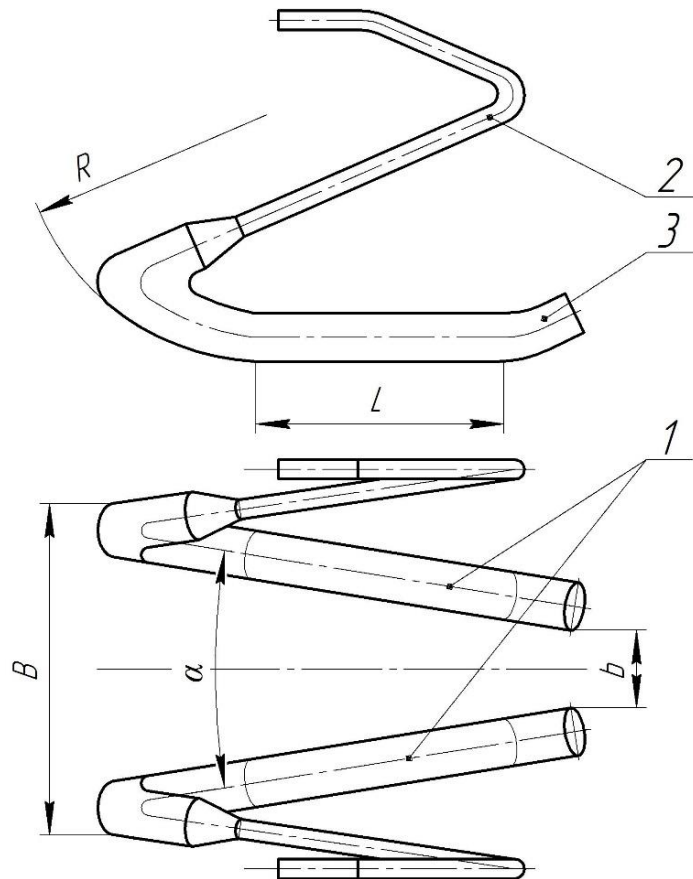


Рис. 3.5 Схема і конструктивні параметри пружинного загортача:

1 – прутки; 2 – пружина; 3 - п'ята

Для забезпечення технологічного процесу загортання борозни ґрунтом прутки робочої частини загортачів повинні бути відхилені в сторони на кут який необхідно обґрунтувати. Робоча частина загортача необхідно виконувати із металевого прутка діаметром D , який приймемо для розрахунків діаметром рівним 20-22 мм.

Робоча частина загортача призначена для переміщення ґрунту в борозну з обох боків рядка і їх діаметр d повинен бути обґрунтований. Передні частини робочої частини загортачів повинні бути відігнуті вгору під радіусом R , що дорівнює не менше 100 мм, і з відстанню між ними, що дорівнює B не перевищує відстань між борозенками. У задній частині полозки повинні сходитися на величину, більшу за ширину борозни на 5-10 мм. Довжина робочої частини прутків L істотно впливає на кількість ґрунту, що зсувається, і її також необхідно обґрунтувати.

Загортачі повинні бути встановлені за сошником по сліду кожної посівної борозни та шарнірно приєднані до рами сівалки за допомогою тяги, встановленої під кутом β до напрямку руху агрегату, що рекомендується прийняти рівним 30 - 35°.

Для обґрунтування основних конструктивних параметрів загортача: кута між направляючими полозків α , діаметра прутків d та довжини робочої частини прутків L необхідно розробити математичну модель процесу загортання борозни ґрунтом загортачем, що має високу фізичну адекватність, просторову та тимчасову роздільну здатність.

Розроблену математичну модель необхідно орієнтувати на використання можливостей сучасних комп'ютерів. У межах кінцевого елементного наближення - ґрунт доцільно уявити сукупністю великої кількості елементів, механічно взаємодіючих між собою (рис. 3.6).

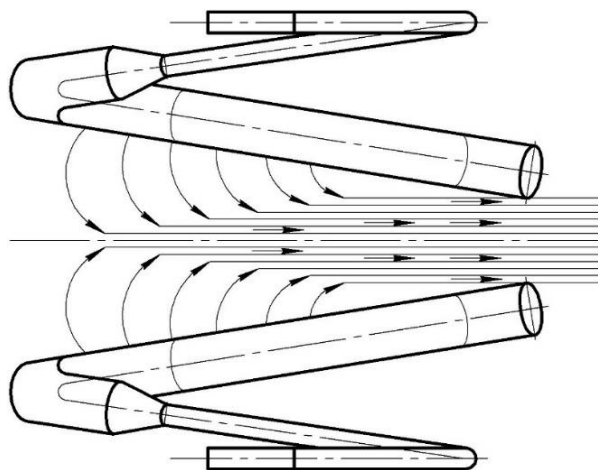


Рис. 3.6 Схема процесу взаємодії ґрунту з поверхнею загортачів

Для моделювання механічної поведінки ґрунту під дією загортача використовується метод динаміки часток [23-26], різні варіанти якого показали високу ефективність при моделюванні широкого спектру фізичних процесів [27-29]. Особливо широке застосування цей метод знаходить при моделюванні різних середовищ (рідкі, сипкі, фрагментовані, газоподібні) у фізично-реалістичній комп'ютерній графіці [30,31].

В рамках методу динаміки частинок вважатимемо, що ґрунт складається з однакових кулястих елементів з діаметром dE (у більшості розрахунків рівний 1 мм).

При контакті елементів один з одним виникають пружні сили та сили в'язкого тертя (рис. 3.7а).

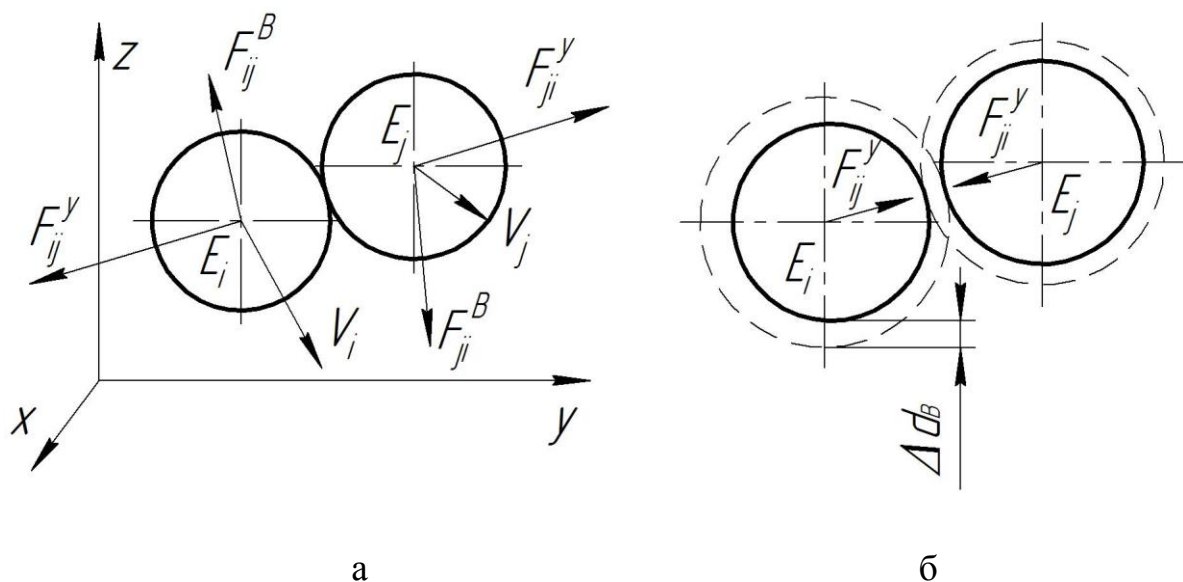


Рис. 3.7 Схема сил які діють на частинку ґрунту:

- а – сили відштовхування під час занурення часток ґрунту одна в одну;
- б – сили тяжіння при віддаленні часток ґрунту одна від одної до певної відстані

Під впливом сил у моделі розраховується рух елементів за законами класичної динаміки [33].

Моделювання виконуємо у тривимірному просторі XYZ. Стан кожного елемента-кулі E_i задається шістьма змінними: декартовими координатами його

центру (x_i, y_i, z_i) і складовими швидкості (V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}) . Механічне взаємодія елементів між собою прийнято пружно-в'язкою, що дозволяє закласти в модель основні механічні властивості ґрунту: модуль пружності, коефіцієнт внутрішнього тертя, граничну деформацію при випробуванні на розрив. У моделі враховується, що між сусідніми елементами можуть виникати сили відштовхування під час занурення елементів один в одного або тяжіння при віддаленні зчеплених елементів один від одного (рис. 3.7б).

Пружна складова взаємодії між елементами ґрунту забезпечує як їх відштовхування (відстань між r_{ij} центрами i -го та j -го елементів менше діаметра елемента d_e), так і тяжіння у вузькому діапазоні відстаней ($d_e > r_{ij} > r_k$) (рис. 3б), де:

$$r_k = k_0 d_e$$

де $k_0 d_e$ - критична відстань, до якої елементи взаємодіють один з одним;

k_0 - коефіцієнт критичної відстані через діаметр елемента (у більшості розрахунків прийнятий рівним 1,1).

При розрахунку сили $\bar{F}_{ij}$, що діє з боку елемента i на елемент j вважаємо, відповідно до третього закону Ньютона [30,32], що сила з боку елемента j на елемент i є такою ж за модулем і протилежною за напрямом, тобто:

$$\bar{F}_{ij} = -\bar{F}_{ji}$$

Рівняння руху елементів ґрунту складаємо на основі другого закону Ньютона:

$$\left\{ \begin{aligned} m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_e} \left(\left\{ c_{ij} (d_e - r_{ij}) \cdot \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) \cdot (V_{xi} - V_{xj}), \quad r_{ij} < k_{0ij} d_e; \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \right. \right); \\ m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_e} \left(\left\{ c_{ij} (d_e - r_{ij}) \cdot \frac{(y_i - y_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) \cdot (V_{yi} - V_{yj}), \quad r_{ij} < k_{0ij} d_e; \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \right. \right); \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} &= -m_i g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_e} \left(\left\{ c_{ij} (d_e - r_{ij}) \cdot \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) \cdot (V_{zi} - V_{zj}), \quad r_{ij} < k_{0ij} d_e; \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \right. \right). \end{aligned} \right. \quad (3.1)$$

де i - номер елемента;

m_i - маса елемента;

$x_i; y_i; z_i$ - декартові координати елемента;

t - час;

N_e - кількість елементів;

j - номер елемента, який, можливо, контактує з i -м елементом;

c_{ij} и k_{ij} - коефіцієнти жорсткості взаємодії та в'язкого тертя один об одного елементів i та j ;

r_{ij} - відстань між центрами елементів i та j ;

$V_{xi}; V_{yi}; V_{zi}$ - декартові складові швидкості i -го елемента;

g - прискорення вільного падіння.

Відстань r_{ij} між центрами елементів $E_i(x_i, y_i, z_i)$ і $E_j(x_j, y_j, z_j)$ розраховується за теоремою Піфагора:

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (3.2)$$

Рішенням системи диференціальних рівнянь другого порядку є функції $x_i(t), y_i(t), z_i(t)$, що визначають траєкторії руху елементів і дозволяють відтворити моделі процес поведінки ґрунту при дії загортачів.

За загальноприйнятою класифікацією запропонована модель є алгоритмічною, але не є аналітичною [31]. Це означає, що вихідні характеристики моделі розраховуються по вхідних не шляхом аналітичних перетворень (це неможливо в принципі зробити з прийнятною точністю через складність системи, що моделюється), а за допомогою просторової та тимчасової дискретизації та відповідного алгоритму розрахунку. Розрахунок за наведеними вище формулами є досить громіздким і включає три цикли, вкладених один в інший: за номером комп'ютерного експерименту, за номером тимчасового кроку і за номером елемента.

Визначення параметрів моделі за довідковими та експериментальними даними

У моделі використовується ціла низка параметрів, що пов'язана з дискретизацією ґрунту: m_i, d_e, c_{ij}, k . Викладемо методику визначення параметрів за довідковими даними [33,34].

Розрахунок маси одного елемента m_e проводиться з використанням табличного значення щільності ґрунту та геометричних міркувань:

$$m_e = \rho \cdot V_e = \rho \frac{4\pi}{3} \cdot k_f = \frac{\pi}{6} \rho \cdot d_e^3 k_f \quad (3.3)$$

де ρ - об'ємна щільність середовища, кг/м³;

V_e - об'єм елемента, м³;

k_f - коефіцієнт форми, необхідний для обліку того, що кулькові елементи не повністю заповнюють простір між ними. Значення коефіцієнта k_f приймаємо рівним 1,4.

Для розрахунку жорсткості взаємодії двох елементів використовуємо табличне значення модуля пружності ґрунту, а також геометричні міркування щодо дискретизації:

$$c_n = E \cdot \frac{\pi d}{4} k_f \quad (3.4)$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де E - модуль пружності ґрунту, Па.

Коефіцієнт в'язкого тертя k_{ij} пов'язаний з внутрішнім тертям в ґрунті і визначається за довідковими значеннями відстані загасання звукових хвиль.

Коефіцієнт α обнуління взаємодії між сусідніми елементами розраховується за довідковими значеннями граничної деформації при випробуванні зразків ґрунту на розтяг.

Розглянемо особливості розв'язання системи диференціальних рівнянь.

Метод чисельного інтегрування. Диференціальні рівняння, що описують рух елементів ґрунту, є однотипними [35] і в загальному вигляді записуються так:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = k_1 \frac{dx}{dt} + k_2 x + k_3 \quad (3.5)$$

або

$$ma = k_1 v + k_2 x + k_3 \quad (3.6)$$

де m – маса елемента ґрунту;

x - шукана функція (залежність координати x , y або z від часу);

t – час;

k_1, k_2, k_3 – величини, які залежать від x , але залежні від інших функцій системи диференціальних рівнянь;

a - прискорення (відповідна декартова компонента a_x, a_y, a_z);

V - швидкість (відповідна декартова компонента V_x, V_y, V_z).

У сукупності з початковими умовами дані рівняння є завданням Коші. Для її вирішення використовуємо чисельний метод Рунге-Кутта другого порядку (модифікований метод Ейлера-Коші) [24]. Цей метод реалізується такими ітераційними формулами:

$$x^{\tau+1} = x^{\tau} + V^{\tau} \cdot \Delta t + \frac{k_1 V^{\tau} + k_2 V^{\tau} + k_3}{m} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2} \quad (3.7)$$

$$V^{\tau+1} = V^{\tau} + \frac{k_1 V^{\tau} + k_2 V^{\tau} + k_3}{m} \cdot \Delta t \quad (3.8)$$

де індекси τ та $\tau+1$ позначають поточний та наступний крок інтегрування за часом;

Δt – величина кроку інтегрування.

Цей метод має другий порядок точності стосовно шуканої функції $x(t)$. Цей метод є універсальним та надійним, а також швидко програмованим. Крок інтегрування системи диференціальних рівнянь становить $\Delta t = 0,001$ с.

Початкові умови. Для основної системи диференціальних рівнянь, що описують рух елементів ґрунту, необхідно задати початкові умови: положення у просторі та швидкість елементів у початковий момент часу. У початковий момент часу задану кількість елементів ґрунту розміщуємо в геометричній області у формі прямокутного паралелепіпеда по всьому об'єму області моделювання, при цьому координати елементів вибираються випадковим чином за допомогою генератора випадкових чисел, що реалізує рівномірний закон розподілу.

$$x_i(t=0) = x_{\Gamma 1} + F_{1i} \cdot (x_{\Gamma 2} - x_{\Gamma 1}) \quad (3.9)$$

$$y_i(t=0) = y_{\Gamma 1} + F_{2i} \cdot (y_{\Gamma 2} - y_{\Gamma 1}) \quad (3.10)$$

$$z_i(t=0) = z_{\Gamma 1} + F_{3i} \cdot (z_{\Gamma 2} - x_{\Gamma 1}) \quad (3.11)$$

де F_{1i}, F_{2i}, F_{3i} - реалізація випадкової величини, що має рівномірний закон розподілу, та приймає значення від 0 до 1;

$x_{\Gamma 1}, x_{\Gamma 2}, y_{\Gamma 1}, y_{\Gamma 2}, z_{\Gamma 1}, z_{\Gamma 2}$ - координати меж куба.

Початкові швидкості елементів ґрунту прийняті рівними нулю:

$$v_{xi}(t=0) = 0; \quad v_{yi}(t=0) = 0; \quad v_{zi}(t=0) = 0 \quad (3.12)$$

Граничні умови. Механічний рух елементів ґрунту обмежено межами модельного простору розміром $L_x \times L_y \times L_z$. Ті елементи, які виходять за межі модельного простору, примусово повертаються назад. Так, наприклад,

якщо координата X_i елемента перевищить довжину модельного простору L_x , виконується корекція координати та швидкості елемента:

$$\text{якщо } X_i > L_x, \text{ то } X_i = L_x; \quad v_{xi} = -v_{xi} \quad (3.13)$$

Припущення та наближення. У запропонованій моделі прийняті такі припущення:

- частки ґрунту мають форму кулі;
- у межах одного елемента ґрунт вважається суцільним середовищем з постійними фізичними властивостями по всьому об'єму, зокрема об'ємною щільністю;
- елементи рухаються за законами класичної динаміки;
- механічна взаємодія елементів ґрунту між собою та з робочими поверхнями загортача носить лінійний пружно-в'язкий характер;
- реальні властивості ґрунту переносяться у властивості елементів та задаються лише п'ятьма параметрами: діаметр, маса, коефіцієнти жорсткості, в'язкого тертя, обмеження взаємодії.

Розроблена математична модель є системою з багатьох диференціальних і алгебраїчних рівнянь. Для зручності дослідження системи рівнянь розроблено комп'ютерну програму «Програма для моделювання загортання насіння квасолі загортачами» мовою ObjectPascal в інтегрованому середовищі програмування BorlandDelphi 8.0.

Програма направлена для проведення комп'ютерних експериментів із загортання борозни загортачами. Перед початком моделювання геометричні параметри загортача та фізичні параметри ґрунту можуть бути скориговані у вікнах інтерфейсної форми та в тексті програми.

У процесі роботи програма виводить на екран комп'ютера три проекції досліджуваного фрагмента ґрунту, дві проекції загортача та поточні значення показників ефективності.

Програму можна застосовувати для ґрунтів різного типу і зберігається працездатність при зміні параметрів загортача в широких межах.

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

При первинній перевірці працездатності моделі та оцінки її адекватності проведено базовий комп'ютерний експеримент з найбільш характерними параметрами загортача та ґрунту. У процесі базового комп'ютерного експерименту загортач рухався вздовж поверхні ґрунту, контактуючи з його верхнім шаром (рис. 3.8).

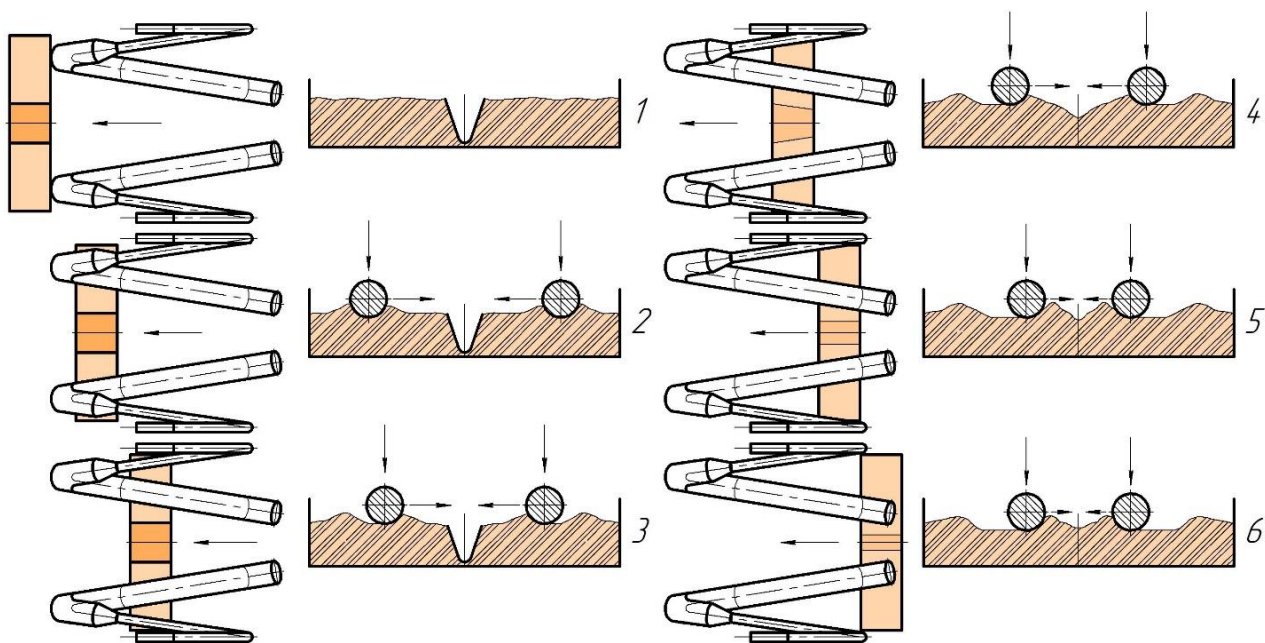


Рис. 3.8 Інтерпретація результатів моделювання рух загортача в ґрунті та відповідні профілі засипаної борозни:

1 – початок руху (борозна відкрита); 2 – взаємодія передньої частини загортача із ґрунтом (ґрунт починає зміщуватись в бік борозни); 3 – початок роботи середньої частини загортача (початок ущільнення ґрунту і його рух в бік борозни); 4 – продовження роботи середньої частини загортача; 5 – робота задньої частини загортача (активне ущільнення і зміщення ґрунту в бік борозни); 6 – завершення змикання борозни, за рахунок ущільнення, з обох боків від насіння і укриття її шарами ґрунту

Для дослідження було підготовлено фрагмент ґрунту, що має малу протяжність (30 мм) вздовж напрямку руху загортача, що обґрунтовується симетрією процесу його роботи. Досліджуваний фрагмент ґрунту мав ширину

150 мм і висоту 35 мм і був своєрідним перерізом, в якому можна було вивчати переміщення ґрунту загортачами.

Перед початком дії загортача у досліджуваному фрагменті ґрунту була сформована клинова борозна трикутного перерізу 20×40 мм (рис. 3.8, 1). При торканні загортачем досліджуваного перерізу ґрунту краю борозенки починають зміщуватися назустріч один одному (рис. 3.8, 4). Під час руху загортача через досліджуваний переріз ґрунту прутки загортача зміщують усередину борозни обсяги ґрунту приблизно трикутної форми (рис. 3.4, 5,6). Після проходу загортача борозенка виявляється засипаним ґрунтом та ущільненою з формуванням «гірки» (рис. 3.4, 6). Через кілька секунд після проходу загортача «гірка» частково обсипається відповідно до фізичних властивостей ґрунту. Після чого на борозну здійснює вплив прикочуючий каток і шлейф.

Таким чином, розроблена математична модель процесу загортання борозни з насінням ґрунтом, що враховує сили, які діють на елементи ґрунту, і дозволяє з високою деталізацією та просторовим відображенням дослідити процес роботи загортача. Складено комп'ютерну програму для моделювання загортання насіння ґрунтом, яка є достатньо адекватною і дозволяє детально дослідити процес загортання насіння та обґрунтувати оптимальні конструктивні та технологічні параметри запропонованої конструкції загортача. Проведено перевірку працездатності розробленої моделі та її оцінку на основі базового комп'ютерного експерименту з урахуванням найбільш характерних параметрів загортача та типу ґрунту.

4. Охорона праці

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

Згідно [36] «при використанні агрегату для сівби можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори: рухомі частини та механізми, до яких належать ланцюгові передачі, опорно-привідні колеса, механізм передач, при недотриманні правил безпеки можуть викликати поранення кінцівок; підвищена запиленість повітря робочої зони спостерігається коли сошники заглиблюються у ґрунт, при виконанні сівалкою процесу сівби, підвищений рівень вібрацій, шуму, виникає внаслідок гучної роботи самої сівалки, тракторного двигуна; хімічні речовини впливають на організм людини, викликаючи подразнення шкіри отруєння та ін. Причиною є пил, який відділяється від мінеральних добрив і протруєного насіння, які засипаються в бункер; нервово-психічне перевантаження працівників викликає монотонність процесу сівби».

4.2 Заходи по створенню нешкідливих умов праці

Захист механізатора від пилу, який потрапляє в кабінку під час сівби, здійснюється за допомогою вентилятора з пилевідокремлювачем.

Для захисту працюючих від шкідливої дії отрутохімікатів і мінеральних добрив рекомендується заправку сівалки протруєним насінням, добривами виконувати при швидкості не більше 3 м/с механізованим методом, а в разі неможливості забезпечувати працюючих протимарлевими масками типу ПТМ-1, захисними окулярами, респіраторами марки ШБ-1.

У відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.003 [37], «захист від шуму та вібрації здійснюється за рахунок використання шумо і вібропоглинаючих пристроїв: ізоляції кабіни трактора звукопоглинаючим матеріалом; двигун і кабіна трактора встановлені на гумові подушки».

Робоче місце оператора захищене від викидання ґрунту з під коліс та робочих органів і відповідає вимогам санітарних правил СП 4282 [39].

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Параметри вібрації у вертикальному та горизонтальному напрямках: на сидінні та робочій ділянці оператора - відповідають ДСТУ 2189-93.

4.3 Заходи для забезпеченню безпечних умов праці

Складність обслуговування с/г машин вимагає складання обслуговуючому персоналу відповідних санітарно-гігієнічних і безпечних умов праці [41]. Нещасні випадки в своїй більшості трапляються у разі поганого технічного рівня машин, відсутності або несправності огорожуючих пристроїв, ремонту, регулювань, очищення і змащування машин під час руху, неузгодженої роботи прицепщиків і трактора, невідповідність, або несправність інструмента; відсутність або невідповідність спецодягу, відсутність технагляду і незадовільний рівень знань механізаторів правил техніки безпеки.

Згідно [19,36] «для забезпечення безпечних умов праці на сівалці Vesta 8 передбачено такі заходи безпеки: - конструкція машини забезпечує автоматичне навішування її до енергетичного засобу, за допомогою автозчіпки; робочі органи сівалки устатковані механічними фіксаторами, які утримують їх в транспортному положенні; елементи конструкції сівалки забезпечують безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні і ремонті; регулювання робочих органів та інших механізмів сівалки під час руху виконується з робочого місця оператора; на видних місцях елементів конструкції сівалки існують символи і написи з техніки безпеки; сівалка у відчепленому стані зберігає стійкість при застосуванні до неї зусиль не менше 200 Н; сівалка має швидкоз'єднуючі зчіпні пристрої (ШЗП) згідно з ГОСТ 25942 – 81 [40]»;

- зовнішні поверхні усіх захисних засобів приводів пофарбовані у сигнальний колір (червоний або жовтий);
- робочі органи сівалки, які забиваються (висівні апарати, повітропроводи, вихідні отвори бункерів) і які являють небезпеку

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

обслуговуючому персоналу, обладнані пристроєм автоматичного керування УСК;

- механізм передачі обладнаний шплінтами, які при збільшенні навантаження на валу, більше допустимого, зрізуються і передача крутного моменту припиняється.

4.4 Заходи для покращання умов праці робітників при вирощуванні квасолі

При вирощуванні квасолі для покращання умов праці робітників пропонуються такі заходи, які направлені на усунення шкідливих та небезпечних виробничих факторів, і можуть виникнути в процесі сільськогосподарських робіт. Під час проведення польових робіт для підтримання оптимальної температури на кабінах тракторів і комбайнів встановлювати повітряні охолоджувачі - обігрівачі, які регулюють температуру і вологість повітря. Для захисту механізаторів від пилу застосовують вентиляцію. Якщо вентиляція не забезпечує комфортних умов слід користуватись засобами індивідуального захисту: спецодяг, окуляри, респіратори [38].

Для захисту від шуму органів слуху необхідно застосовувати протишумові навушники ВЦНІИОТ-1. Щоб знизити шкідливу дію вібрацій і шуму на людей необхідно передбачити технічно - організаційні заходи [37]:

- періодичні експлуатаційні перевірки рівня вібрацій;
- чергування часу відпочинку і роботи, медичне обстеження;
- своєчасні запобіжні і планові ремонти машин.

При роботі з токсичними речовинами необхідно користуватись спецодягом, спецвзуттям, іншими індивідуальними засобами захисту.

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

5. Економічна частина

5.1 Економічна ефективність сівалки Vesta 8 з удосконаленням робочим органом

Економічна ефективність нової конструкції робочого органу розраховувалась на основі:

аналізу відповідності запропонованої конструкції загортачів агротехнічним вимогам до загортання насіння квасолі;

оцінки переваг модернізованого робочого органу перед серійними;

визначення розміру прогнозованого економічного ефекту від впровадження в господарстві.

Економічна ефективність від покращення якісних показників нових загортачів визначалась на основі прогнозування результатів можливої врожайності культури в господарстві при його використанні.

Порівняння ефективності використання технологічного процесу посіву квасолі удосконаленими загортачами та базовими показали, що врожайність квасолі при використанні нового технологічного процесу може підвищити врожайність на 2 ц/га в порівнянні із базовим.

Оскільки економічний ефект по новому технологічному процесу є результатом збільшення врожайності культури то можна записати залежність отримання споживачем додаткової економічної користі від впровадження однієї модернізованої машини:

$$D_{ек} = \Delta\Pi_y \cdot C_z \cdot H_c, \quad (5.1)$$

де $\Delta\Pi_y$ – мінімальний приріст врожайності, ц;

C_z – мінімальна закупівельна ціна, грн/ц;

H_c – нормативний наробіток машини за сезон, га.

Нормативний наробіток машини за сезон визначає наступна залежність:

$$H_c = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot K_{ез} \cdot T_z, \quad (5.2)$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де B – ширина захвата сівалки, м;

V_p – швидкість руху сівалки, км/год;

K_{ez} – коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни;

T_z – мінімальне завантаження сівалки за сезон, год.

Очікуваний річний економічний ефект на одну модернізовану машину:

$$E_p = D_{ek} - E_n \Delta K_{dk}; \quad (5.3)$$

де D_{ek} – додаткова економічна користь, грн;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності додаткових капітальних витрат;

ΔK_{dk} – додаткові капітальні вкладення споживача, грн.

Очікуваний річний економічний ефект на гектар посівної площі від впровадження однієї модернізованої машини:

$$E_n = E_p / H_c,$$

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 [19]. В результаті підстановки отриманих даних в залежності (5.1, 5.2, 5.3, 5.4) отримали наступні значення показників економічної ефективності:

$$D_{ek} = 2 \cdot 1000 \cdot 123,76 = 247520 \text{ грн}$$

$$H_c = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,8 \cdot 0,65 \cdot 50 = 123,76 \text{ га}$$

$$E_p = 247520 - 0,15 \cdot 100 = 247505 \text{ грн}$$

$$E_n = 247505 / 123,76 = 1999,87 \text{ грн/га}$$

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	120	
Продуктивність за 1 годину по експлуатаційному часі	га/год	2,37	
Маса секції робочих органів	кг	44,5	44,8
Робоча швидкість	км/год	6,8	
Врожайність	ц/га	20	22
Очікуваний річний економічний ефект споживача	грн	—	274520
Економічна ефективність	грн/га	—	1999,87

Висновки

1. Проведений аналіз агротехніки вирощування квасолі дозволив зробити такі висновки. На відміну від звичайної агротехніки індустріальна технологія вирощування цієї культури характеризується високою механізацією і хімізацією виробництва, високою якістю і своєчасністю виконання всіх технологічних операцій, що дозволяють вирощувати високі врожаї з мінімальними витратами коштів і праці на одиницю продукції.

2. Аналіз існуючих технологій вирощування квасолі свідчить про те, що значного зниження собівартості її виробництва можна досягти, якщо покращити якість процесу посіву, це в значній мірі впливає на рівномірність і дружність сходів.

3. Теоретично обґрунтовано параметри комп'ютерної моделі для дослідження процесу роботи пружинного загортача просапної сівалки в ґрунті.

4. Отримані теоретичні рівняння які дозволяють описати процес дії загортачів на ґрунті в залежності від їх фізико – механічних властивостей.

5. Для підвищення якості виконання рівномірності розподілення насіння квасолі по глибині борозни на просапних сівалках потрібно використовувати комбіновані пружинні загортачі, які не тільки зміщують шар ґрунту в бік борозни, а і ущільнюють його з обох боків від насінини.

6. В процесі модернізації сівалки Vesta 8 нами були розроблений удосконалений загортач який виконаний прутковим у вигляді Z подібної пружини і з кутом нахилу робочої частини як в вертикальній так і горизонтальній площині. Робоча частина загортача виконана комбінованою та розміщується під кутом до вісі рядка в горизонтальній площині, передня частина має радіальний носок з тупим і гострим кутом входження в ґрунт, центральна частина розміщена горизонтально, задня частина має радіальну п'яту, в вертикальній площині Z подібна пружинна частина меншого діаметру, нахилена під кутом і здійснює тиск на робочу поверхню загортача.

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

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

8. Розроблена конструкція загортача сівалки Vesta 8, дає можливість значно покращити процес посіву насіння квасолі і збільшити врожайність до 10%, за рахунок біль кращих умов утворених для росту насіння на початку періоду вегетації.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барабаш О.Ю. Біологічні основи овочівництва/ О.Ю. Барабаш, Л.К. Тараненко, З.Д. Сич. – К.:Арістей, 2005. –350 с.
2. Барабаш О.Ю. Догляд за овочевими культурами/ О.Ю. Барабаш, З.Д. Сич, В.Л. Носко. – К.НВДЦ «Нововведення», 2008. – 121 с.
3. 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.
4. Акуленко В.В. Формування врожайності та якості насіння квасолі звичайної за різних технологій вирощування в Правобережному Лісостепу: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.09. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2015. 22 с.
5. 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.
6. Башаби С.Ф. Особенности ростовых процессов у фасоли обыкновенной (Phaseolus vulgaris). Проблемы развития сельскохозяйственного производства: материалы научной конференции СНО аграрного факультета (20-21 апреля 2000). Москва: изд-во РУДН, 2000. С. 40-41.
7. Блэк К.А. Растение и почва / Пер. с англ. канд. с.-х. наук Э.И. Шконде. Под ред. д-ра биол. наук Т.А. Работнова. Москва: Колос, 1973. 503 с.
8. Жук О.Я., Сич З.Д. Насінництво овочевих культур: навчальний посібник. Вінниця: Глобус-ПРЕС, 2011. 450 с.
9. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.
10. Минюк П.М. Фасоль. Минск: Ураджай, 1991. 92 с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

11. 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.
12. 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.
13. Сівалки “Unikorn 3, Multikorn”. Проспекти фірми “Franz kleine”. – ФРН, 1998.
14. Сівалка “Monocentra SP”. Проспекти фірми “Fähse”. – ФРН, 2000.
15. Сівалки “Betasem, Exakta ”. Проспекти фірми “Rau”. – ФРН, 1985.
16. Сошники і прикочуючі котки. Проспект фірми “Great Plains”. – США, 1979.
17. Сівалка “Stanhay 870, Webb 5”. Проспект фірми “Hestair Farm Equipment Limited”. – Англія, 1983.
18. Сівалка “Pneumasem II”. Проспект фірми “Nodet gougis”. – Франція, 1998.
19. ОАО «Червона зирка». Сеялки универсальные пневматические УПС-6, УПС-8, УПС-12 и их модификации. Руководство по эксплуатации (для оператора). Кировоград, 2010. – 87 с
20. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Высшая школа, 1977. – 328 с.
21. Босой Е.С. Теория и расчет с/х машин / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов – М.: Машиностроение, 1978.
22. Теорія проектування та розрахунки посівних машин: Навч. Посібник /П.В. Сисолін.-К.: ІСДО, 1994.-148с.
23. Василенко В.В. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин [Текст] : учеб. пособие / В. В. Василенко. – Воронеж : Изд-во ВП, 1994. – 288 с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

24. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2 [Текст] / Х. Гулд Я. Тобочник. – М. : Мир, 1990. – 400 с.
25. Hafner, J. Atomic-Scale Computation Materials Science / J Hafner // Acta Mater. – 2000. – Vol. 48. – P. 71-92.
26. Hoover, W. G. Atomistic Nonequilibrium Computer Simulations / W. G. Hoover // Physica A. – 1983. – Vol. 118. – P. 111-122.
27. Советов, Б. Я. Моделирование систем [Текст] : учеб. пособие / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высш. шк., 1998. – 319 с.
28. Хеерман, Д. В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике [Текст] / Д. В. Хеерман. – М. : Наука, 1990. – 176 с.
29. Allen, M. P. Computer Simulation of Liquids / M. P. Allen, D. J. Tildesley. – Oxford : Clarendon Press, 1987. – 408 p.
30. Лагарьков А.Н. Метод молекулярной динамики в статистической физике [Текст] / А.Н. Лагарьков, В.М. Сергеев // УФН. – 1978. – Т. 125. – № 7. – С. 409-448.
31. Hafner, J. Atomic-Scale Computation Materials Science / J Hafner // Acta Mater. – 2000. – Vol. 48. – P. 71-92.
32. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т.2. Динамика. – 6-е изд., перераб. и доп. / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – М.: Наука, 1983. – 640 с.
33. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Стройиздат, М.: 1971. – 367 с.
34. Бабков В.Ф., Гербут-Гейбович А.В. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1964. – 336 с.
35. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. Изд. 2-е, исправленное; М.: Наука, 1966. – 300 с.
36. 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.

37. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. АО "Кодекс", М.: Стандартинформ, 2019. – 60 с.

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

39. СП 4282-87. Санитарные правила по устройству тракторов и сельскохозяйственных машин. М., 1987. - 13 с.

40. ГОСТ 25942-90. Тракторы и сельскохозяйственные машины. Устройства быстросоединяющие. Требования к конструкции. М., 1990. – 4 с.

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

42. ТОВ СП «НІБУЛОН» Закупівельні ціни.
<https://www.nibulon.com/data/zakupivlya-silgospprodukcii/zakupivelni-cini.html>

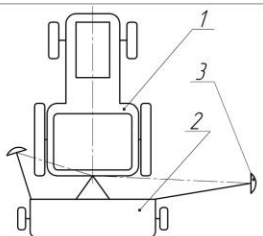
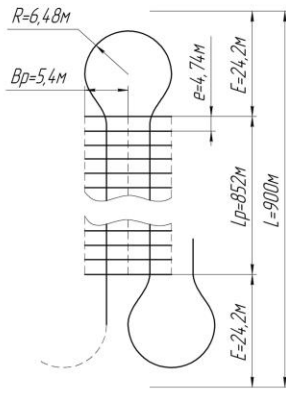
43. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.

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

Додатки

Операційна карта вирощування квасолі

МВК 00.001 Т4

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 незароблене насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор ЮМЗ 6, сівалка Vesta-8, робоча ширина захвату 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,48 м, кінематична довжина агрегату – 7,9 м. Підготовка агрегату: 1. провести щозмінне ТО трактора і сівалки; 2. відрегулювати на задану норму висіву; 3. встановити маркери	 1 – трактор ЮМЗ 6 2 – сівалка Vesta-8 3 – маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 24,2 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	 $R=6,48\text{ м}$ $Вр=5,4\text{ м}$ $E=24,2\text{ м}$ $Lp=852\text{ м}$ $L=900\text{ м}$ $E=24,2\text{ м}$ L – довжина гонів, Lp – робоча довжина загінки, E – ширина поворотної смуги, e – довжина візду агрегату, $Вр$ – ширина захвату агрегату.
Швидкість руху	Робоча передача V, враховуючи буксування, робоча швидкість 7 км/год	
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 загартання, 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.

Стор. 1 з 1

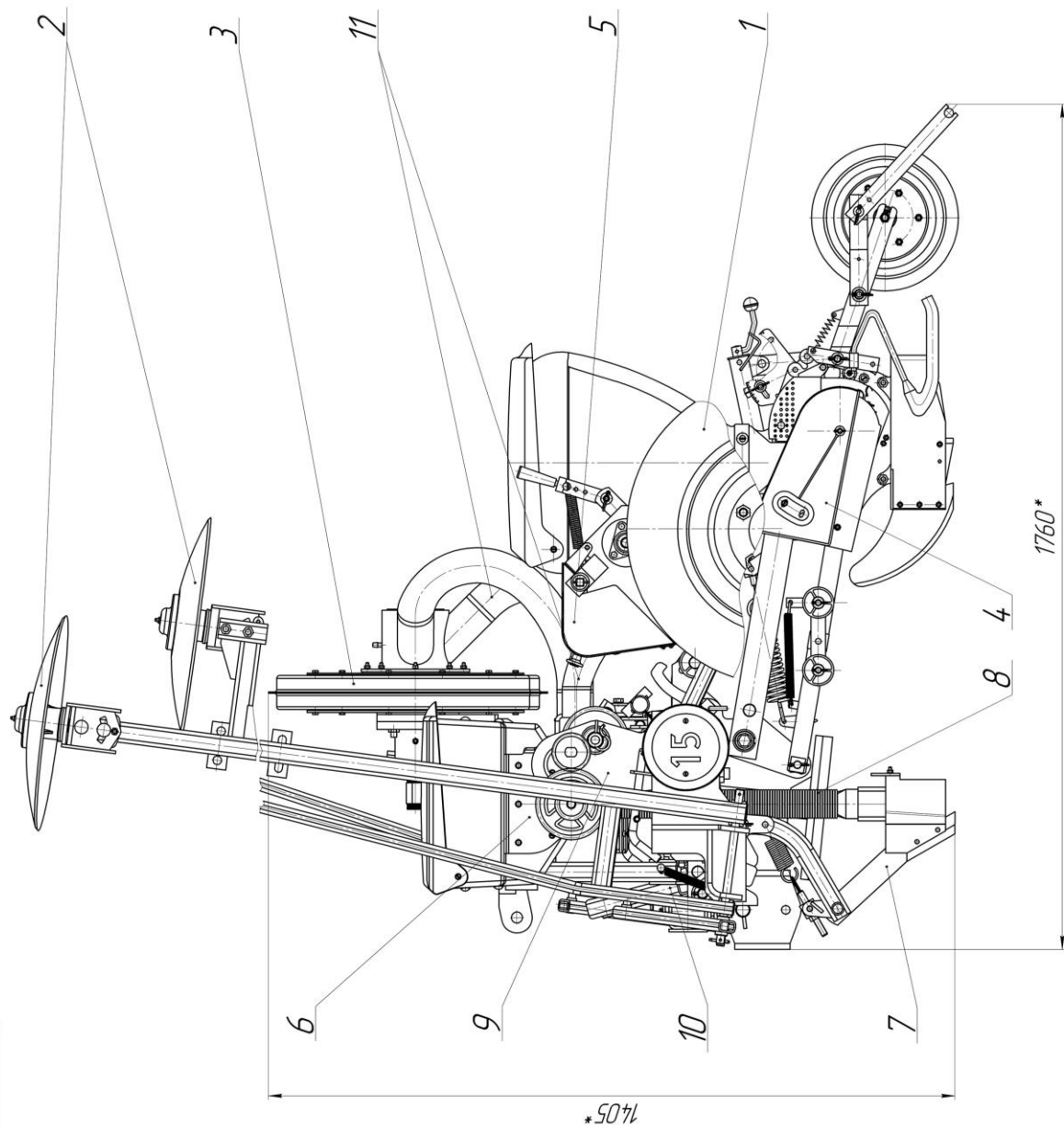
Лист 1 з 1

					МВК 00.001 Т4			
Мен. Вист.	М. Висвіт.	Лист	Виток	Операційна карта				
Розроб.	Удосконалив							
Вір.	Використовує	Лист	Виток					
Ухвал.	Моніт.	ЦНТУ						
Відр.	Відр.	ар. АІ-20М14-2						
Коректор				Формат А1				

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	
	Подп. и дата						
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.					
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВК 00.000	Лит.	Лист
	Разраб.	Самборський					
Пров.	Артеменко				1		
Инв. № подл.	Н.контр.	Мачок			ЦНТУ	гр. АІ-20М(1,4)-2	
	Утв.	Свірень					

Копировал

Формат А4



1. Невказані граничні відхилення розмірів по ГОСТ 234.209 – 82.
2. Сідатка повинна бути пофарбована по ГОСТ 6572 – 91 емаліями АС – 182 по ГОСТ 19024 – 79.
3. Зброна і пофарбована сітка повинна бути обжарена на спеціалі в протязі 15 хв. при частоті обертання опорно-привідних коліс $1,15 \text{ рад/с}$, $0,167 \text{ рад/с}$ ($172 \text{ об/хв} \pm 10 \text{ об/хв}$). з відстанювання механізм передачі на середнє відстанювання передачі відношення.
4. Тиск в шинах опорно-привідних коліс повинен складати $0,157 \text{ МПа}$.
5. Розміри для довідок.

[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		509.046.1490А-1	Поводок	1	
	A4	20		509.046.2050А	Кронштейн	1	
	A2	28		МВК 00.120	Сошник	1	
	A4	33		509.046.4720	Винт регулювальний	1	
	A2	36		509.046.4750А	Каток передній	1	
Взам. инв. №	A2	38		МВК 00.140	Прикочуючий каток	1	
	A0	40		МВК 00.120	Апарат висівний	1	
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	МВК 00.110	
	Разраб.	Нагорний				Лит.	Лист
	Пров.	Артеменко					Листов
	Н.контр.	Осипов				1	
	Утв.	Свірень				ЦНТУ	
Секція робочих органів						гр. АІ 19МЗ-14	
Копировав						Формат А4	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Деталі</u>		
A4		42	С 4.602	Штур	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	Ролік	1	
A4		63	509.046.0023	Шкала	1	
A4		65	509.046.4107A	Зацеп	1	
A4		70	509.046.669-01	Ось	1	
A4		73	509.046.6026	Штур	1	
A4		78	509.046.6108	Штур	1	
A4		79	509.046.6201	Штур	1	
A4		82	552.6.008	Пружина	1	
A3		84	552.7.005	Пружина	1	
A3		87	552.7.016	Пружина	1	
Инв. № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата Изм. Лист № докум. Подп. Дата МВК 00.110 Лист						
				Копировал		
				Формат А4		

1. Критичний момент затягування деталей поз. 95 і поз. 98 – 19.23 тн (19.23 кгс/м).
2. Всі шарніри, спряжені деталі повинні вільно рухатись одна відносно одної без заїздів і перекосів.
3. *Розміри для довідок.
4. Інші технічні вимоги згідно ТУ У 293-057844.37-255.2005

[illegible]

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документація		
	A2			МВК 00.120 СБ	Складальне креслення		
					Деталі		
	A3	1		МВК 00.120.01	Пружина	1	
	A3	2		МВК 00.120.02	Пруток	1	
Подп. и дата							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВК 00.120	
	Разраб.	Самборський				Лит.	Лист
	Пров.	Артеменко					Листов
							1
	Н.контр.	Мачок				ЦНТУ	
	Утв.	Свірень				гр. АІ-20М(1,4)-2	
Загортач						Формат А4	
Копіював							

Мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження

Метою досліджень є підвищення ефективності роботи загортачів посівної секції просапної сівалки шляхом вдосконалення і обґрунтування їх конструктивно-технологічних параметрів.

Для досягнення мети поставлено такі **задачі**:

проаналізувати чинний процес роботи загортачів просапної сівалки, з'ясувати недоліки та обґрунтувати напрями їх усунення;

дослідити процес роботи загортачів пресованої сівалки, розробити вдосконалену конструкцію та обґрунтувати раціональні параметри її елементів;

оцінити техніко-економічну ефективність удосконалених загортачів.

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

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

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що: встановлено закономірності впливу геометричних параметрів загортачів на виконання процесу ущільнення ґрунту навколо борозни і її загортання та визначені їх раціональні значення; досліджено поведінку ґрунту від початку дії поверхні загортачів до їх закінчення та показано вплив робочої поверхні загортачів на характер виконання технологічного процесу; виявлено зв'язок між геометричними параметрами загортачів та процесом загортання насіння в борозні; аналітично обґрунтовано параметри моделі взаємодії загортачів і ґрунтового середовища під час виконання технологічного процесу загортання насіння.

Моделювання процесу загортання насіння ґрунтом загортачами посівної секції

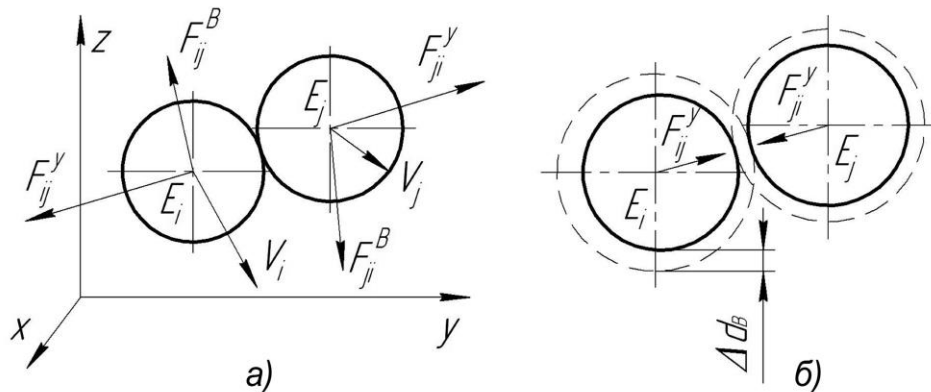


Схема сил які діють на частинку ґрунту:

а - сили відштовхування під час занурення часток ґрунту одна в одну;

б - сили тяжіння при віддаленні часток ґрунту одна від одної до певної відстані

						МВК 00.001 НЧ			
Інші дані	М. виходу	Підп.	Дато	Мета та задачі дослідження			Лист	Масш.	Масштаб
Рисунки	Сторінки	Всього	Всього						
Габарити							Лист	Діагност.	?
Назва	Місце	-			ЛНТУ				
Код	Об'єкт				ар. А1-20М14-2				
				Класифікація					
				Формат А1					

Рівняння руху елементів ґрунту

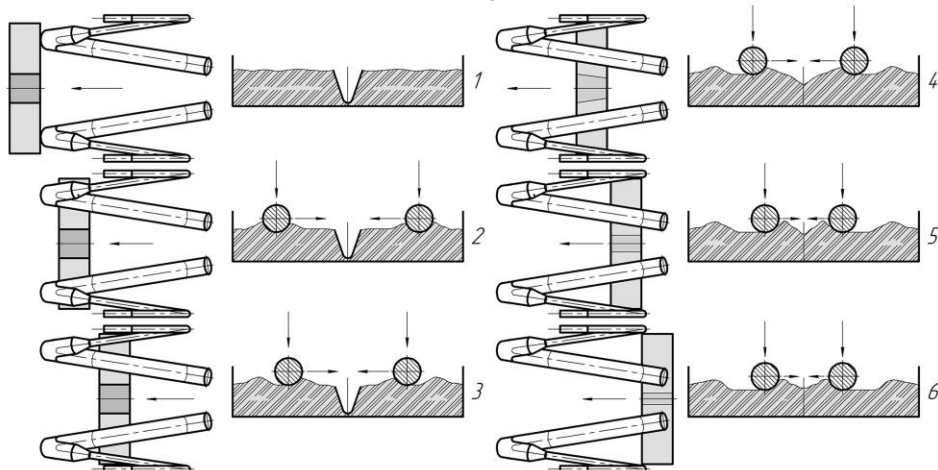
$$\left\{ \begin{aligned} m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} &= \sum_{j=1, j \neq i}^{N_e} \left(\xi_{ij} (d_e - r_{ij}) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) (V_{xi} - V_{xj}) \right) r_{ij} < k_{0ij} d_e; \\ &0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \\ m_i \frac{d^2 y_i}{dt^2} &= \sum_{j=1, j \neq i}^{N_e} \left(\xi_{ij} (d_e - r_{ij}) \frac{(y_i - y_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) (V_{yi} - V_{yj}) \right) r_{ij} < k_{0ij} d_e; \\ &0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} &= -m_i g + \sum_{j=1, j \neq i}^{N_e} \left(\xi_{ij} (d_e - r_{ij}) \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + k_{ij} (r_{ij} - d_e) (V_{zi} - V_{zj}) \right) r_{ij} < k_{0ij} d_e; \\ &0, \quad r_{ij} \geq k_{0ij} d_e; \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Рівняння маси одного елемента

$$m_e = \rho \cdot V_e = \rho \frac{4\pi}{3} \cdot k_f = \frac{\pi}{6} \rho \cdot d_e^3 k_f \quad (2)$$

Розрахунок жорсткості взаємодії двох елементів

$$c_n = E \cdot \frac{\pi d}{4} k_f \quad (3)$$



Інтерпретація результатів моделювання руху загортача в ґрунті та відповідні профілі засипаної борозни:

- 1 – початок руху (борозна відкрита); 2 – взаємодія передньої частини загортача із ґрунтом (ґрунт починає зміщуватись в бік борозни); 3 – початок роботи середньої частини загортача (початок ущільнення ґрунту і його рух в бік борозни); 4 – продовження роботи середньої частини загортача; 5 – робота задньої частини загортача (активне ущільнення і зміщення ґрунту в бік борозни); 6 – завершення змикання борозни, за рахунок ущільнення, з обох боків від насіння і укриття її шарами ґрунту

				МВК 00.002 НЧ			
Мета	Місце	Місце	Місце	Теоретичні дослідження сошки			
Розроб	Розроб	Розроб	Розроб				
Діаг	Діаг	Діаг	Діаг				
Укриття	Укриття	Укриття	Укриття				
Укриття	Укриття	Укриття	Укриття				
				ЦНТУ зр. АІ ТМЗ-14			
				Формат А1			