

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2024 р.

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

«Механізація вирощування цукрових буряків з обґрунтуванням
конструкції сівалки точного висіву»

Виконав здобувач вищої освіти ІІ курсу,
групи АІ-23МЗ
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Пашков Богдан Миколайович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент
доцент, докт. техн. наук
_____Вадим БРЕДИХІН
« ____ » _____ 2024 р.

Анотація

Тема: «Механізація вирощування цукрових буряків з обґрунтуванням конструкції сівалки точного висіву»

цукровий буряк, сівалка точного висіву, висівний апарат, параметри

Дипломна роботи присвячена обґрунтуванню агротехнологічних прийомів по вирощуванню цукрових буряків з оптимізацією операції сівби з дослідженням висівних систем пневмомеханічного типу.

Зроблено відповідні пропозиції щодо удосконалень агротехнології при вирощуванні цукрових буряків.

Представлено оптимізаційний технологічний розрахунок, об'єктом якого була операція посіву, для виконання якої залучена сівалка УПС-8М, яка агрегується трактором МТЗ-82.

Запропоновано удосконалити дозуючу систему шляхом застосування елементів, здатних до адаптації в процесі роботи, що сприятиме покращенню точності висіву насінин цукрових буряків, при цьому енергоємність процесу дозування суттєво не змінилась.

З метою підтвердження ефективності запропонованих змін та визначення параметрів удосконаленої системи було проведено теоретичні і експериментальні дослідження.

Abstract

Topic: «Mechanisation of sugar beet cultivation with substantiation of the design of a precision seeder»

sugar beet, precision seeder, sowing device, parameters

The thesis is devoted to the substantiation of agrotechnological techniques for growing sugar beets with the optimization of the sowing operation with the study of pneumomechanical seeding systems.

Corresponding proposals were made regarding the improvement of agricultural technology in the cultivation of sugar beets.

An optimization technological calculation is presented, the object of which was the sowing operation, for the implementation of which the UPS-8M planter, which is aggregated by the MTZ-82 tractor, is involved.

It is proposed to improve the dosing system by using elements capable of adaptation in the work process, which will help to improve the accuracy of sowing sugar beet seeds, while the energy consumption of the dosing process has not changed significantly.

In order to confirm the effectiveness of the proposed changes and determine the parameters of the improved system, theoretical and experimental studies were conducted.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			МВЦБ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Документація з</u>		
				<u>технологічної частини</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			МВЦБ 00.000 ТЧ	Операційна карта	1	
				<u>Документація</u>		
				<u>по складальних одиницях</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			МВЦБ 00.020 СК	Висівний апарат	1	
A3			МВЦБ 00.020.003 СК	Диск в зборі	1	
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	МВЦБ 00.000 ВР Відомість роботи ЦНТУ, гр. АІ-23МЗ	
Розробив	Пашков					
Перевірів	Петренко					
Н. контр.	Мачок					
Затвердив	Васильковський					

[illegible]

Зміст

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	
2	Технологічна частина	
3	Наукова частина	
4	Охорона праці	
5	Обґрунтування ефективності вдосконалень	
6	Висновок	
-	Список використаної літератури	
-	Додатки	

1. Вступ

На сьогодні спостерігається новий виток розвитку світового агропромислового виробництва, коли всебічно використовуються логістичні підходи до виробничих процесів з активним використанням інтелектуальних систем, здатних виконувати прогноз врожайності та забезпечити гарантоване одержання запланованих обсягів виробництва. Стадія, коли необхідно було всі виробничі процеси в землеробстві забезпечити комплексною механізацією змінюється стадією комплексної автоматизації, яка переходить вже на наступний щабель – роботизацію.

Такі комплексні рішення потребують пошуку та запровадження прогресивних технологічних прийомів при вирощуванні культур сільськогосподарського призначення, впровадження технічних систем, здатних забезпечити надійність і якість при виконанні всіх технологічних агрооперацій у строго визначені терміни.

Серед найбільш відповідальних агротехнологічних операцій виділяється своєю важливістю посівна з позиції можливості одержання запланованої врожайності, оскільки саме вона задає показники рівномірності і якості сходів, термінів і можливостей проведення післясходового догляду, а також збирання врожаю. Саме тому проблема якісного виконання робочих процесів висівними системами й досі залишається актуальною. Основними задачами, які повинні забезпечити висівні системи, є стабільність точності дозування, універсальність стосовно видів і типів насіння та норм висіву, рівномірність розміщення в ґрунті як по глибині, так і по міжряддям.

Зважаючи на це, дипломна роботи присвячена обґрунтуванню агротехнологічних прийомів по вирощуванню цукрових буряків з оптимізацією операції сівби з дослідженням висівних систем пневмомеханічного типу.

					<i>МВЦБ 00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Пашков</i>				<i>Пояснювальна записка</i>			
<i>Перевір.</i>	<i>Петренко</i>							
<i>Н.контр.</i>	<i>Мачок</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Васильковський</i>							
						<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ЦНТУ, гр. АІ-23МЗ</i>			

2. Технологічна частина

2.1. Аналіз з обґрунтуванням агротехніки вирощування

Серед вимог сучасних систем землеробства при культивуванні цукрових буряків – дотримання обґрунтованих технологічних карт вирощування, якими регламентуються терміни проведення технологічних операцій, об'єми робіт, системи по забезпеченню поживними елементами, техніко-технологічне забезпечення, людські та матеріальні витрати тощо.

При вирощуванні цукрових буряків рекомендовано [1-4] застосовувати восьмипільну систему сівозміни. Для посівної площі згідно завдання 80 га і планової врожайності 37 т/га в якості попередника обираємо озиму пшеницю, яка являється однією з найкращих варіантів за прийнятої системи землеробства. Зважаючи на даного попередника, стерню і солому після збирання зернової частини, відповідно до рекомендацій [1-4], використаємо у вигляді мульчі при заробленні в ґрунт водночас із стартовими дозами азотних добрив у мінеральному складі N_{40} , що буде компенсувати недостатність органічних добрив.

Операція, яка створює передумови щодо отримання запланованої продуктивності цукрових буряків, як і для інших технічних культур сільськогосподарського призначення, є підготовка ґрунтового середовища до висіву насіння, яка передбачає обробіток після збирання попередньої культури, основне глибоке розпушення ґрунту та підготовку полів під посів.

Серед традиційних способів обробітку поля після попередньої культури, якою в нашому випадку є озима пшениця, застосовують лущення стерні з використанням дискових робочих органів. В якості робочих агрегатів найбільшого поширення [4-6] набули лущення дисковими боронами або ж застосування луцильників.

Подальший агротехнічний прийом, який використовується в сучасних агротехнологіях, є забезпечення внесення під культуру так званих «стартових» доз удобрення, ціллю яких є забезпечення одержання запланованого рівня урожайності [4, 5, 8]. Дані «стартові» дози вносять перед основним обробітком ґрунтів, при

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому обов'язково проводиться їх агрохімічний аналіз, який, враховуючи сучасні інтелектуалізовані технології вирощування, має відповідати локалізованому характеру, що передбачає чітке визначення географічно-топологічних прив'язок до місцевості.

Таким чином, враховуючи задану площу з метою отримання запланованого рівня продуктивності цукрових буряків можемо рекомендувати до внесення органічні добрива у нормі 30 т/га. За такої умови з ціллю балансування вмісту визначальних поживних елементів, локалізоване внесення мінеральних добрив відповідно до елементів живлення буде мати співвідношення N-1,2, P-0,8, K-0,8 [2, 5, 8]. За різних вегетаційних періодів посіви цукрових буряків потребуватимуть і підживлення азотом позакореневим способом в дозі 20 кг/га, крім того, необхідні також і підживлення елементами, що мають хелатну основу, зокрема які містять необхідну кількість мікроелементів B, Na, Mg, Mn, Cu, Zn в дозуваннях 3 кг/га [4, 5, 8].

У визначених випадках необхідне проведення і агрохімічних обстежень ґрунтів стосовно потреби їх розкислення, для чого рекомендованим є введення дефекатів у відповідній кількості, які є субпродуктом виробництва цукрових заводів [5].

Як зазначалося, одним з етапів підготовки ґрунту є його глибокий обробіток, наприклад, плужними знаряддями. Метою останнього є, в першу чергу, формування якісного агрегатного стану ґрунтового середовища, крім того, дана операція сприяє перенесенню добрив до орного горизонту, глибина якого становить 25...45 см, а також заробленню поживних залишків, що створить умови їх подальшої мінералізації. Дана технологія є сприятливою для накопичення поживних елементів на глибині до 45 см, які можуть за потреби бути спожиті кореневою системою буряків як резерв.

Серед наступних технологічних операцій плануються ті, які сприяють формуванню найбільш придатних польових умов для виконання якісної сівби. Так, поверхневий шар поля після оранки потрібно вирівняти, що дозволяє реалізувати боронування, яке можна виконати, залежно від стану ґрунту, важкими чи середніми

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зубовими боронами, або ж дисковими. Подальша обробка виконується, зазвичай, комбінованими знаряддями, оснащеними культиваторними лапами і зубовими борінками середнього класу. Призначення даних операцій – усунення забур'яненості поля та створення оптимальних вологістно-повітряних умов на глибині заробки насіння буряків та нижчележачих шарів (до 15 см), що забезпечить необхідні умови щодо зменшення «запливання» ґрунту та поліпшення ростових режимів коренеплодів [1, 2, 4].

За потреби, до системи підготовки поля до посіву також включають і його обробку ґрунтовими гербіцидами, які дозволяють зменшити забур'яненість. За цих умов зароблення гербіцидів проводиться водночас з суцільною культивацією комбінованими знаряддями, яка, до того ж, сприяє підтягуванню капілярної вологи до верхнього посівного шару та закриттю її випаровування у атмосферу [2].

Операція з посіву цукрових буряків виконується в терміни, які характеризуються фізіологічним дозріванням ґрунту, при якому забезпечується умова максимального використання вологи насінням [2, 3, 10]. Дані терміни сівби регламентуються відповідно до агротехнічних вимог, відповідно до яких не повинні тривати більше 2-х днів на одному полі. Це пов'язано з формуванням умов одночасного проростання рослин, що в подальшому сприятиме вирівняності сходів, крім того при цьому забезпечуються умови щодо якісного виконання операцій з догляду за посівами.

На сівбі цукрових буряків рідше задіюють спеціалізовані бурякові сівалки, наприклад ССТ та ін., а частіше використовують сівалки універсального типу з точним висівом, оснащені, наприклад, висівними апаратами пневмомеханічного типу. Технологічними посівними умовами є: норми висівання становлять 1,35...1,45 посівних одиниць, оптимальною глибиною заробки насіння є 2...3 см. Серед обов'язкових технологічних прийомів при сівбі є прикочування посівів, яке сприяє більш продуктивному забезпеченню використання вологи насінням. В сучасних посівних системах дана функція реалізується безпосередньо робочими органами сівалок, розміщеними після сошникової групи – котками різноманітної конфігурації. В засушливих умовах, при яких спостерігається недостатня

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпеченість вологісного режиму, глибину укладання насіння рекомендовано збільшувати до 3...4 см [7].

У випадках, коли недотримується оптимальна система сівозмін, або ж у випадку неправильного підбору попередника може спостерігатись ушкодження насіння шкідниками. За таких випадків потрібно передбачити внесення одночасно з посівом інсектицидів. Якщо це можливо, потрібно запланувати виконання обробки посівмату перед посівом шляхом дражування з використанням необхідних мікроелементів та засобів захисту щодо ґрунтових і наземних шкідників. Зважаючи на те, що сімба є визначальною щодо якості виконання наступних технологічних операцій, то необхідно зважено підходити і до створення умов насінневого ложа робочими органами сівалок, в яке потрапляє насіння, і яке повинне забезпечити максимальну забезпеченість насіння вологою, що також буде сприяти появі дружніх сходів.

Подальшими технологічними операціями є організація заходів з захисту посівів від бур'янів, шкідників та хвороб. Зокрема для боротьби з бур'янами проводять міжрядні обробітки культиваторними агрегатами з набором відповідних робочих органів відповідно фази розвитку. Дані операції сприяють і забезпеченню потрібного повітряно-вологісного режиму. Останніми часами головними методами боротьби з бур'янами є обробка посівів хімічними препаратами (гербіцидами), але при цьому слід дотримуватись чіткого плану обробіток рекомендованими і дозволеними препаратами відповідно до виявлених загроз засміченості полів та ураження посівів відповідними шкідниками і хворобами [1, 2, 4, 10]. Відповідно до стану посівів операції по догляду за ними можуть потребувати використання і механічних систем, які сприятимуть боротьбі з бур'янами та забезпеченню необхідних агрегатних станів ґрунту у відповідні фази розвитку, серед яких забезпечення доступу до капілярної вологи, зменшення випаровуваності вологи з ґрунтового пласта та доступність повітря.

Крім того, традиційними операціями на ранніх етапах появи сходів є і проріджування посівів буряків, зокрема це є однією з найбільш відповідальних і

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічно-складних операцій, які наразі можливо забезпечити лише якісним дозуванням насіння при посіві.

Серед особливостей культивування цукрових буряків в наших ґрунтово-кліматичних умовах є небезпека втратити листову поверхню цукровими буряками внаслідок ураження хворобами, а також при пошкодженні її шкідниками, тому серед актуальних проблем є збереженість листових поверхонь коренеплодів. Серед наукових досліджень [2, 10], як вітчизняних, так і закордонних авторів, вирізняються думки щодо необхідності забезпечення елементами, які сприятимуть попередженню старіння листового покриття цукрових буряків, а також підтримання їх асиміляційної діяльності, серед яких мінерали К, В, Р, Мп. Натомість, активна «експлуатація» рослин при утворенні нового листового покриття може викликати зниження цукристості в коренеплодів, що призведе до погіршення їх виходу при переробці.

При збиранні цукрових буряків необхідно дотримуватись чітких графіків, що мають за мету забезпеченість переробних заводів сировиною з відсутністю накопичення значної кількості матеріалу на кагатних полях, що спостерігається, зазвичай, у вересні. Графіки по збиранню і вивезенню коренеплодів цукрових буряків необхідно планувати відповідно до виробничих потужностей заводів по їх переробці. Зокрема, графік розробляється з таких умов, які б враховували 3-х добові запаси сировини на бурякопунктах з забезпеченням протягом двох діб роботи заводів сировиною у вигляді викопаних коренів з збиранням їх у кагати на полях. На збиранні залучаються спеціалізовані комбайни типу КС-6Б-10 «Тернопіль» або KRBS фірми Holmer та інші.

Виконаний критичний аналіз технологічних аспектів вирощування цукрових буряків в нашій місцевості, врахувавши досвід передових підприємств і наукових рекомендацій, агротехнічні вимоги щодо організації виробництва заданої сільськогосподарської культури, дозволив нам запропонувати технологічну карту на вирощування даної культури (рис. 2.1).

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відносно одного поля більше 2 днів. Передпосівна підготовка ґрунту до моменту посіву повинна відбуватись протягом однієї доби.

Іншими вимогами регламентів є наступні:

- різниця між заданою глибиною заробки насіння і добрив від планової $\pm 15 \%$,
- ступінь відхилень відносно запланованих норми висіву та внесення, для насіння $\pm 3 \%$, для добрив $\pm 10 \%$;
- допустима величина нерівномірності висіву щодо окремих висівних: для насіння $\pm 3 \%$, для добрив $\pm 10 \%$;
- ступінь відхилення міжрядь при суміжних проходах сівалок на стиках, не більше ± 2 см, у випадку суміжних проходів ± 5 см.
- огріхи і незасіяні поворотні смуги не повинні бути.

На засіяних полях, за потреби, необхідно виконати операцію з накочування знаряддями, які мають кільчасто-шпорові котки.

Згідно до завдань дипломної роботи, яка передбачає оптимізацію затрат та якісне виконання операції посіву цукрових буряків та відповідно до рекомендацій [11, 12], необхідно виконати технологічні розрахунки роботи посівного агрегату, який визначається наступними передумовами.

Показники	Характеристика показника
Назва операції	Сівба
Тип енергетичного засобу для агрегування	MT3-82
Тип сільськогосподарської машини	Посівна система типу УПС-8
Величина довжини гонів, L м	900
Агрофон поля	Підготовлений під посів
Максимальне значення кута підйому поля, $\%$	5

Перед початком виконання операції потрібно виконати регламентні роботи з підготовки агрегату до посівної, які включають виконання обслуговуючих операцій стосовно технічної готовності трактора і сівалки, складання агрегату, налаштувань з опробовуванням одразу на майданчику, а потім і в польових

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умовах.

Серед найбільш відповідальних розрахунків є визначення чисельності машин, які будуть скомплектованні в єдиний агрегат з ціллю відповідності найбільш повному і раціональному завантаженню енергетичних засобів. За цих обставин необхідно враховувати при обґрунтуванні складу агрегату, що величина його продуктивності має відповідати умовам щодо одностійової тривалості посівних робіт сівалочними комплексам на окремому полі.

Перед початком польових робіт необхідно виконати налагодження і обслуговування сівалок, для чого їх розміщують на рівному майданчику або спеціалізованому майданчику для регулювань та виконують операції з перевірки комплектності, контролюють точність встановлення робочих органів, технічний стан систем висіву, сошникової групи, насіннєпроводів, приводів, механізмів, за допомогою яких с.-г. машина приєднується до енергетичних засобів, перевіряються наявність і справність захисних пристроїв.

При налагодженні також відбувається встановлення систем висіву на затверджену посівну норму насіння та, за потреби, добрив, крім того, відбувається регулювання глибини загортання сошниками.

1. У відповідності до типу енергетичного засобу швидкісні параметри (V_{mp}) його передач та відповідні даним величини номінальних значень тягових зусиль, прикладених до гаку становитимуть:

$$V_{mp}^{IV} = 6,88 \text{ км/год} \quad V_{mp}^V = 8,22 \text{ км/год}$$

$$P_{т.гак}^{IV} = 14,1 \text{ кН} \quad P_{т.гак}^V = 11,3 \text{ кН.}$$

2. Наступною стадією є обґрунтування максимально можливого значення ширини захвату посівним комплексом згідно наведених передача відповідно до формул [11, 12]:

$$B_{з.мах} = \frac{P_{т.гак}}{K_o^v + R_i}$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величини питомих опорів K_o^v (кН/м) відносно обраних передач знайдемо як

$$K_o^v = K_{5.0}[1 + P(V_{p.тр} - V_{5.0})],$$

де $K_{5.0}$ – номінальна величина питомого опору, який чинить ґрунт посівному комплексу за значення швидкості $V_{5.0} = 5$ км/год, ($K_{5.0} = 1,12 \dots 1,59$ кН/м) [табл. 15, 11];

P – величина, яка характеризує збільшення величини питомого опору, який припадає на кожен 1 км/год, ($P = 1,1 \dots 1,6\%$);

$V_{p.тр}$ – значення швидкості, з якою виконується посів відповідно до передачі трактора, км/год:

$$V_{p.тр} = V_{тр}(1 - \frac{\delta}{100}),$$

де $V_{тр}$ – номінальна величина паспортної швидкості трактора за відповідної передачі, км/год

δ – коефіцієнт, який характеризує буксування коліс ($\delta = 6 \dots 20\%$) [табл. 5, 11].

Матимемо,

$$V_{p.тр}^{IV} = 6,88 \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 5,5 \text{ км/год}$$

$$V_{p.тр}^V = 8,22 \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 6,6 \text{ км/год}$$

відповідно:

$$K_o^{IV} = 1,55 (1 + 0.018(5,5 - 5)) = 1,56 \text{ кН/м}$$

$$K_o^V = 1,55 (1 + 0.018(6,6 - 5)) = 1,59 \text{ кН/м}$$

Рух посівних комплексів на підйом призводить до виникнення додаткового опору (кН/м), величина якого становить:

$$R_i = \frac{G_{тр}}{B_{k.сiv}} i$$

де $G_{тр}$ – вагова характеристика сівалки, яка в повній мірі заповнена насінням та добривами ($G_{тр} = 31,6$ кН);

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$B_{k.cib}$ – значення конструктивної ширини захвату сівалкою, ($B_{k.cib} = 5,6$ м).

Зважаючи на це:

$$R_i = \frac{31,6}{5,6} \cdot 0,05 = 0,282 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Зважаючи на отримані дані, величини максимально можливих ширин захвату посівними машинами відповідно обраних передач енергетичного засобу становитимуть:

$$B_{з.мах}^{IV} = \frac{14,1}{1,56 + 0,282} = 7,65 \text{ м},$$

$$B_{з.мах}^V = \frac{11,3}{1,59 + 0,282} = 6,04 \text{ м}.$$

3. За відповідною величиною максимально можливих значень ширин захвату обґрунтуємо кількісний склад посівного комплексу в одному агрегаті:

$$n_{c.arp} = \frac{B_{з.мах}}{B_k}$$

$$n_{c.arp}^{IV} = \frac{7,65}{5,6} = 1,36;$$

$$n_{c.arp}^V = \frac{6,04}{5,6} = 1,07.$$

Для обох випадків обираємо для агрегатування 1 сівалку.

4. Значення тягового опору сівалки становитиме [11, 12]:

$$R_{cib} = (K_o^v) B_k n_{c.arp}$$

$$R_{cib}^{IV} = (1,56) 5,6 \cdot 1 = 8,74 \text{ кН},$$

$$R_{cib}^V = (1,59) 5,6 \cdot 1 = 8,9 \text{ кН}.$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Ступінь використання потужності енергетичних засобі, яка характеризується як корисна, обґрунтуємо через коефіцієнт використання тягового зусилля [11, 12]:

$$\eta_{\text{т.гак}} = \frac{R_{\text{сiв}}}{P_{\text{т.гак}}}$$

$$\eta_{\text{т.гак}}^{\text{IV}} = \frac{8,74}{14,1} = 0,62,$$

$$\eta_{\text{т.гак}}^{\text{V}} = \frac{8,9}{11,3} = 0,79.$$

Таким чином, констатуємо, що при роботі на швидкостях, які забезпечує п'ята передача трактора, будемо спостерігати більш повну величину використання його тягового зусилля, що означає більш раціональну завантаженість потужності енергетичного засобу.

6. Іншим, не менш важливим серед показників технологічного процесу сівби, є величина змінної продуктивності комплексу, значення якої визначимо з наступного, га/зм [11, 12]:

$$W_{\text{зм.сiв}} = 0.1 B_{\text{р.сiв}} V_{\text{р.тр}} T_{\text{р.зм}}$$

де $B_{\text{р.сiв}}$ – величина робочих ширин захвату сівалочного комплексу, м:

$$B_{\text{р.сiв}} = B_{\text{к}} \beta$$

де β – коефіцієнт, який визначає величину використання конструктивної ширини захоплення сівалок ($\beta = 1,0$) [табл. 13, 11];

$$B_{\text{р.сiв}} = 5,6 \cdot 1,0 = 5,6 \text{ м};$$

$V_{\text{р.тр}}$ – значення робочих швидкостей відповідно передачі трактора, км/год;

$T_{\text{р.зм}}$ – величина робочого часу зміни, год:

$$T_{\text{р.зм}} = T_{\text{зм}} \cdot \tau,$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

τ – величина використання часу робочої зміни ($\tau = 0,83$) [12]:

$$T_p = 7 \cdot 0,83 = 5,81 \text{ год.}$$

Величина змінних продуктивностей за різних передач:

$$W_{зм.сiv}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 5,5 \cdot 5,81 = 17,9 \frac{\text{га}}{\text{зм}},$$

$$W_{зм.сiv}^V = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,6 \cdot 5,81 = 21,5 \frac{\text{га}}{\text{зм}}.$$

Відповідно, пересвідчуємось, що п'ята передача є більш доцільною і в цьому випадку, оскільки за рахунок більшого значення швидкості маємо і більшу величину продуктивності.

7. Далі розрахуємо величину питомих затрат пального за роботи на різних передачах, кг/га [11, 12]:

$$Q_{пв.га} = \frac{Q_{пв.зм}}{W_{зм.сiv}},$$

де $Q_{пв.зм}$ – приведені затрати пального при посіві за зміну, кг;

$$Q_{пв.зм} = Q_{пв.р} T_p + Q_{пв.х} T_x + Q_{пв.з} T_z,$$

де $Q_{пв.р}$, $Q_{пв.х}$, $Q_{пв.з}$ – відповідно величини годинних витрат пального, які приходяться на реалізацію корисних робочих процесів, холостих ходів і на зупинки агрегатів з працюючими двигунам тракторів, кг/год [11, 12];

$$T_x = T_z = \frac{7 - 5,81}{2} = 0,59 \text{ год.}$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При $\eta_{\text{т.гак}}^{\text{IV}} = 0,62$; $Q_{\text{пв.р}} = 16,71$ кг/год; $Q_{\text{пв.х}} = 11,39$ кг/год; $Q_{\text{пв.з}} = 2,0$ кг/год; [табл. 25, 11].

а при $\eta_{\text{т.гак}}^{\text{V}} = 0,79$; $Q_{\text{пв.р}} = 15,1$ кг/год; $Q_{\text{х}} = 8,89$ кг/год; $Q_{\text{з}} = 2,0$ кг/год; [табл. 25, 11].

Відповідно величина затрат пального відносно 1 га буде мати значення:

$$Q_{\text{пв.га}}^{\text{IV}} = \frac{16,71 \cdot 5,81 + 11,39 \cdot 0,59 + 2,0 \cdot 0,59}{17,9} = 5,86 \text{ кг/га,}$$

$$Q_{\text{пв.га}}^{\text{V}} = \frac{15,1 \cdot 5,81 + 8,89 \cdot 0,59 + 2,0 \cdot 0,59}{21,5} = 4,38 \text{ кг/га.}$$

Отже, величина питомих затрат пального на виконання посіву обраним агрегатом менша на 5 передачі обраного трактора. Зважаючи, що і попередні розрахунки продемонстрували більшу ефективність роботи на 5 передачі трактора, то саме її і обираємо для виконання операції посіву обраним посівним комплексом.

8. Надалі потрібно провести операції з розрахунків параметрів налаштувань сівалочного комплексу щодо встановлення величини вильоту маркерів.

Серед традиційного оснащення посівних комплексів присутні два маркери – лівий і правий, які, відповідно до типу водіння агрегатів можуть мати «вильоти» як однакової величини при водінні по центру трактора, так і різної при водінні по правому колесу.

При визначенні вильоту маркерів застосовується наступна залежність (рис. 2.1):

$$L_{\text{МК}} = \frac{B_{\text{р.сiv}} \pm \text{Шр} \pm \text{Атр}}{2}$$

де Шр – встановлене значення ширини міжрядь при посіві, м [табл. 24, 11];

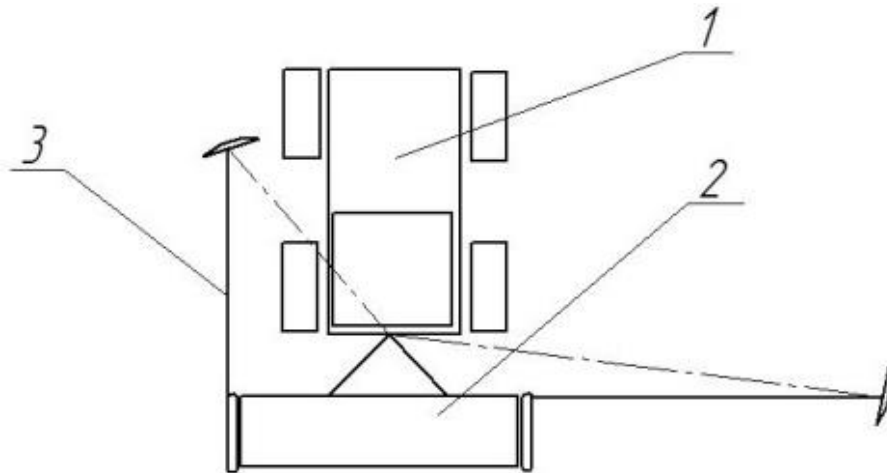
Атр – значення колії енергетичного засобу, м [табл. 24, 11];

«+» – застосовується при використанні лівого маркера, «-» – при застосуванні правого маркера;

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{мк.л}} = \frac{5,6 + 1,80 + 1,50}{2} = 4,45 \text{ м,}$$

$$L_{\text{пр}} = \frac{5,6 - 1,80 - 1,50}{2} = 1,15 \text{ м.}$$



1 – трактор; 2 – сівалка; 3 – маркер.

Рис. 2.1 – Схематичне зображення сівалочного агрегату щодо розрахунку вильоту маркерів

Підготовчі роботи при посіві на полі.

1. Виконання візуального огляду поля і, за необхідності, усунення перешкод та сторонніх предметів. За неможливості усування перешкоди її потрібно промаркувати відповідними засобами, які дозволяють провести ідентифікацію з кабіни трактора.

2. Вибір способів і напрямків роботи агрегатів. За довжини гонів 900м рекомендованим є обрання проходів сівалочних агрегатів вздовж нього, при цьому використовувати човниковий спосіб руху.

3. Надалі проводиться розбивання поля на загінки, відбивання смуг для виконання поворотів, для чого встановлюються вішки або задаються необхідні параметричні величини до бортових комп'ютерів енергетичних засобів.

Розрахуємо параметричні величини загінок. Спочатку виконаємо розрахунки ширини смуги, потрібної для виконання поворотів агрегату:

при петльовому прийомі [11, 12]

$$E_{p.см} = 3R_{min.агр} + e$$

де $R_{min.агр}$ – мінімальна величина радіуса при повороті агрегату, м:

$$R_{min.агр} = 1,20 \cdot B_{p.сiв} = 1,20 \cdot 5,60 = 6,72 \text{ м},$$

e – величина довжини, на яку потрібно виїжджати агрегатом при закінченні робочої довжини гону, м:

$$e = (0,5 \dots 0,7) \cdot L_{k.агр}$$

$L_{k.агр}$ – значення кінематичної довжини посівного агрегату [11, 12]:

$$L_{k.агр} = l_{тр.} + l_{зч} + l_{сiв},$$

де $l_{тракт}$, $l_{зч}$, $l_{сiв}$ – відповідні значення величини кінематичної довжини енергетичних засобів, зчіпок та сівалок, м [табл. 22, 11],

$$l_{тр.} = 1,32 \text{ м}; l_{зч} = 0 \text{ м}; l_{сiв} = 3,54 \text{ м}.$$

Тоді:

$$L_{k.агр} = 1,32 + 3,54 = 4,86 \text{ м}.$$

Відповідно, величина довжини виїздів складає

$$e = 0,6 \cdot 4,86 = 2,92 \text{ м}.$$

Тоді $E_{p.см} = 3 \cdot 6,72 + 2,92 = 23,08 \text{ м}.$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення ширини смуг поворотів повинна відповідати кратності ширин захвату, а саме

$$E_{p.см.кр} = K \cdot B_{p.сiв},$$

де K – величина, яка визначає відповідність кратності смуг поворотів ширині захвату агрегату, і яка повинна відповідати цілочисельному значенню та прийматися в більшу сторону, тобто

$$K = \frac{E_{p.см}}{B_{p.сiв}} = \frac{23,08}{5,6} = 4,12,$$

відповідно кратність становитиме $K = 5$, згідно цього

$$E_{p.факт} = 5,0 \cdot 5,6 = 28 \text{ м.}$$

З врахуванням термінів виконання робочих процесів в загінці, величина її максимальної ширини становитиме [11, 12]:

$$C_{max} = \frac{10^4 (2 \dots 3) W_{зм.сiв}}{L_{гон}}.$$

Або відносно обраної робочої передачі:

$$C^V = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 21,59}{900} = 719,6 \text{ м.}$$

Чисельність загінок встановимо з залежності:

$$n_{заг.} = \frac{10^4 F}{L_{гон} \cdot C^V},$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де F – площі посіву, га;

$$n_{\text{заг}}^V = \frac{10^4 \cdot 80}{900 \cdot 719,6} = 1.24.$$

З врахуванням отриманих результатів потрібним є виконання розбивки поля для швидкості роботи на 5 передачі трактора – 2 заїмки, які відповідно мають ширину 900 м і 216 м.

Обґрунтування величин, необхідних для оформлення операційно-технологічних карт.

1. Величина тривалості одного проходу посівним комплексом, хв [11, 12]

$$T_{\text{цикл}} = \frac{12 \cdot L_{p.\phi.}}{10^4 V_{p.\text{тр}}} + 2t_n$$

де $L_{p.\phi.}$ – фактичне значення робочої довжини заїмки, м;

t_n – час, який потрібен для виконання одного розвороту агрегату, ($t_n = 1,5 \dots 2$ хв.)

$$L_{p.\phi.} = L - 2 \cdot E_{p.\text{факт}} = 900 - 2 \cdot 28,0 = 844 \text{ м.}$$

Таким чином:

$$T_{\text{цикл}}^V = \frac{12 \cdot 844}{10^2 \cdot 6,6} + 2 \cdot 1,7 = 15,35 \text{ хв} = 0,26 \text{ год.}$$

2. Величина технічної циклової продуктивності становить, га/ц:

$$W_{\text{ц.га}} = 0,1 \cdot B_{p.\text{сів}} \cdot V_{p.\text{тр}} \cdot T_{\text{цикл}}$$

$$W_{\text{ц.га}}^V = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,6 \cdot 0,26 = 0,96 \frac{\text{га}}{\text{цикл}}.$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чисельність циклів протягом зміни:

$$N_{ц.зм} = \frac{W_{зм.сів}}{W_{ц.га}}$$

$$N_{ц.зм}(V) = \frac{21,5}{0,96} = 22,4 \text{ ц/зм.}$$

3. Витрати пального протягом робочої зміни:

$$Q_{пв.зм} = Q_{пв.га}^V \cdot W_{зм.сів}$$

$$Q_{пв.зм}(V) = 4,38 \cdot 21,5 = 94,17 \text{ кг/зм.}$$

Знайдені і обґрунтовані параметри процесу посіву лягли в основу розробки операційно-технологічної карти технологічної операції, яка представлена в графічній частині.

Висновки

Аналізуючи сучасні технології, які застосовуються при вирощуванні цукрових буряків, прийшли до висновків про можливості суттєвого зменшення собівартості їх вирощування за рахунок покращення якісних умов операції посіву, яка має значний вплив на рівномірність та дружність сходів.

В процесі виконання розділу було розроблено технологічну карту на вирощування цукрових буряків відповідно сучасних трендів, проведено технологічні обґрунтування операції посіву агрегатом, який у своєму складі одну сівалку УПС-8, яка агрегується трактором МТЗ-82.

Проведені технологічні обґрунтування дозволили отримати наступні результати: більш оптимально виконувати посів з використанням 5-ї передачі трактора МТЗ-82, згідно тягового зусилля агрегується одна сівалка; параметри процесу – величина продуктивності 21,5 га/зм, величина питомих витрат пального складе 4,38 кг/га, що дозволить задовольнити і агротехнічні, і техніко-економічні умови. Проте, з ціллю підвищення якісних показників сівби потрібним є модернізація висівної дозуючої системи сівалки з встановленням відповідних науково обґрунтованих параметрів.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Наукова частина

В процесі виконання роботи було проведено пошукові дослідження систем дозування сівалок точного висіву [13-19], зокрема і патентні огляди [20-23] схем висівних систем пневматичного типу. Проведені дослідження конструктивно-технологічних схем зазначених систем дозування пневмомеханічного типу, зокрема і їх окремих елементів, які підтвердили умовиводи щодо залежності якості висіву насінин від точності дозування, щодо якої, в основному, здійснює вплив величина повноти заповнення отворів, які містить дозуючий елемент. За останні періоди розвитку даних систем було запропоновано доволі значна кількість конструктивних схем, які дозволяють покращити якісні показники виносу насіння з забірної камери, забезпечуючи їх надійне переміщення до відділення скидання, а також усування надлишкового насіння тощо [14, 17, 19-24]. Проте, вирішити проблему забезпечення якісного дозування насінин з використанням апаратів пневмомеханічного типу в повній мірі не вдалося, оскільки запропоновані рішення є частковими, а тому дана проблема вимагає подальшого дослідження.

3.1. Теоретичні дослідження робочих процесів дозуючих систем

Тенденціями сучасного машинобудування сільськогосподарського спрямування передбачено застосування в системах дозування різноманітних конструктивних систем, які володіють властивостями адаптації до змінних технологічних умов, що вимагає при проектуванні вказаних схем посівних систем врахування умов забезпечення надійного виконання технологічних підоперацій за змінних умов. Беручи до уваги той факт, що головним елементом, який виконує функцію виносу і утримання насінин в системах пневмомеханічного типу є отвір диску у взаємодії з вакуумною системою, логічним є формування його конфігурації змінною відносно площі присмоктування. Для обґрунтування цього параметру виконаємо аналітичне дослідження процесу відбору із загальної маси у забірній камері з подальшим транспортування насінин.

Виносу насінин з забірної камери сприяє сила тертя $\bar{F}$ (рис. 3.1), яка виникає у насінини, яка присмоктується, відносно поверхні дозуючого диска, та сила

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підпору насінини від дії ворушилки $\overline{P_{пв}}$ [16, 19, 24]. Протидіють виносу насінин, які присмоктались до отворів, з забірної камери сили опору $\overline{P_{тр}}$, які виникають при терті прилеглих насіннєвих шарів, сили вертикального спротиву насінин $\overline{P_B}$, які перебувають вище, сила ваги $\overline{mg}$ та інерційні сили $m \frac{dV}{dt}$.

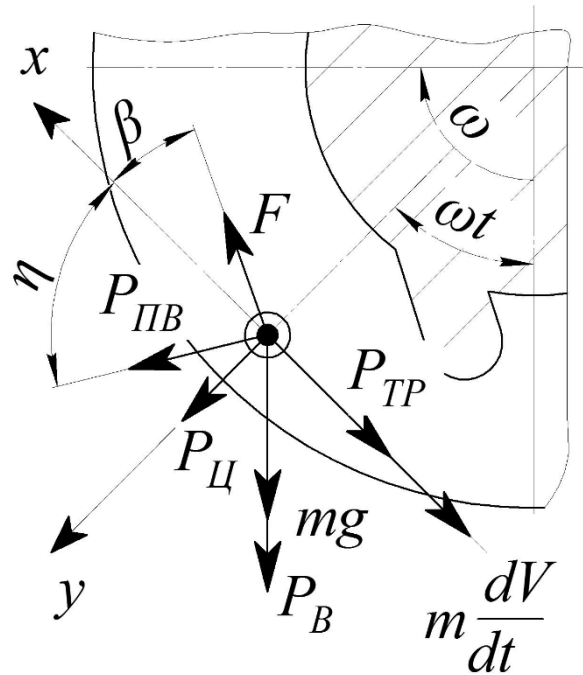


Рис. 3.1 – Розрахункова модель силової взаємодії відносно насінини, яка присмоктується до отвору в забірній камері

Умовами, які забезпечують гарантоване винесення насінин є дотримання балансу сил, які створюють винос та опираються останньому [16, 19, 24]

$$\frac{F}{\sum R} \geq 1, \quad (3.1)$$

де F – сила, яка обумовлює винесення насіння, яке присмокталося до отвору в забірній камері, Н;

$\sum R$ – рівнодіюча сила, яка обумовлює спротив виносу, Н.

Аналітичні дослідження відповідно рекомендацій [18] виявили, що серійні висівні системи при виконанні дозування насінин цукрових буряків мають

співвідношення зазначеного балансу сил (3.1), яке коливається в доволі значних межах від 0,65 до 1,35, а це свідчить про відсутність стійкості режимних процесів винесення насінин з забірної камери.

Одна з ключових причин даного явища є брак насінин, які перебувають на траєкторії, якою переміщується отвір висівного диска, що особливо характерно для зони, де повинен відбуватись процес активного захвату в забірній камері. Серед інших чинників відзначається нераціональна форма насінин буряків, внаслідок чого вони не здатні в повній мірі перекривати діапазон дії присмоктуючих отворів (рис.3.2). За цих умов, величина сили присмоктування відносно кожної насінини визначається як [18, 24]

$$P_{np} = \xi \cdot S_c \cdot H, \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де ξ – величина коефіцієнта просочування повітряного струменя у дозуючому отворі, $\xi = 0,92 \dots 1,45$;

S_c – величина фактичної площі перекриття дозуючих елементів насінинами, м^2 ;

H – значення розрідження у вакуумній камері, Па.

Згідно нашої думки, з ціллю забезпечення гарантованого виносу насінин з забірної камери потрібним є виготовлення отворів дозуючих дисків таким чином, щоб вони мали змогу забезпечити максимальну ступінь знаходження насінин на траєкторії переміщення отворів. Даної умови можна досягти за рахунок формування дозуючих отворів, які б мали прямокутну подовжену форму, яка характеризується шириною t_3 , і ширина якого відноситься до товщини насіння c як $0,5 \dots 0,7$, що забезпечить умову усунення застрягання насінин в отворах. Його ж величина довжини обумовлюється конструктивно згідно раціонального співвідношення до ширини забірної камери та повинна мати максимальне значення, зокрема від крайку висівного диска до закінчення стінок камери забору (рис. 3.3).

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до запропонованого рішення виконані дослідження стосовно балансу сил, які дозволили встановити, що при використанні запропонованої системи дозуючого елементу буде спостерігатись більш стабілізоване співвідношення $F/\Sigma R \approx 1,34$. Це сприятиме гарантуванню присмоктування насінин до дозуючих отворів та їх виносу з забірної камери. Проте, це, в свою чергу, призведе і до збільшення «зайвих» насінин, які присмоктались до такого отвору, що буде впливати на якість роботи скидача зайвого насіння, і, зокрема, створення умов для пересіву, що також є негативним з погляду на якість висіву.

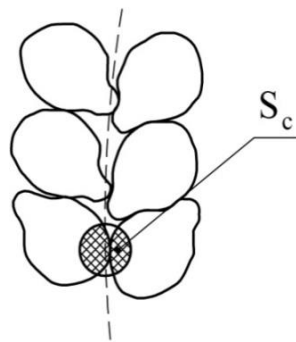


Рис. 3.2. – Найгірший сценарій розташування насінини відносно отвору

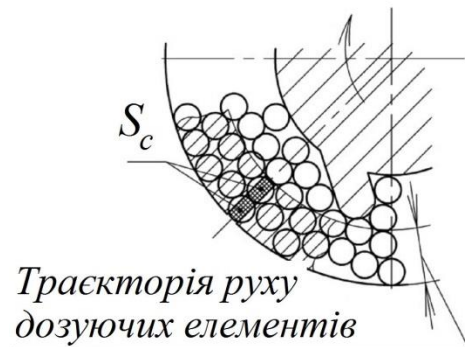


Рис. 3.3. – Запропонована схема, за якої оптимізоване розташування насінин біля отвору висівного диску

З врахування цього, необхідним є забезпечення умов, за яких відбуватиметься поступове усунення «зайвих» насінин, чого можливо досягти, модернізувавши прокладку вакуумної камери, призначеної для формування контактної вакуумної зони. Логічним є забезпечення поступового зменшення величини контактної вакуумної площі в напрямку обертання дозуючих елементів від забірної камери до скидача «зайвих» насінин (рис.3.4). Найбільша величина товщини l отвору прокладки буде в нижній частині камери забору насінин (рис. 3.6).

Товщина ж отвору прокладки в зоні дії скидача h буде визначатись з залежності:

$$h = \frac{\sqrt{m^2 \cdot g^2 + P_{ц}^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot P_{ц} \cdot \cos \omega t}}{\xi \cdot t_3 \cdot H \cdot f}, \text{ м.} \quad (3.3)$$

Таке виконання прокладки надасть змогу підвищити якість роботи скидача, що зумовлене його розвантаженням за рахунок природнього видалення частини «зайвих» насінин під власною вагою і дії відцентрових сил внаслідок зменшення контактної вакуумної зони отвору основного диска від l до h . До того ж, дане рішення дозволить і знизити втрати повітря крізь отвори внаслідок зменшення їх площі.



Рис. 3.4 – Прокладка вакуумкамери модернізована

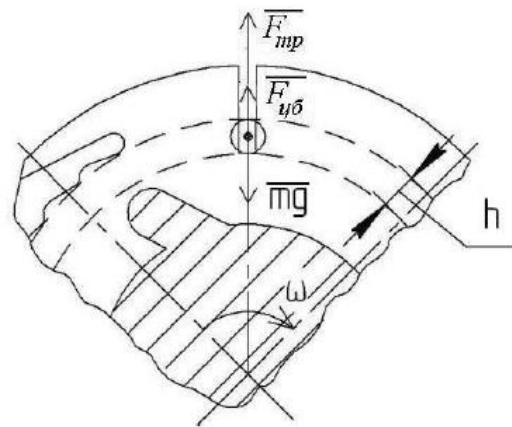


Рис. 3.5 – Силова розрахункова схема взаємодії насінини з дозуючою системою

Враховуючи необхідність мати запас контактної площі, для подальших досліджень приймемо найменше значення вирина отвору прокладки $h = 3,0$ мм.

Скориставшись законами класичної механіки, наведемо схему силової взаємодії насінини з дозуючою системою (рис. 3.5), де на насіння чинять дію наступні сили: тертя, яке виникає відносно поверхні диска F , відцентрова складова сил інерції $P_{ц}$, яку викликає обертання диску, вагова насінини mg . Тут дія сили ваги насінини mg спрямована вертикально вниз, сприяючи відриванню насінин від отворів. Натомість їй протидіють сила тертя та відцентрова, спрямовані у протилежному напрямку, що сприяє утриманню насінин в отворах диску.

Як відомо, величина відцентрової сили $P_{ц}$ визначається як

$$P_y = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (3.4)$$

де m – вагова характеристика насінини, кг;

ω – величина кутової швидкості насінини (с^{-1}) при русі по радіусу кола R (м).

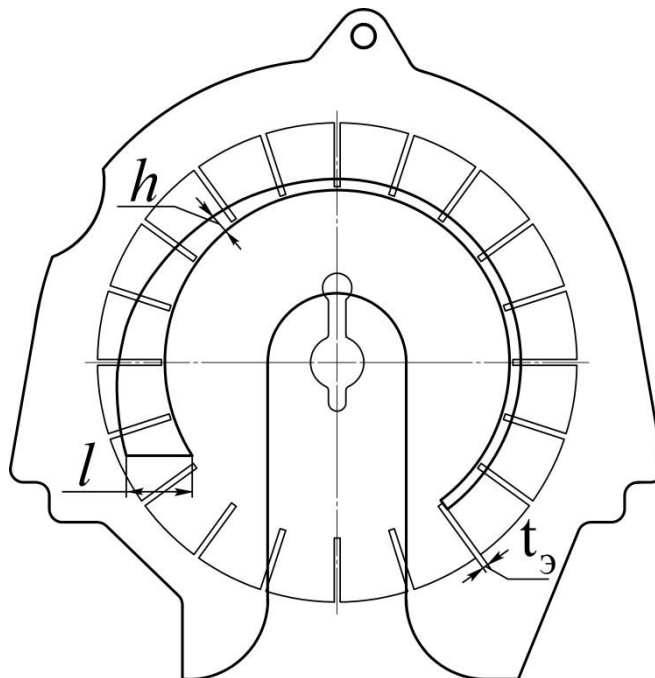


Рис. 3.6 – Запропонована дозуюча система

Аналізуючи наведений силовий баланс можемо констатувати, що величина відцентрової сили має значно менше значення відносно величини сили ваги насінини, тому в подальших дослідженнях ми її враховувати не будемо.

Таким чином, врахувавши умову (3.2) запишемо

$$F = \xi \cdot S_c \cdot H \cdot f, \quad (3.5)$$

де f – значення коефіцієнта тертя насінин буряка по поверхні диска, яке визначається емпірично, $f = 0,32 \dots 0,51$.

Силовий баланс при цьому матиме вигляд

$$m \cdot g = \xi \cdot S_c \cdot H \cdot f$$

звідки

					МВЦБ 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$S_c = \frac{m \cdot g}{\xi \cdot H \cdot f} \quad (3.6)$$

З аналітичних досліджень [18, 19, 24] відомо, що дозуючі диски серійного типу характеризуються косинусоїдальною зміною площі системи дозування, яка утворена отворами та прокладкою і залежить від величини перекриття незакритої частини скидачем. Пропонована система, яку утворюють прямокутні отвори та отвори модернізованої прокладки вакуумкамери, сприяє зміні площі перекриття за лінійними залежностями (рис. 3.6).

З метою встановлення енергетичних параметрів запропонованої системи висіву знайдемо величину витрат повітря крізь дозуючі елементи, порівнявши серійний і розроблений диски

$$Q = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot V_n \cdot n \cdot \zeta}{4} \cdot z, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.7)$$

де V_n – величина швидкості повітряного потоку, який просочується крізь отвір диска, м/с;

d_e – геометричний параметр отвору диска, м;

n – чисельність отворів на висівному диску, які одночасно контактують з вакуумом, шт.;

ζ – коефіцієнт, який визначає ступінь присмоктування насінин до отворів, емпіричне значення якого $\zeta = 0,53 \dots 0,71$;

z – число висівних апаратів сівалки.

Величину швидкості повітря V_n визначимо відповідно до стандартних методикик [18, 19]

$$V_n = \lambda \sqrt{\frac{2 \cdot H_g}{\rho_n}}, \text{ м/с}, \quad (3.8)$$

де λ – величина коефіцієнта аеродинамічного спротиву отвору, $\lambda = 0,68 \dots 0,72$;

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ_n – величина щільності повітря, яка за нормальних умов має значення $\rho_n = 1,20 \text{ кг/м}^3$.

Зважаючи на те, що отвір нового апарата відзначається прямокутною формою, то при розрахунках будемо використовувати величину еквівалентного діаметра, значення якого визначається як [19, 24]

$$d_e = \frac{\sum_1^n \frac{2 \cdot a_i \cdot b_i}{a_i + b_i}}{n}, \text{ м}, \quad (3.9)$$

де a_i і b_i – відповідні параметри довжини і ширини отвору диска, м.

Величина розрідження вакуумкамери H_g одержується внаслідок експериментальних досліджень [17], відповідно, підставивши всі значення до наведених рівнянь, з рівняння (3.7) матимемо:

витрати з застосуванням диска серійного виконання, який має діаметри отворів 3 мм – $Q = 0,0043 \text{ м}^3/\text{с}$;

витрати з застосуванням диска запропонованого виконання, який має ширину щілини 2,5 мм – $Q = 0,0085 \text{ м}^3/\text{с}$.

Величина потужності, необхідної для забезпечення проходу повітря

$$N = Q \cdot H \cdot \eta \cdot n, \text{ Вт}, \quad (3.10)$$

де η – величина коефіцієнта, який встановлює величину необхідного запасу з метою компенсування можливих додаткових втрат потужності, $\eta = 2,1$ [17].

Таким чином, величина потужності, необхідної при забезпеченні робочих процесів повітряної системи при 8-секційній сівалці, буде становити:

диск серійного виконання – $N = 32,1 \text{ Вт}$;

запропонований диск – $N = 40,2 \text{ Вт}$.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одержані дані продемонстрували, що для забезпечення роботи системи дозування запропонованої конструкції необхідно більше потужності, проте її величина є несуттєвою порівняно з потребами усієї системи.

3.2. Експериментальне дослідження системи

Об'єктом дослідження виступає процес дозування насінин цукрових буряків з використання запропонованої системи висіву.

Предметом дослідження виступають параметри запропонованої системи дозування, оснащеної отворами щілинного типу та прокладкою вакуумкамери оригінальної конструкції.

Задачі досліджень – обґрунтування раціональних параметрів та режимів роботи запропонованої системи дозування з дотриманням агротехнічних норм.

Програма і методика

Виконання зазначених задач проводилось з використанням лабораторної експериментальної установки, установленій на лабораторному комплексі «Липка стрічка» кафедри СГМ ЦНТУ (рис. 3.7).



1 – вакуумна система, 2 – електромотор силовий, 3 – висівна система з модернізованими параметрами, 4 – вакуумметр, 5 – система регулювання струму ВСА-111К.

Рис. 3.7 – Лабораторний стенд для досліджень

Для проведення досліджень застосовувався стандартний висівний апарат типу УПС, який оснащувався змінними робочими елементами запропонованої конструкції (рис. 3.9, 3.10), крім того для зміни параметрів системи використовували силові агрегати, зокрема для приводу валу висівного апарату електромотор, частоту обертання якого змінювали за допомогою регулятора-випрямляча струму «ВСА-111к» (рис. 3.8), контроль розрідження здійснювали вакуумметром МТ-2У-В, а для його створення використовували стаціонарний пиломок «VCC4140V38».



Рис. 3.8 – Фото регулятора-випрямляча струму «ВСА-111к»



Рис. 3.9 – Фото експериментального диска

При виконанні досліджень були обрані три параметри, які мають суттєвий вплив на процес дозування – величина лінійної швидкості, з якою переміщуються насінини, величина розрідження вакуумної камери та ширина щілин диска.

Після виконання кожного дослідів проводився підрахунок кількості висіяних насінин з контролем появи подвійного виносу чи пропуску у висіві, одержані дані фіксувались у таблиці 3.3.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.10 – Фото виготовленої для експериментів прокладки вакуумкамери

Параметри системи при дослідженнях відповідали наступному:

1. Діапазон частот обертання дозуючого диску обґрунтовувався відповідно до умов, при яких прослідковувалось рівномірне присмоктування насінин до отворів, при цьому заповнення всіх комірок було повноцінним. Відповідно, встановлений діапазон лінійних швидкостей на рівні переміщення насінин фіксувався в межах 0,25....0,35 м/с.

2. За гарантоване стабільне присмоктування насінин з повним заповненням отворів, згідно програми досліджень, відповідали параметри вакуумної установки, зокрема по забезпеченню мінімально необхідного повного напору повітря. Встановлений повний напір повітря перебував в межах 0,5....2,5 мПа. Величину розрідження у пневмокамері корегували шляхом зміни величини подачі повітря вакуумною системою, контролюючи вакуумметром.

3. При обґрунтуванні діапазону величини ширини щілин диска було використано результати пошукових досліджень, які дозволили встановити критичні параметри, в межах яких буде спостерігатись повноцінне присмоктування насіння до отворів. Зважаючи на це, обраний раціональний діапазон значень ширин щілин диска у випадку висіву насіння цукрових буряків становитиме 2....2,4 мм.

Методика виконання досліджень передбачала реалізацію повного факторного експерименту з подальшим статистичним обробітком одержаних даних.

Зв'язок між кодовим і натуральним значенням величини застосовувалась загальноприйнята методика [25, 26] (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Умови реалізації дослідження

Фактор	Натуральне позначення	Кодове значення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодові		
				верхні	нульові	нижні	верхні	нульові	нижні
Лінійна швидкість насінини на відповідному радіусі диска, м/с	X_1	x_1	0,05	0,35	0,3	0,25	+1	0	-1
Величина вакууму, кПа	X_2	x_2	1,0	2,5	1,5	0,5	+1	0	-1
Ширина отвору, мм	X_3	x_3	0,2	2,4	2,2	2,0	+1	0	-1

План-матриця (табл. 3.2) запланованого експерименту з трьома факторами (ПФЕ 2³) передбачала виконання мінімальної чисельності дослідів ($n=2^3=8$), при цьому використовувалась трикратна повторність та рандомізований порядок черговості проведення дослідів.

Результати досліджень

У відповідності до розробленої робочої план-матриці у рандомізованому порядку було проведено експериментальні дослідження, які як зазначалось, мали трикратну повторність. Результати щодо величини оптимізаційного параметра, який характеризував чисельність висіяних насінин, отриманих в межах 10 обертів висівного диска, отримані після кожного досліду, фіксували у таблиці 3.3.

					МВЦБ 00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

План-матриця ПФЕ 2³

Номер досліджу	Значення кодованих факторів			Взаємодія кодованих факторів			
	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1



Рис. 3.11 – Фото робочого процесу виносу насіння

Більшу інформативні для аналізу одержаних даних надасть введений коефіцієнт рівномірності [13], величина якого визначається як:

$$K_{\text{рів}} = \frac{z_{\text{ф.в}}}{z_{\text{пл.в}}} \cdot 100\%$$

де $z_{\text{ф.в}}$ – чисельність насіння, висіяного в результаті досліджу; $z_{\text{пл.в}}$ – нормативне значення чисельності насінин, які повинні висіятись за 10 обертів.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{рів}}^5 = \frac{225}{300} \cdot 100 = 75\%; K_{\text{рів}}^7 = \frac{189}{300} \cdot 100 = 63\%; K_{\text{рів}}^2 = \frac{318}{300} \cdot 100 = 106\%$$

$$K_{\text{рів}}^4 = \frac{249}{300} \cdot 100 = 83\%; K_{\text{рів}}^6 = \frac{240}{300} \cdot 100 = 80\%; K_{\text{рів}}^1 = \frac{201}{300} \cdot 100 = 67\%$$

$$K_{\text{рів}}^3 = \frac{363}{300} \cdot 100 = 121\%; K_{\text{рів}}^6 = \frac{279}{300} \cdot 100 = 93\%$$

Таблиця 3.3

Отримані результати досліджень

Рандомізація	Точка плану і номер дослід у	Значення кодових факторів			Вихідний параметр Y_1, ε			Середньо-арифметичне значення $\bar{Y}_u, \varepsilon$
					Повторюваність			
		x_1	x_2	x_3	I, Y_{u1}	II, Y_{u2}	III, Y_{u3}	
5	1	-1	-1	-1	220	225	230	225
2	2	+1	-1	-1	194	184	189	189
7	3	-1	+1	-1	314	318	322	318
1	4	+1	+1	-1	245	253	249	249
4	5	-1	-1	+1	236	245	239	240
6	6	+1	-1	+1	205	195	203	201
8	7	-1	+1	+1	366	362	361	363
3	8	+1	+1	+1	281	275	281	279

Наступним кроком є виконання статистичних обробіток одержаних результатів, які виконуємо відповідно загальноприйнятій методиці [25, 26], алгоритм і результати обробки дослідних даних наведені у додатку А.

Математична модель процесу, одержана за результатами статистичного дослідження дослідних даних (додаток А) матиме вигляд:

$$y = 86,0 - 9,50 \cdot x_1 + 14,70 \cdot x_2 + 4,20 \cdot x_3 - 3,20 \cdot x_1 x_2 - 0,70 \cdot x_1 x_3 + 2,0 \cdot x_2 x_3 + 7,40 \cdot x_1 x_2 x_3.$$

Результати досліджень відносно коефіцієнта рівномірності

Рандомізація	Точка плану і номер дослід у	Значення кодових факторів			Вихідний параметр Y_1 , %			Середньо- арифметичне значення $\bar{Y}_u$, %
					Повторюваність			
		x_1	x_2	x_3	I, Y_{u1}	II, Y_{u2}	III, Y_{u3}	
5	1	-1	-1	-1	73.3	75	76.6	75
2	2	+1	-1	-1	64.6	61.3	63	63
7	3	-1	+1	-1	104.6	106	107.3	106
1	4	+1	+1	-1	81.6	84.3	83	83
4	5	-1	-1	+1	78.6	81.6	79.6	80
6	6	+1	-1	+1	68.3	65	67.6	67
8	7	-1	+1	+1	122	120.6	120.3	121
3	8	+1	+1	+1	93.6	91.6	93.6	93

Обґрунтуванню раціональних параметрів запропонованої системи дозування сприяють одержані за результатами отриманих статистичних даних поверхні відклику для оптимізаційного критерію (рис. 3.12).

Наведена Pareto-карта (рис. 3.13) дозволяє зробити висновки про вплив на якісний показник процесу висіву змінних чинників, найбільший вплив тут здійснюють величина розрідження у пневмосистемі апарата та величина лінійною швидкості, з якою переміщується насінина.

Одержані на лабораторній установці результати досліджень надають змогу зробити певні висновки. Зокрема, можемо спостерігати, що при збільшенні частоти, з якою обертається вал висівного диска, та мінімальної величини вакууму у пневмосистемі апарата виникають значні пропуски у висіві, тобто $K_{\text{рів}} < 100\%$ (рис. 3.12). Це можна пояснити тим, що при збільшенні частоти обертання зменшується час в забірній камері на контакт отворів дозуючого диска з

насінинами, і за мінімальної величини вакууму це призводить до незадовільного присмоктування насінин до отворів.

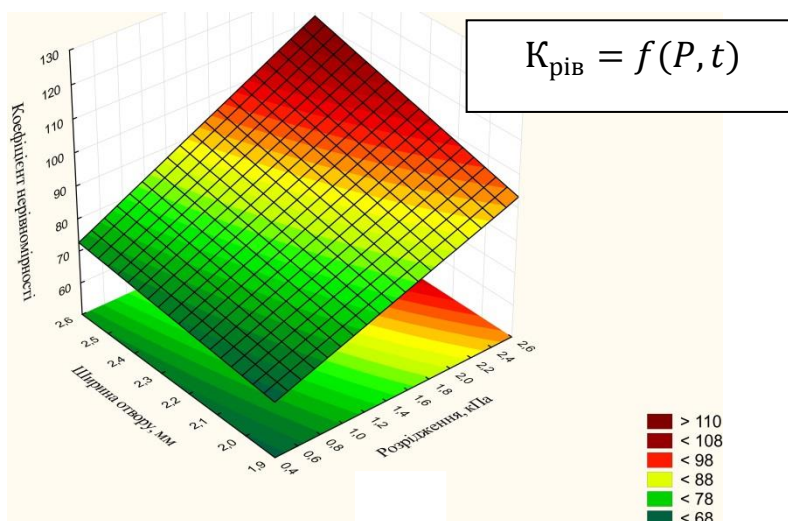
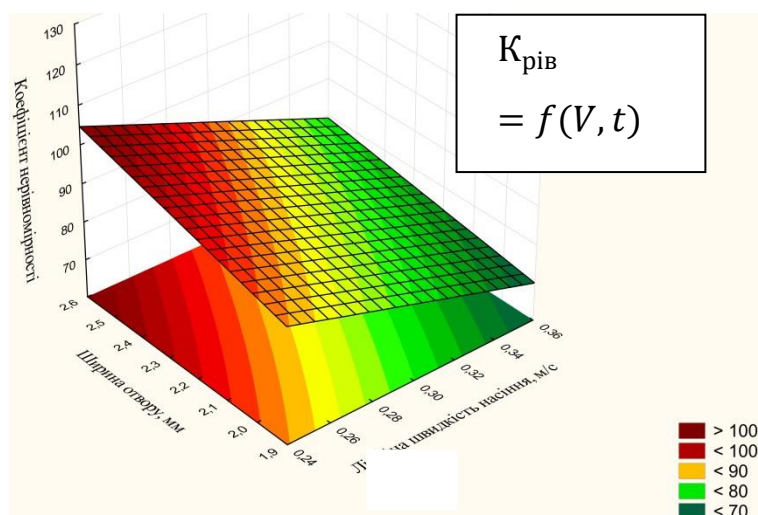
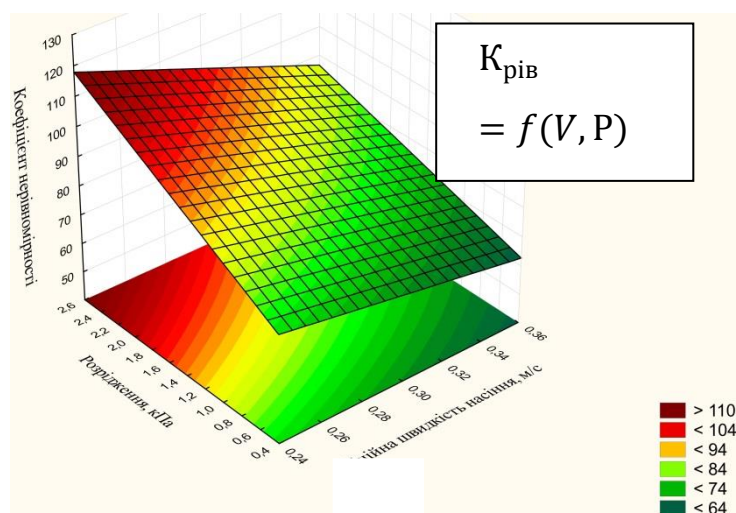


Рис. 3.12 – Графічні залежності на основі одержаної математичної моделі

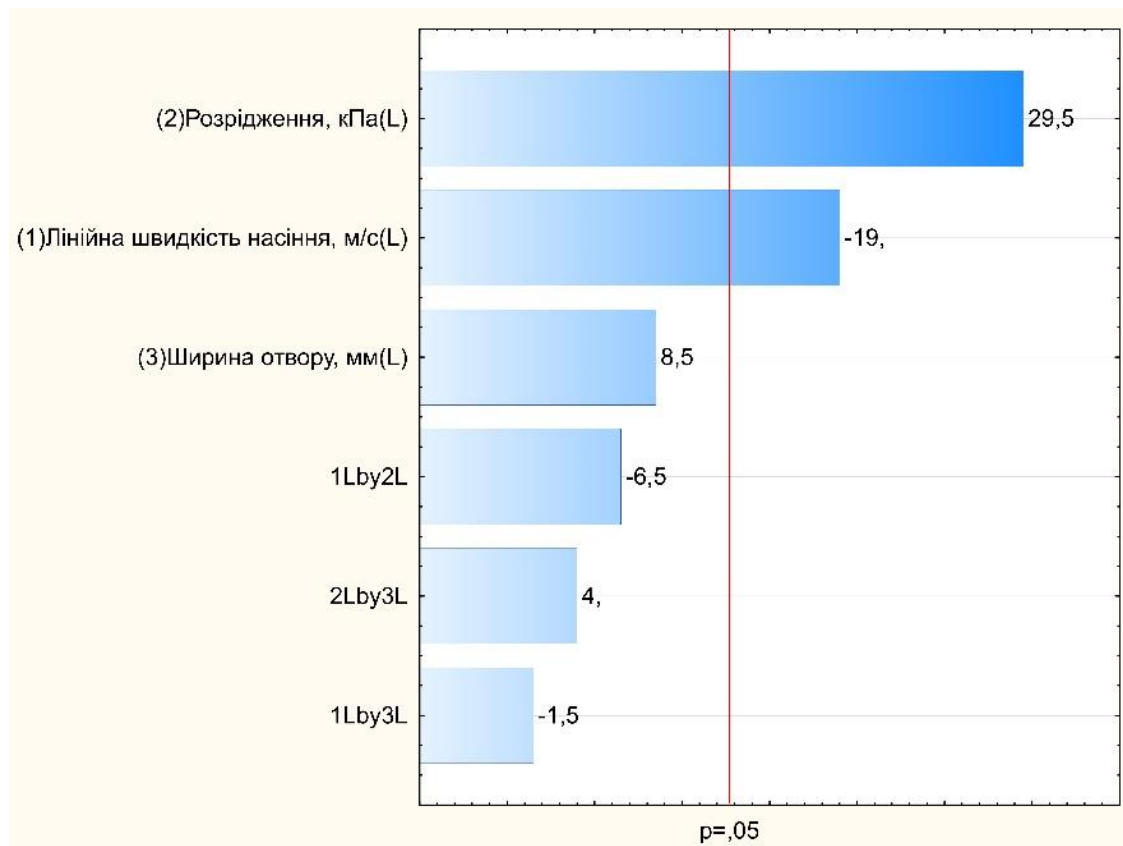


Рис. 3.13 – Pareto-карта

Такі ж результати викликає і зменшення величини ширини щілин дозуючого диска, що є наслідком зменшення контактної площі з вакуумкамерою.

При збільшенні ж величини розрідження у пневмосистемі спостерігається надлишковий винос насінин з камери забору, тобто $K_{\text{рив}} > 100\%$, що призводить до збільшення навантаженості скидача «зайвих» насінин.

Найкращі показники якості дозування насінин цукрових буряків з використанням запропонованої висівної системи можна досягти за наступних рекомендованих значеннях досліджених параметрів системи:

$$x_1 - V = 0,32 \dots 0,35 \text{ м/с};$$

$$x_2 - P = 0,65 \dots 1,65 \text{ кПа};$$

$$x_1 - t = 2,20 \text{ мм}.$$

Водночас спостерігаємо, що чинники, які впливають на якість процесу дозування, характеризуються прямо пропорційним впливом, а це означає неможливість досягнення показником рівномірності, який і характеризує якість дозування, рівня 100 %. Таким чином, обґрунтоване значення даних параметрів

					МВЦБ 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

досліджуваної системи потребує кореляції відповідно до агротехнічних нормативів, які регламентують допуски щодо якості дозування за максимальної продуктивності.

Висновки за розділом

Враховуючи виконані аналітичні дослідження перспективних спрямувань у подальшому розвитку посівних систем, які забезпечують точне дозування насінин при висіві, результати патентного пошуку та результатів досліджень, нами обґрунтовано перспективну конструкцію пневмомеханічного висівного апарата. Запропонована система дозуючого пристрою надасть змогу підвищити параметри якості висіву насінин, при цьому це не призведе до суттєвих збільшень показників енергоємності процесу, а завдячуючи оптимальному компонуванню робочих елементів, масо-габаритні параметри серійних посівних апаратів не зазнають змін.

Проведено експериментальні дослідження щодо встановлення якості дозування запропонованої системи та впливу на це параметрів і режимів роботи висівного апарата удосконаленої конструкції. В результаті отримано математичні залежності та встановлено раціональні величини досліджуваних параметрів дозуючої системи, які наближають якість дозування до 100%, зокрема швидкість лінійного переміщення насінин складає 0,32...0,35 м/с, величина розрідження пневмосистеми 0,65...1,65 кПа, ширина радіальних щілинних отворів висівного диска – 2,2 мм.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

Під час вирощування цукрових буряків виконуються операції, які наведені у технологічній частині. Проведемо огляд основних вимог правил охорони праці, яких необхідно дотримуватись при їх виконанні.

Під час обробітків ґрунту перед розпочинанням робіт необхідно перевірити справність і комплектацію агрегатів [27]. Потім з використанням рівного по горизонталі майданчика виконуються регламентні роботи, які передбачають операції з підтягування різьбових елементів закріплення робочих органів плугів, а також інших робочих органів. При цьому потрібно провести візуальний контроль відсутності підтікання мастил, за наявності – усунути такі підтікання.

Підготовка до робочих операцій дискових борін і лушильників передбачає перевірку кріплень робочих та інших елементів конструкції, регулювання положень чистиків. При регулюванні положення дисків, з метою убезпечення від травмувань рук об гострі крайки, потрібно використовувати рукавиці [28].

При регулюванні або заміні робочих органів ґрунтообробних і посівних знарядь їх необхідно розміщати на рівних майданчиках, бажано спеціалізованих, оснащених розміткою і відповідними пристосуваннями. Це дозволить полегшити і зменшити витрати часу на регулювання, крім того, сприяє дотриманню безпечності праці.

Перед тим, як починати виконання польових робіт необхідно виконати огляд поля і, за необхідності, його підготовку, а саме: засипати наявні канави, ями, усунути перешкоди, а за неможливості – огородити їх, поблизу ярів і схилів встановити знаки з попередженням. Організація переїздів машино-тракторних агрегатів в поле і з нього повинна проводитись лише згідно узгодженого маршруту, затвердженого керівником або відповідальною особою господарства. Не допускається виконання маневрів – повороти чи розвороти, при знаходженні робочих органів у робочому, заглибленому положенні [27, 28].

Під час виконання заправок бункерів туковисівних апаратів туками може відбуватись надлишкова запиленість робочої зони, яка створює загрози здоров'ю,

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливо зоровим і дихальним органам, тому необхідним є використання засобів індивідуального захисту, серед яких захисні окуляри, респіратори та рукавиці [27, 28].

Перед початком посівної, як і у випадку інших операцій, потрібно виконати перевірку комплектності і надійності роботи всіх механізмів і вузлів сівалок, підтягнути різьбові з'єднання. Серед особливостей пневмомеханічних комплексів, які використовуються для посіву, є наявність тиску в системі, який по повітропроводам надходить до кожної секції. Тому потрібно проводити і перевірку закріпленості всіх повітропроводів, їх герметичність, за необхідності необхідно усувати виявлені дефекти.

Рух сівалочних агрегатів розпочинають лише за звуковим сигналом тракториста [27, 28]. При завантаженні сухими порошкоподібними добривами необхідно перебувати з навітряної сторони, а також використовувати респіратор, окуляри та рукавиці [27, 28].

Сівалка повинна бути обладнана спеціалізованими чистиками, за допомогою яких виконується очищення сошників. Для усунення несправностей та очищення робочих органів і бункерів сівалки потрібно виконати повну зупинку агрегату та вимкнути привід робочих органів. Перебувати на траєкторії руху посівного комплексу, знаходитись на чи біля сівалки під час руху забороняється [27, 28]. Польові роботи з посіву можуть проводитись і у темну пору доби, тому необхідно завчасно перевірити справність приладів освітлення.

Перед тим, як розпочати збиральні роботи, комбайнер повинен отримати завдання та інструктаж з охорони праці, ознайомитись з маршрутами переміщення, ознайомитись з рельєфом поля, провести відмічування місць поворотів. При роботі у загінці необхідно проводити постійне стеження за вузлами жатки, які обертаються, щоб вчасно помітити намотування стебел на робочі органи, оскільки це може призвести до виникнення пожежі внаслідок тертя. При очищенні вузлів використовувати рукавиці та спеціальні гачки. Перед виконанням поворотів і під час розворотів швидкість руху не повинна перевищувати 3-4 км/год [27, 28].

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Обґрунтування ефективності вдосконалень

Виконані технологічні та наукові обґрунтування агротехнології вирощування цукрових буряків дозволили підвищити її ефективність завдячуючи проведенню посівної операції у більш короткі терміни з дотриманням регламентної якості. Процес пошукового аналізу дозволив встановити, що на сьогодні найбільш доцільно використовувати у сівалках точного висіву адаптивні дозуючі системи, здатні забезпечити гарантоване винесення насінин з забірної камери, що дозволить підвищити технологічну ефективність їх роботи та продуктивність посіву.

Відповідно до результатів техніко-економічних розрахунків технологічної карти на вирощування цукрових буряків отримано наступні результати (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники технологій

№ з/п	Показники	Один. вим.	Базова	Проектна
1.	Площа	га	80	80
2.	Врожайність	ц/га	320	370
3.	Персонал: - Механізатор - інші робітники	чол.	1 1	1 1
4.	Агрегатування		МТЗ-82 та сівалка УПС-8	МТЗ-82 та сівалка УПС-8М
5.	Валовий збір	ц	25600	29600
6.	Норма виробітку за змін	га/зм	17,7	20,9
7.	Маса	кг	1278±3%	1278±3%

Техніко-економічне порівняння технологій продемонструвало, що пропонувані агротехнологічні рішення надають змогу зменшення собівартості посівної кампанії на 13%, що, зокрема, сприяє отриманню позитивного економічного ефекту від запровадження модернізованої висівної системи. При розрахунках використовували методики згідно рекомендацій [29-31].

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Висновок

За наслідками виконання дипломної роботи одержано наступні результати.

Проведено аналітичні дослідження технологічних особливостей культивування та зроблено відповідні пропозиції щодо удосконалень агротехнології при вирощуванні цукрових буряків.

Обґрунтовано технологічну карту на вирощування цукрових буряків, проведено відповідні технологічні розрахунки механізованих операцій. Представлено оптимізаційний технологічний розрахунок, об'єктом якого була операція посіву, для виконання якої залучена сівалка УПС-8М, агрегатуєма трактором МТЗ-82. За результатами розрахунків обґрунтовано швидкісні та енергетичні параметри посівного комплексу, крім того виконано планування польових робочих процесів, що дозволяє проводити посів відповідно з агровимогами, забезпечуючи мінімальні затрати та протягом найкоротших строків.

Проаналізовані перспективні напрямки розвитку посівних систем для точного дозування, патентні дослідження продемонстрували необхідність модернізувати конструкцію висівного апарата пневмомеханічного типу. Запропоновано удосконалити дозуючу систему шляхом застосування елементів, здатних до адаптації в процесі роботи, що сприятиме покращенню точності висіву насінин цукрових буряків, при цьому енергоємність процесу дозування суттєво не змінилась. За рахунок оптимальної компоновки функціональних елементів вдалось забезпечити незмінність масо-габаритних параметрів висівного апарату.

З метою підтвердження ефективності запропонованих змін та визначення параметрів удосконаленої системи було заплановано і проведено експериментальні дослідження з використанням лабораторного обладнання. Таким чином вдалось обґрунтувати кінематичні і геометричні параметри системи висіву з встановленими адаптивними дозуючими елементами. Отримано математичні залежності та встановлено раціональні величини досліджуваних параметрів дозуючої системи, які наближають якість дозування до 100%, зокрема швидкість лінійного переміщення насінин складає 0,32...0,35 м/с, величина розрідження

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пневмосистеми 0,65...1,65 кПа, ширина радіальних щілинних отворів висівного диска – 2,2 мм.

Одержані результати досліджень надають змогу знизити металомісткість, енергоємність і собівартість виробництва сівалок даного типу.

Розділ охорони праці присвячений заходам щодо усунення небезпек і зменшення дії шкідливих факторів, які виникають при виконанні технологічних операцій, які проводяться під час вирощування цукрових буряків.

Техніко-економічним аналізом доведено ефективність застосування запропонованих інновацій, які зокрема сприяють збільшенню продуктивності посіву з забезпеченням його високої якості, зокрема спостерігається і одержання позитивного економічного ефекту, тому таке конструктивне виконання дозуючої системи є перспективним для впровадження у виробництві.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Вплив агротехніки на формування насіннєвої продуктивності висадків цукрових буряків / А.С. Скіданова, С.В. Філоненко // Матеріали VII науково-практичної інтернет-конференції «Наукові тенденції формування агротехнологій». Полтавська державна аграрна академія, 2019. – С. 67-76.
2. Особливості технології вирощування буряків цукрових в східному Лісостепу України (Наукове видання) / М. Г. Цехмейструк, В. М. Костромітін, Р. А. Гутянський та ін. // Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. – м. Харків, 2015. – 58 с.
3. Технічні культури : навчальний посібник / Олексій Жатов, Світлана Каленська, Андрій Мельник ; ред.: О. Г. Жатов, С. М. Каленська. – Суми : Університетська книга, 2015. – 358 с.
4. Елементи технології у підвищенні продуктивності буряків цукрових / Р. М. Шаповаленко // Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (29 березня 2018 р., м. Київ) / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків ; М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2018. С. 46-47.
5. Резерви підвищення продуктивності буряків цукрових / V. A. Doronin, Yu. A. Kravchenko, V. V. Dryha etc. // Новітні агротехнології. Рослинництво. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. – № 6 (2018).
6. Сучасний стан та ефективність виробництва цукрових буряків / Л. А. Ільків / «Молодий вчений». – № 11 (63). – листопад, 2018 р. – С. 1124-1127.
7. Присяжнюк О. І. Вивчення продуктивності сучасних гібридів цукрових буряків в умовах недостатнього вологозабезпечення / О. І. Присяжнюк. // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2016. – № 5.

					<i>МВЦБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Мирошниченко М. С. Вплив системи удобрення та обробітку ґрунту на забур'яненість посівів цукрових буряків в короткоротаційних сівозмінах // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць, Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. Київ, 2020. Вип. 28. С. 29-36.
9. Jursik M., Holec J. Future of weed management in sugar beet in Central Europe. Listy cukrovarnicke a reparske. 2019. Vol. 135, Iss. 5–6. P. 180–186.
10. Агротехнічні заходи весняно-польового комплексу робіт у господарствах Харківської області в 2020 році (науково-практичні рекомендації) // Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. – м. Харків, 2019. – 47 с.
11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» : для студ. спец. 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. ; [уклад. В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с.
12. Машиновикористання у рослинництві. Технологічний регламент використання машин у рослинництві: Навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, Г.М. Калетнік, І.І. Мельник, В.В. Лихочвор, Д.Г. Кондратюк. – ВДАУ, ЛДАУ, НТУСГ, 2009. – 160 с.
13. Characterization of peripherally based cells of the pneumatic-mechanical seeding machine of accurate sowing for tilled crops / K. Vasytkovs'ka, O. Vasytkovs'kyu, S. Leschenko, D. Petrenko // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2014. - Вип. 44. - С. 3-6.
14. Васильковський, М. І. Аналіз процесу точного висіву насіння просапних культур і обґрунтування основних напрямків його вдосконалення / М. І. Васильковський, К. В. Васильковська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2012. - Вип. 42, ч. 1. - С. 69-74.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Васильковська, К. В. Кроки до забезпечення програмування врожайності просапних культур / К. В. Васильковська, С. М. Лещенко, О. М. Васильковський // Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання», Київ, 16-17 лют. 2017 року. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2017. – С. 86-88.
16. Васильковська, К. В. Моделювання точного висіву пневмомеханічним висівним апаратом / К. В. Васильковська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кропивницький : КНТУ, 2016. - Вип. 46. - С. 9-15.
17. Результати експериментальних досліджень роботи висівальних апаратів посівних машин для систем точного землеробства / М. О. Свірень, С. М. Лещенко, А. І. Бойко, О. О. Банний // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2011. - Вип. 41, ч. 1. - С. 208-216.
18. Рудницький О. В. Використання техніки при вирощуванні цукрових буряків з удосконаленням конструкції бурякової сівалки : кваліфікаційна робота / О. В. Рудницький ; кер. А. П. Довбиш. – Житомир : ЖАТФК, 2024. – 29 с.
19. Амосов В.В. Обґрунтування параметрів універсального висівного апарата для просапних культур. Дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 /КНТУ. – Кіровоград, 2007.
20. Патент № 35828 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат /Шмат С.І., Корнєв Ю.М. і ін./. Опубл. 16.04.2001 р. – 3 с.
21. Патент № 35266 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Ауліна Т.М. та ін./. Опубл. 10.09.2008 р. – 2 с.
22. Патент № 37268 А, Україна, МКИ А₀₁С7/00. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Новіков О.Г., Дранко М.В. та ін./ Опубл. 25.11.2008 р. – 2 с.
23. Патент № 28380 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневмомеханічний висівний апарат /Корнєв Ю.М., Шмат С.І./ Опубл. 16.10.2000 р. – 4 с.; Патент № 25949 А, Україна, МКИ А₀₁С7/04. Пневматичний висівний апарат / Мартиненко С.А, Остапчук М.В. та ін./. Опубл. 27.08.2007 р. – 2 с.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Гевко Б. М. Особливості розрахунку однозернових апаратів за допомогою морфологічного синтезу / Б. М. Гевко, Р. І. Лотоцький, С. Г. Білик, В. М. Пришляк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Всеукраїнський науково–технічний журнал. – Вінниця, 2015. – № 1 (91) – С. 18.
25. Статистична обробка експериментальних даних. Методичні вказівки для виконання статистичних розрахунків для практичних занять, курсових та дипломних проектів для студентів технічних спеціальностей / Ю. В. Кулешков, М. І. Черновол, В. В. Аулін [та ін.]. – Кіровоград : КДТУ, 2001. –108 с.
26. 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.
27. 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. – 408 с.
28. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Затверджено Наказом МНС України 26.11.2012 № 1353.
29. Єрмаков О.Ю., Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.
30. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
31. Нелеп В. М. Планування на аграрному підприємстві: Підручник. –2-ге вид., перероб. та доп. — К.: КНЕУ, 2004. — 495 с.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення дисперсій результатів проведених досліджень отримували з залежності

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2 ,$$

де m_0 – кількість повторностей;

i – номер повторності;

Y_{Ui} – результат критерію оптимізації у i -й повторності (табл. 3.4);

$\bar{Y}_U$ – середнє значення критерію оптимізації у U -му досліді (табл. 3.4).

$$S_{u1}^2 = \frac{(73.3 - 75)^2 + (75 - 75)^2 + (76.6 - 75)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u2}^2 = \frac{(64.6 - 63)^2 + (61.3 - 63)^2 + (63 - 63)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u3}^2 = \frac{(104.6 - 106)^2 + (106 - 106)^2 + (107.3 - 106)^2}{3 - 1} = 1.8$$

$$S_{u4}^2 = \frac{(81.6 - 83)^2 + (84.3 - 83)^2 + (83 - 83)^2}{3 - 1} = 2.1$$

$$S_{u5}^2 = \frac{(78.6 - 80)^2 + (81.6 - 80)^2 + (79.6 - 80)^2}{3 - 1} = 2.3$$

$$S_{u6}^2 = \frac{(68.3 - 67)^2 + (65 - 67)^2 + (67.6 - 67)^2}{3 - 1} = 3.02$$

$$S_{u7}^2 = \frac{(122 - 121)^2 + (120.6 - 121)^2 + (120.3 - 121)^2}{3 - 1} = 0.8$$

$$S_{u8}^2 = \frac{(93.6 - 93)^2 + (91.6 - 93)^2 + (93.6 - 93)^2}{3 - 1} = 1.34$$

Помилку дослідів, що характеризується дисперсією відтворюваності визначали за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2$$

$$S_y^2 = \frac{1}{8} \cdot (2.7 + 2.7 + 1.8 + 2.1 + 2.3 + 3.02 + 0.8 + 1.34) = 2.09$$

Перевіряємо відтворюваність дослідів (критерій Кохрена) [25, 26]:

$$G = \frac{3.02}{2.7 + 2.7 + 1.8 + 2.1 + 2.3 + 3.02 + 0.8 + 1.34} = 0.18$$

Оскільки $G^P = 0,18 \leq G(0,05; 8; 2) = 0,5157$ умова виконується, приходимо до висновку, що процес відтворюваний.

Визначаємо коефіцієнти математичної моделі:

$$b_0 = \frac{1}{8} \cdot (75 + 63 + 106 + 83 + 80 + 67 + 121 + 93) = 86;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \cdot (-75 + 63 - 106 + 83 - 80 + 67 - 121 + 93) = -9.5;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-75 - 63 + 106 + 83 - 80 - 67 + 121 + 93) = 14.7;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \cdot (-75 - 63 - 106 - 83 + 80 + 67 + 121 + 93) = 4.2;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} \cdot (75 - 63 - 106 + 83 + 80 - 67 - 121 + 93) = -3.2;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \cdot (75 - 63 + 106 - 83 - 80 + 67 - 121 + 93) = -0.7$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \cdot (75 + 63 - 106 - 83 - 80 - 67 + 121 + 93) = 2;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} \cdot (-75 + 63 + 106 - 83 + 80 - 67 - 121 + 93) = 7.4$$

Рівняння регресії буде мати вигляд:

$$y = 86 - 9.5 \cdot x_1 + 14.7 \cdot x_2 + 4.2 \cdot x_3 - 3.2 \cdot x_1 x_2 - 0.7 \cdot x_1 x_3 + 2 \cdot x_2 x_3 + 7.4 \cdot x_1 x_2 x_3$$

Адекватність отриманих результатів перевіряємо за методикою Фішера. Дисперсію S_{ad}^2 обчислюємо за формулою [25, 26]:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \cdot \sum_{U=1}^n (Y_{Ui} - \bar{Y}_U)^2.$$

де Y_{Ui} – значення відгуку i -го дослід, визначене шляхом підстановки розрахованих коефіцієнтів до лінійної частини обраної моделі процесу:

$$Y_{U1} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (-1) = 76.6$$

$$Y_{U2} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (-1) = 57.6$$

$$Y_{U3} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (-1) = 106$$

$$Y_{U4} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (-1) = 87$$

$$Y_{U5} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (+1) = 85$$

$$Y_{U6} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (-1) + 4.2 \cdot (+1) = 66$$

$$Y_{U7} = 86 - 9.5 \cdot (-1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (+1) = 114.4$$

$$Y_{U8} = 86 - 9.5 \cdot (+1) + 14.7 \cdot (+1) + 4.2 \cdot (+1) = 95.4$$

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{8 - 3 - 1} [(76.6 - 75)^2 + (57.6 - 63)^2 + (106 - 106)^2 + (87 - 83)^2 + (85 - 80)^2 + (66 - 67)^2 + (114.4 - 121)^2 + (95.4 - 93)^2] = 5.14$$

Відповідно до критерію Фішера F повинна витримуватись умова.

$$F^P = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де F^P і $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – відповідно розрахункове і табличне значення коефіцієнту Фішера при 5%-му рівні значущості; f_{ad} і f_y – відповідно числа ступенів вільності дисперсій адекватності та відтворення.

$$f_y = n(m_0 - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16.$$

Тоді:
$$F^P = \frac{5.14}{2.09} = 2.4 < F(0,05; 8; 16) = 2,59$$

- отже отримане рівняння адекватне.

Визначимо довірчу границю Δb_a згідно критерію Стюдента, яка характеризує значущість коефіцієнтів отриманої моделі відповідно до умови [25, 26]:

$$|b_a| \geq \Delta b_a,$$

де $|b_a|$ – розраховані коефіцієнти поліному.

Довірчу границю визначимо за рівнянням

$$\Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \sqrt{\frac{S_y^2}{n}},$$

де $t(0,05; f_y) = 2,1$ – табличне значення коефіцієнту Стюдента за 5%-го рівня значущості при $f_y = 16$.

Таким чином довірча границя становить

$$\Delta b_a = 2,1 \cdot \sqrt{\frac{2,09}{8}} = 1,07$$

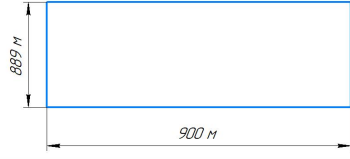
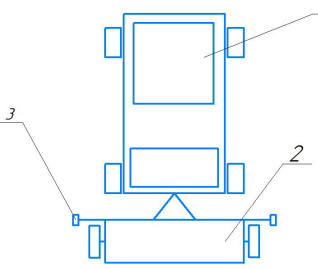
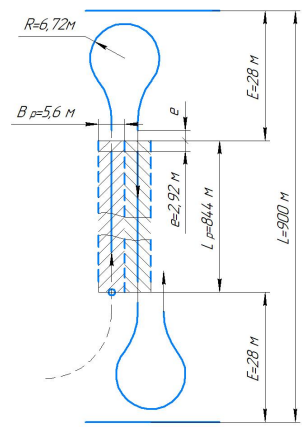
[illegible]

[illegible]

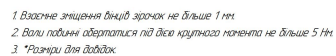
[illegible]

Операційна карта посіву цукрових буряків

МВЦБ 00.000 Т4

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа – 80 га, довжина гонів – 900 м, величина підйому – 0,05, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина зароблення насіння – 5 см.	Схема поля 
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини зароблення ± 15 %. 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 МТЗ-82, сівалка УПС-8М, робоча ширина захвату 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,72 м, кінематична довжина агрегату – 4,8 м. Підготовка агрегату: 1). провести щозмінне ТО трактора і сівалки; 2). відрегулювати на задану норму висіву; 3). встановити маркери.	 1 – трактор МТЗ-82 2 – сівалка УПС-8М 3 – маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 28 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	Схема руху одного циклу 
Швидкість руху	Робоча передача V, враховуючи буксування, робоча швидкість 6,6 км/год	L – довжина гонів, Lp – робоча довжина загінки, E – ширина поворотної смуги, e – довжина виїзду агрегату, Bp – ширина захвату агрегату.
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу 15,6 хв, Технічна продуктивність за цикл 0,96 га/цикл; Змінна продуктивність агрегату 21,5 га/зм; Витрати палива за змину 94,17 кг/зм.	
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше ± 15 %. Норма висіву становить 9–10 насінин на 1 м рядка (2,2–3,5 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; пряmolінійність рядків – на довжині 50 м відбити базову лінію і через 0,5 м заміряти відхилення.

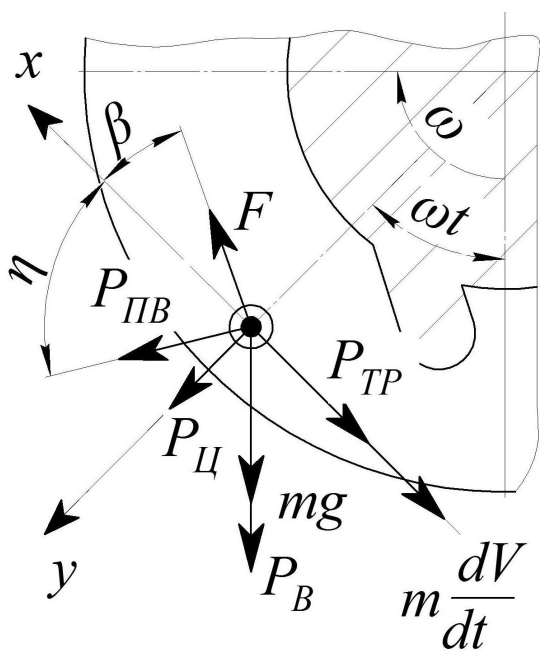
МВЦБ 00.000 Т4			
Операційна карта			
Лист	Листів	№ докум.	Підп.
Розроб.	Пашко	Лепренко	
Проб.	Лепренко		
Інж.	Менч	Вознюк	
Інж.	Вознюк		
Лист	Листів	1	
Формат А1			



						МВЦБ 00.020 СК		
Исполн	№ докум	Лист	Листов			Висвітлюєний апарат		
Виконав	Лист	Листов				Лист	Листов	Листов
Головний							225	21
Мислитель						Лист	Листов	
Мислитель						—		
Мислитель						Лист 4 до АЛ-23*13		
Мислитель						Формат А1		
Мислитель						Копировать		

Аналіз роботи пневмомеханічного висівного апарата

МВЦБ 00.001 НЧ



При виносі насіння з насінної камери на нього діють наступні сили:

F - сила тертя поверхні висівного диска по насінню, що присмокталось;

$P_{ПР}$ - сила присмоктування;

$P_{ПВ}$ - сила підпору насіння ворушилкою;

$P_{ТР}$ - сила тертя прилеглого шару насіння по частинці, що присмокталась;

$P_В$ - сила вертикального тиску вищележачого шару насіння;

mg - сила тяжіння;

$m \frac{dV}{dt}$ - сила інерції.

Схема сил, що діють на насіння при виносі з насінневої камери

Гарантований винос насіння буде забезпечений, якщо виконана умова

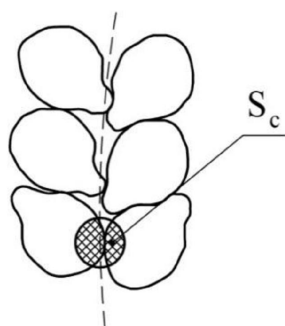
$$\frac{F}{\sum R} = \frac{k_{\phi} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H \cdot f}{\sqrt{(m \frac{dV}{dt} - P_{ПВ} \cdot \cos \eta + m \cdot g \cdot \sin \omega t + P_В \cdot \sin \omega t)^2 + (m \cdot g \cdot \cos \omega t - P_{ПВ} \cdot \sin(90 - \eta) + P_В \cdot \cos \omega t)^2}} \geq 1. \quad (1)$$

$$F = P_{ПР} \cdot f = k_{\phi} \cdot S_c \cdot H \cdot f \quad (2)$$

k_{ϕ} - коефіцієнт просочування повітря, $k_{\phi} = 0,9 \dots 1,5$;

S_c - площа перекриття дозуючого елемента насінням, m^2 ;

H - розрідження в вакуумній камері, Па.



$$\text{Оскільки } S_c \neq \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

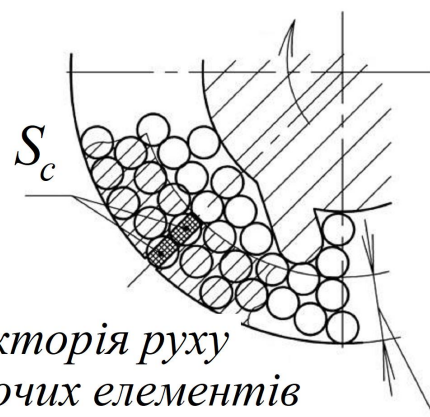
для серійного висівного апарату співвідношення сил (1) лежить в діапазоні від 0,65 до 1,35, що призводить до нестабільної роботи.

Можливе розташування насіння відносно дозуючого елемента

МВЦБ 00.001 НЧ									
Аналіз роботи пневмомеханічного висівного апарата					Лист	Розра	Розра	Розра	Розра
-					Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
-					ЦНТУ				
-					гр. АІ-23/13				
-					Формат А1				

Результати теоретичних досліджень пневмомеханічного висівного апарата

Для усунення явища пропусків при винесенні насіння з загальної маси пропонується виготовляти дозуючі елементи у вигляді радіальних прорізів, що дозволить забезпечити гарантоване потрапляння хоча б одного насіння на траєкторію руху дозуючого елемента.



Траєкторія руху дозуючих елементів

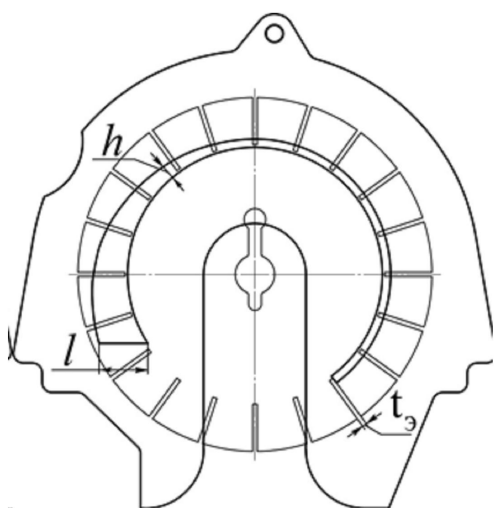
Схема розташування насіння
біля дозуючого елемента
запропонованого висівного диска

Ширина радіально розташованих отворів визначається, виходячи з виразу

$$t_{\text{c}} = (0,5 \dots 0,7) \cdot c, \text{ M}, \quad (3)$$

де c - мінімальна товщина насіння, м.

Для усунення двійників (трійників) пропонується ширину прорізів в прокладці вакуумної камери виконати змінною, що має найбільшу ширину l в нижній частині насінневої камери, а потім вона зменшується по ходу обертання висівного диска до закінчення зони початку впливу на посівний матеріал скидача зайвого насіння, приймаючи значення h



$$h = \frac{\sqrt{m^2 \cdot g^2 + P_{II}^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot P_{II} \cdot \cos \alpha t}}{\kappa_\phi \cdot t_\phi \cdot H \cdot f} \quad (4)$$

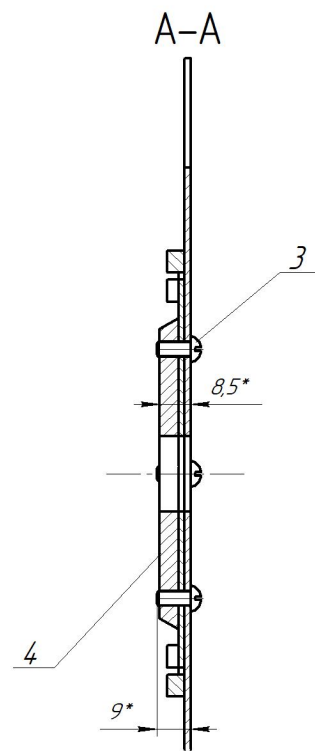
Площа перекриття дозуючого елемента насінням

$$S_c = 4 \cdot \int_0^{t_3/2} \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - x_i^2} dx \quad (5)$$

де b - середня ширина насіння, м.

Запропоновані висівний диск і прокладка вакуумної камери

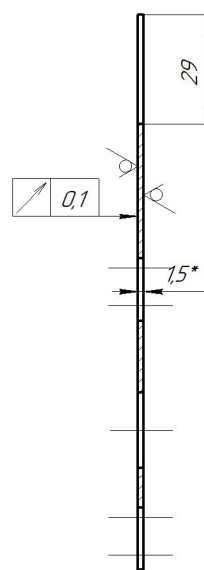
						МВЦБ 00.002 НЧ				
Иван	Александр	Михайлович	Павел	Александр		Результаты теоретических исследований		Лист	Масса	Мощность
Результат	Павел	Александр	Павел	Александр					-	-
Павел	Александр	Павел	Александр	Павел				Лист	Масса	Мощность
Иван	Александр	Михайлович	Павел	Александр		-		ЦНТЧ. гр. АФ-23ИЗ		



					МВЦБ 00.020.003 СК			
Изо	Дист	№ докум	Подп	Дато	Диск в зборі	Лист	Масса	Масштаб
Разраб	Полкай						1,1	1:1
Проб	Петренко							
Технтра								
Нхонтр	Мочок				-	Лист	Листов	1
Стб	Васильковский						ЦНТУ гр. АІ-23М3	
					Копирован	Формат	А3	

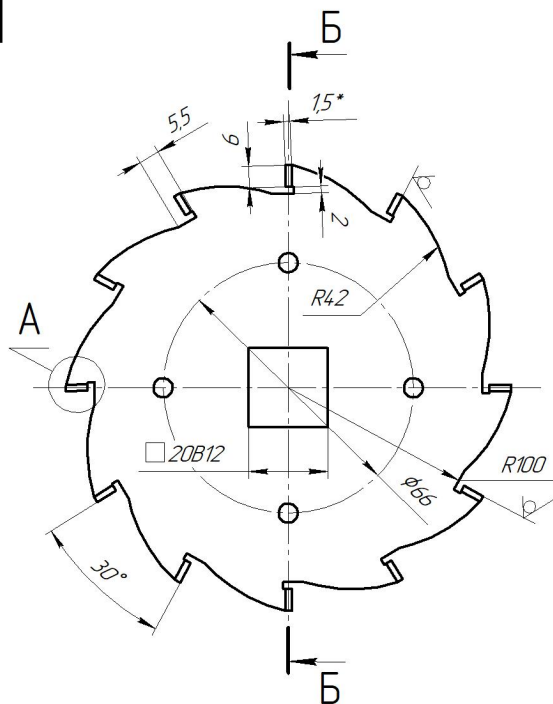


✓ Ra 6,3 (✓)

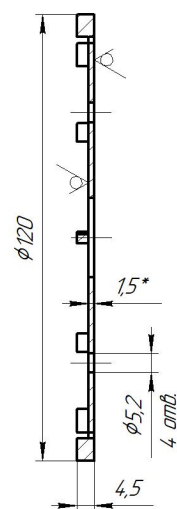
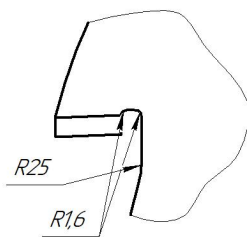


- | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|---|------|------|--------|---------------------|-------------|---------|
| | | | | | | МВЦБ 00.020.003.401 | | |
| Изм | Лист | № докум | Подп | Дато | ДИСК | Лист | Масса | Масштаб |
| Разработ | Пашкай | | | | | | 0,35 | 1:1 |
| Пров | Петренко | | | | | Лист | Листов | 1 |
| Конструктор | | | | | | | | |
| Начерт | Мачок | Б-ПН-0-15 ГОСТ 19904-74
Сталь 12Х13 ГОСТ 5582-76 | | | | ЦНТУ | | |
| Удп | Васильковский | | | | | Лист | зр. А1-23М3 | |
| | | | | | Корпус | Формат А3 | | |

MBL5 00.020.003.402



✓ Ra 6,3 (✓)

 $A(2,5:1)$ 

1. Невказані граничні відхилення розмірів по ІТ $\frac{14}{2}$

2 *Розміри для довідок

Б-Б (2,5:1)



					МВЦБ 00.020.003.4.02		
Изд./Лист	№ докум.	Подп.	Листа		Воружилка		
Разработ.	Пашкай				Лист	Масса	Масштаб
Проб.	Петренко					0,05	1:1
Г.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.	Мачок				ЦНТЧ		
Умб.	Васильковский				ар. АИ-23М3		
					6-ПН-0-15 ГОСТ 19904-74 Ст.22п ГОСТ 380-2005		
					Копировал		
					формат А3		