

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

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

"Удосконалення сівалки точного висіву з обґрунтуванням
параметрів висівного апарата"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____Маленко Владислав Дмитрович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Руслан КІРЧУК

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			СТВ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Документація</u>		
				<u>по складальних одиницях</u>		
A1			СТВ 00.020 СК	Висівний апарат	1	
A3			СТВ 00.020.003 СК	Диск в зборі	1	
				<u>Документація по деталях</u>		
A3			СТВ 00.020.003.401	Диск	1	
A3			СТВ 00.020.006	Прокладка	1	
A3			СТВ 00.020.003.402	Ворушилка	1	
				<u>Документація з</u>		
				<u>наукової частини</u>		
A1			СТВ 00.001 НЧ	Методика експериментального	1	
				дослідження		
A1			СТВ 00.002 НЧ	Результати експериментальних	1	
				досліджень		
A1			СТВ 00.003 НЧ	Результати статистичного	1	
				аналізу		
				СТВ 00.000 ВР		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість роботи	
Розробив	Маленко					
Перевірів	Петренко					
Н. контр.	Мачок					
Затверди	Леценко				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1	

Зміст

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	
2	Наукова частина	
3	Інженерна частина	
4	Охорона праці	
5	Економічна частина	
6	Загальні висновки	
-	Список використаної літератури	
-	Додатки	

1. Вступ

Вітчизняне сільськогосподарське машинобудування наразі перебуває у досить складному стані, який пов'язаний як з непереборними явищами війни (відсутність фінансового ресурсу, а саме оборотних коштів, підвищені ризики довгострокової перспективи розвитку, обмежені ресурси оновлення виробничих потужностей, відсутність гарантованої потужності електроживлення тощо), так і сильним конкурентним середовищем, особливо з боку закордонних виробників сільськогосподарської техніки, які не мають зазначених вище проблем. Саме тому необхідним є впровадження інноваційних конструкторських і технологічних систем виробництва, які дозволять з меншими виробничими затратами отримати більш ефективну, а значить конкурентоздатну конструкцію засобів механізації агропромислового виробництва.

В центральному регіоні України, а саме в Кіровоградській області успішно працюють декілька виробників сільськогосподарської техніки [2-5], основною продукцією яких є ґрунтообробна і посівна техніка. Продукція підприємств користується попитом серед фермерів, але потребує постійного впровадження інноваційних ідей. Найбільша конкуренція спостерігається серед посівних систем, оскільки закордонні виробники пропонують високоточну техніку, яка має широкий модельний ряд, але при цьому порівняно високу ціну. Тому першочерговою задачею є пропозиція високоякісних систем з конкурентною ціною.

Метою даної роботи є удосконалення висівних систем пневмомеханічного типу сівалок точного висіву шляхом розробки і дослідження дозуючих елементів, які б забезпечили високоточне дозування без пересівів і пропусків.

					СТВ 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розробив	Маленко						
Перевірів	Петренко						
Н. контр.	Мачок						
Затверд.	Лещенко				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1		
					Літ.	Аркуш	Аркушів

2. Наукова частина

2.1. Аналіз конструктивних і технологічних особливостей особливостей висівних апаратів сівалок точного висіву

Висівні апарати є одними з найбільш технологічних робочих систем сівалок точного висіву, які забезпечують точність дозування насіння. Технологічний процес роботи дозуючих систем можна розділити на наступні етапи. Відбір визначеної кількості насіння із загальної маси, гарантоване транспортування їх до місця скидання, повне скидання у визначеному місці з формуванням вихідного потоку із заданими параметрами [7, 8, 10, 11].

До висівних апаратів пред'являються наступні вимоги – створення рівномірного та безперервного потоку насіння, забезпечення стійкого висіву насіння в заданих нормах незалежно від характеристики умов роботи сівалочного агрегату (швидкості руху, рельєфу поля, коливань і вібрацій, які виникають при русі полю та ін.), відсутність травмування посівмату. Однією з вимог до сучасних сівалок є забезпечення універсальності, тобто можливості висівати насіння декількох культур, простота конструкції та її надійність, зручність регулювання посівних норм в широкому діапазоні [11].

Наразі широкого застосування набули висівні апарати, які за принципом роботи поділяють на механічного типу, пневматичного та пневмомеханічного, натомість відомі і гідравлічного типу [6, 7, 11, 12].

Гідравлічні системи висіву застосовують при пунктирному та гніздовому висівах насіння овочевих культур, зокрема і пророщеного. Основою роботи таких систем є принцип об'ємного дозування робочої суспензії, яка являє собою рідину з рівномірно розподіленим в ній насінням. Як робочу рідину застосовують воду або спеціальний гель. В якості дозуючої системи використовують, як правило, поршневі насоси або клапанні системи, які здійснюють порційну подачу рідини з насінням по насіннепроводах безпосередньо до ґрунту або борозни (рис. 2.1). Створені висівні системи

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

гідравлічного типу (рис. 2.2) не знайшли широкого застосування, оскільки мають обмежену універсальність та за якістю дозування дещо гірші за пневматичні висівні системи [6].

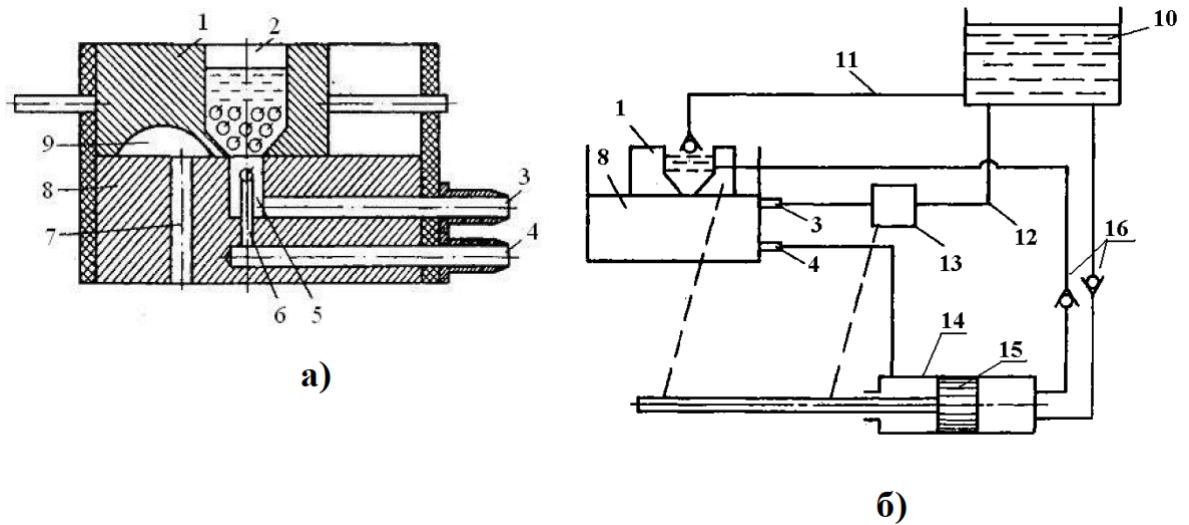


Рис. 2.1 – Пристосування для посіву пророслого насіння (авторське свідоцтво US № 1660602): а – система в розрізі; б – функціональна схема;

1, 8 – корпус; 2 – бункер з робочою суспензією; 3, 4, 5, 9 – канали висівної системи; 6 – трубка; 7 – насінняпровід; 10 – резервуар з робочою рідиною; 11, 12 – трубопроводи; 13 – електроклапан; 14 – циліндр; 15 – поршень; 16 – зворотні клапани.

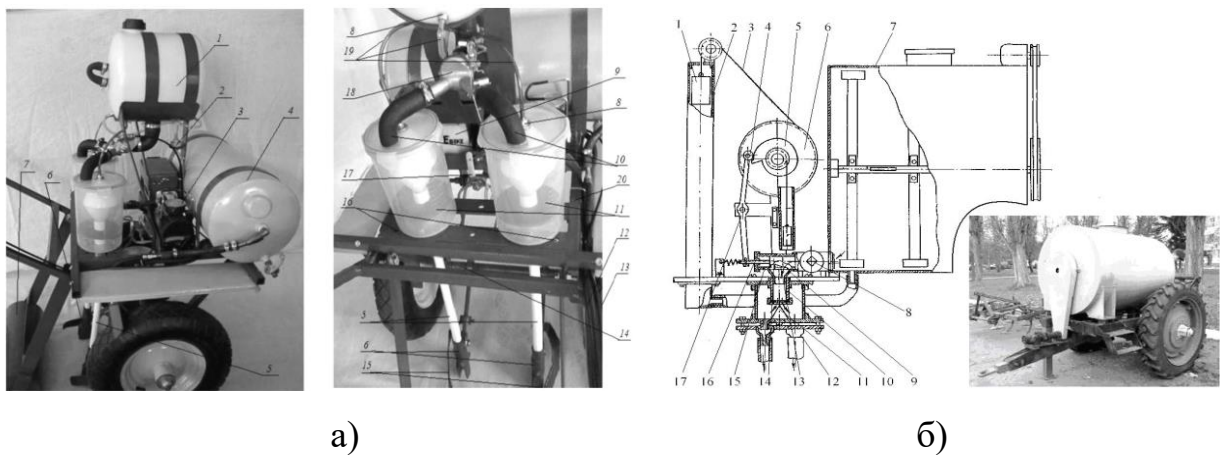


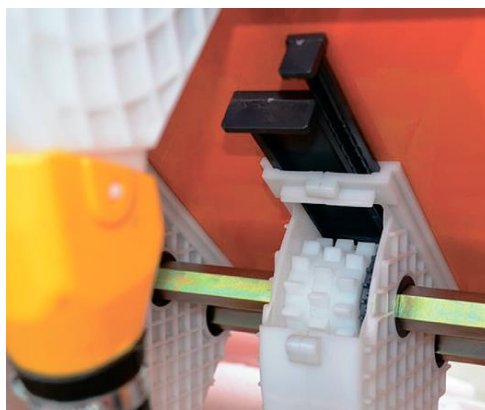
Рис. 2.2 – Гідровисівні системи: а) конструкції НУБіП; б) СГО-4,2 [6]

Механічні висівні системи використовують в основному для висіву зернових культур, хоча деякі типи можна застосувати і для посіву просапних та

овочевих культур. За конструктивним виконанням механічні дозуючі системи (рис. 2.3) виділяють котушкового типу, внутрішньорєбристого, ложкового, мотилькового, втулкового, фрикційного, відцентрового, вібраційного, шнекового та ін. [7, 11-13].



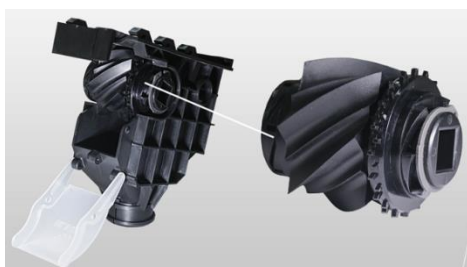
а)



б)



в)



г)



д)



Рис. 2.3 – Механічні системи дозування: а) PrecisionMeter; б) котушкового типу; в) пальчикового типу від Kinze; г) котушкова гвинтова від Elvorti; д) втулкового типу

Перевагами дозуючих систем механічного типу є простота конструкції і її надійність, можливість забезпечити універсальність, стійкість норми висіву, рівномірність потоку насіння. Але при цьому, н-д найбільш популярні висівні

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

системи катушкового типу не забезпечують висів просапних культур, а для роботи високоточних систем необхідним є калібрування і в деяких випадках навіть дражування насіння. Крім того, дані системи мають більшу ймовірність травмування насіння.

У пневматичних висівних систем для дозування використовується повітря (рис. 2.4). В представленій конструкції використовуються дозатори 10, 11 катушкового типу, які забезпечують необхідну норму висіву, а розподільчим елементом є пневматична головка 12, яка забезпечує рівномірний розподіл повітрям посівмату на вісім потоків, який через пневмонасінняпроводи 5 надходить до підлапового простору культиваторних лап. До недоліків таких систем слід віднести складність конструкції, значні габарити, енергоємність. Позитивним є можливість прямого посіву, продуктивність та універсальність.

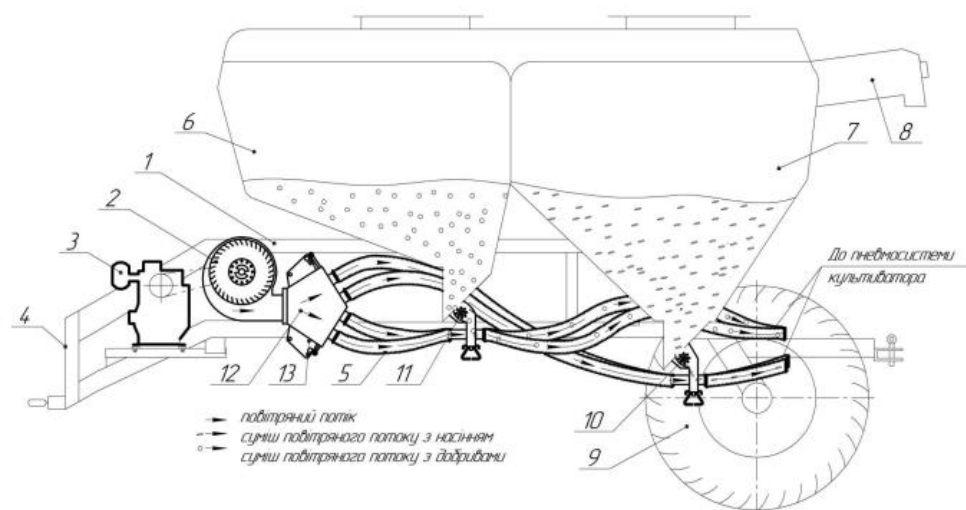


Рис. 2.4 – Функціональна схема пневматичної дозуючої системи комплексу АЛКОР-10 від Elvorti [7]: 1 – рама; 2 – вентилятор; 3 – привод вентилятора; 4 – причіпний пристрій; 5 – пневмонасінняпроводи; 6, 7 – бункери; 8 – завантажувальна система; 9 – колеса; 10 – дозатор насіння; 11 дозатор туків; 12 – розподільна головка; 13 – заслінки.

Найбільш широкого розповсюдження серед дозуючих систем сівалок точного висіву отримали пневмомеханічні висівні системи, які передбачають поєднання дії повітряного потоку з механічними пристроями. При цьому,

пневматична дія служить для відбору насіння з загальної маси та допомагає утримувати під час транспортування до місця скидання, а механічна є дозуючим елементом, який забезпечує однозерновий рух насіння. Пневмомеханічні висівні апарати умовно можна розділити за конструктивним виконанням дозуючого пристрою на барабанні та дискові [7, 11-13].

Технологічний процес роботи пневмомеханічних дозуючих систем прийнято розділяти на наступні операції [11-14]: завантаження насіння із бункера до насінневої камери; захоплення насінини отвором дозуючого елемента; переміщення насінини дозуючим елементом; відокремлення (скидання) насінини від дозуючого елемента; переміщення до насіннепроводу.

Пневмомеханічні апарати барабанного типу (рис. 2.5) в якості дозуючого механізму мають дозуючий барабан 10, до отворів якого насіння присмоктується за рахунок дії повітряного потоку який в місці забору насіння має вакуумний тип, а в місці вивантаження – надлишковий. Як зазначає виробник, дані сівалки можуть працювати на швидкостях до 15 км/год. Не зважаючи на це, сівалка має значні габарити, а тому не знайшла широкої популярності [10].

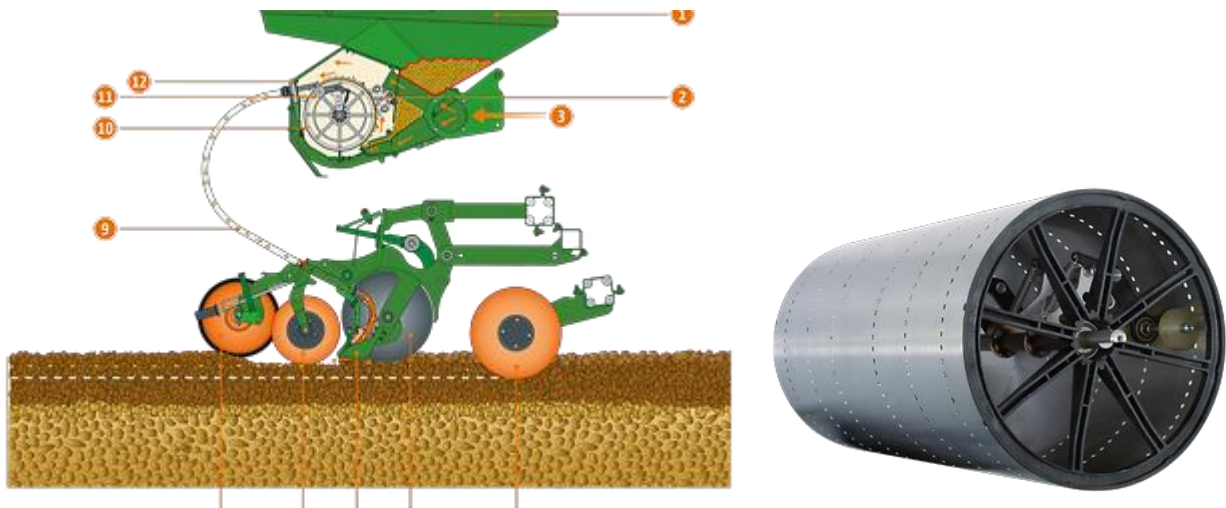


Рис. 2.5 – Функціональна схема та загальний вигляд дозуючого барабана сівалки EDX від AMAZONE [9]:

1 – бункер насіннєвий; 2 – скидачі; 3 – подача повітря; 4 – туковий сошник; 5 – сошник для насіння; 6 – борозноутворювач; 7, 8 – котки; 9 – насінняпровід; 10 – дозуючий барабан; 11 – відсікач вакууму; 12 – оптичний датчик

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

Найбільшого поширення отримали пневмомеханічні системи вакуумного типу, що містять дозуючий диск з вертикальною віссю обертання (рис. 2.6) [11]. Дані системи використовують вакуум, який через отвори диска 5 присмоктує насіння в забірній камері 3, яке транспортується до зони скидання, де дія вакууму припиняється.

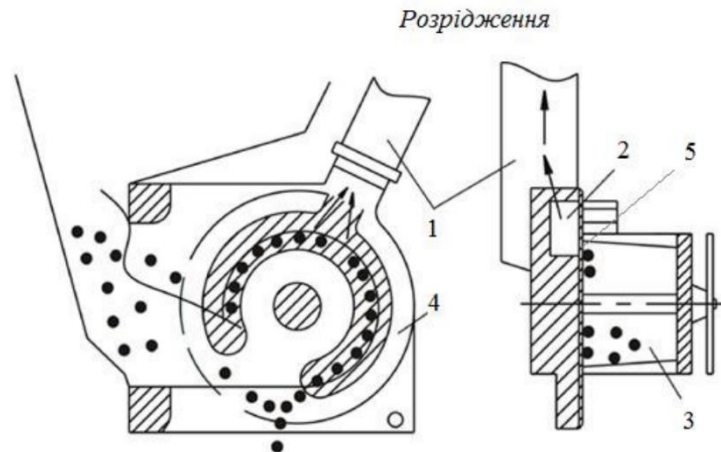


Рис. 2.6 – Схема робочого процесу пневмомеханічної дозуючої системи вакуумного типу: 1 – вакуумпровід; 2 – вакуумна камера; 3 – камера насіннєва; 4 – кришка; 5 – дозуючий диск.

Однією з найважливіших операцій, які відбуваються в процесі дозування, це забір насінин із загальної маси, що передбачає захоплення окремої насінини отвором дозуючого диска. У відповідності до результатів досліджень [12], одним з чинників, який має суттєвий вплив на процес захоплення насінини є форма отворів. Так, Амосов В.В. [14] проводив порівняльні дослідження впливу отворів дозуючого диска різноманітної конфігурації (циліндричної, конічної і тороїдальної) (рис. 2.7) на якість заповнення їх насінням.

На думку дослідника, тороїдальна конфігурація отвору є найбільш оптимальною, оскільки при цьому він має заокруглені кромки, що сприяє кращому заповненню отворів та більш надійному утриманню насінин в ньому. Але така форма має і недолік, пов'язаний з технологічною складністю виготовлення даних отворів.

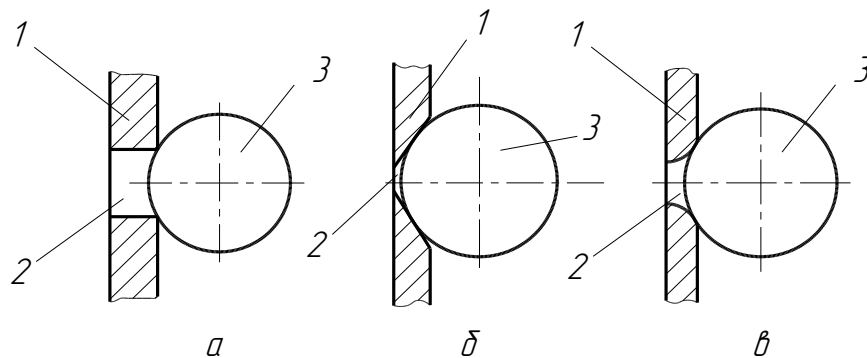


Рис. 2.7 – Досліджувані конфігурації отворів дозуючого диска:

а – циліндрична; б – конічна; в – тороїдальна;

1 – дозуючий диск; 2 – робочий отвір; 3 – насінина

Одним з технічних рішень, яке спрямовано на покращення умов заповнення дозуючих отворів диска насінням, є використання додаткового диска, який має відповідні напівотвори визначеної конфігурації, що сприяє спрямуванню насінин до отворів та покращує утримання в них (рис. 2.8), створюючи додатковий підпір [15, 16].

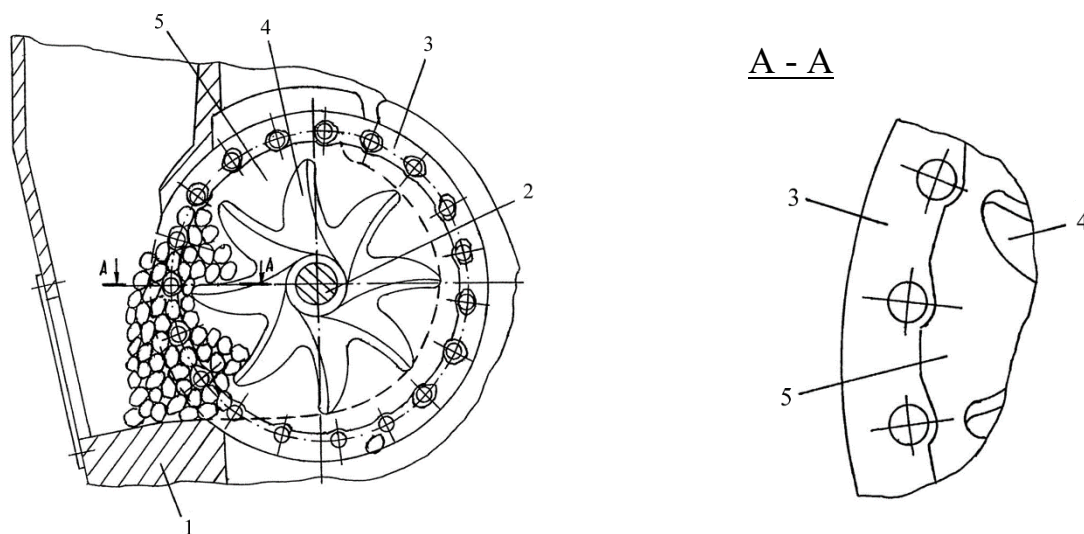


Рис. 2.8 – Висівний апарат, оснащений додатковим диском

1 – корпус апарата; 2 – приводний вал; 3 – дозуючий диск; 4 – ворушилка;

5 – додатковий диск

За результатами проведених досліджень [15] підтверджено, що запропонована конструкція висівного апарата сприяє підвищенню

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

продуктивності сівалочного агрегату на 20 – 25% за рахунок гарантованого захоплення насінин в забірній камері.

Наступним важливим елементом роботи пневмомеханічних систем дозування є усунення подвійних висівів, що призводить до пересівів та вимагає подальших операцій з розрідження посівів. Подвійні висіви відбуваються за рахунок одночасного присмоктування і виносу з забірної камери декількох насінин, особливо це спостерігається при дозуванні насіння, конфігурація якого має значні відмінності від круглої форми (наприклад насіння буряків), або при висіві некаліброваного насіння.

Загальноприйнятими методиками, які використовуються для усунення «зайвої» насінини, передбачається зміщення насінини відносно центра дозуючого отвору у радіальному напрямку до центра обертання диска. За рахунок цього відбувається наближення до центра отвору «необхідної» насінини, а зайва (зайві) будуть віддалятися, що збільшить силу присмоктування для потрібної, та зменшить для інших, внаслідок чого вони відірвуться від отвору.

Для реалізації зазначеного принципу усунення двійників розроблено ряд механічних (вильчастих, пластинчастих, роликівих, щіткових, фрикційних, східчастих тощо) (рис. 2.9, а-д), вібраційних (рис. 2.9, е) та пневматичних (рис. 2.9, є) (за рахунок дії направлених струменів стиснутого повітря) відбивачів [11-13].

Попутною вимогою, яка висувається до скидачів, окрім основної видалення зайвих насінин, є відсутність травмування насіння елементами конструкції.

Як відзначають дослідники [11-16], при наявності в пневмосистемі дозуючого апарату незакритих отворів дозуючого диска спостерігається явище перерозподілу повітряного потоку (розрідження), що негативно впливає на роботу пневмомеханічної дозуючої системи. Особливо це явище є негативним в початковий момент роботи висівного апарата. З метою усунення вказаної вади

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

та мінімізації впливу незаповнених отворів на роботу пневмосистеми необхідно використовувати системи стабілізації розрідження у вакуумкамері.

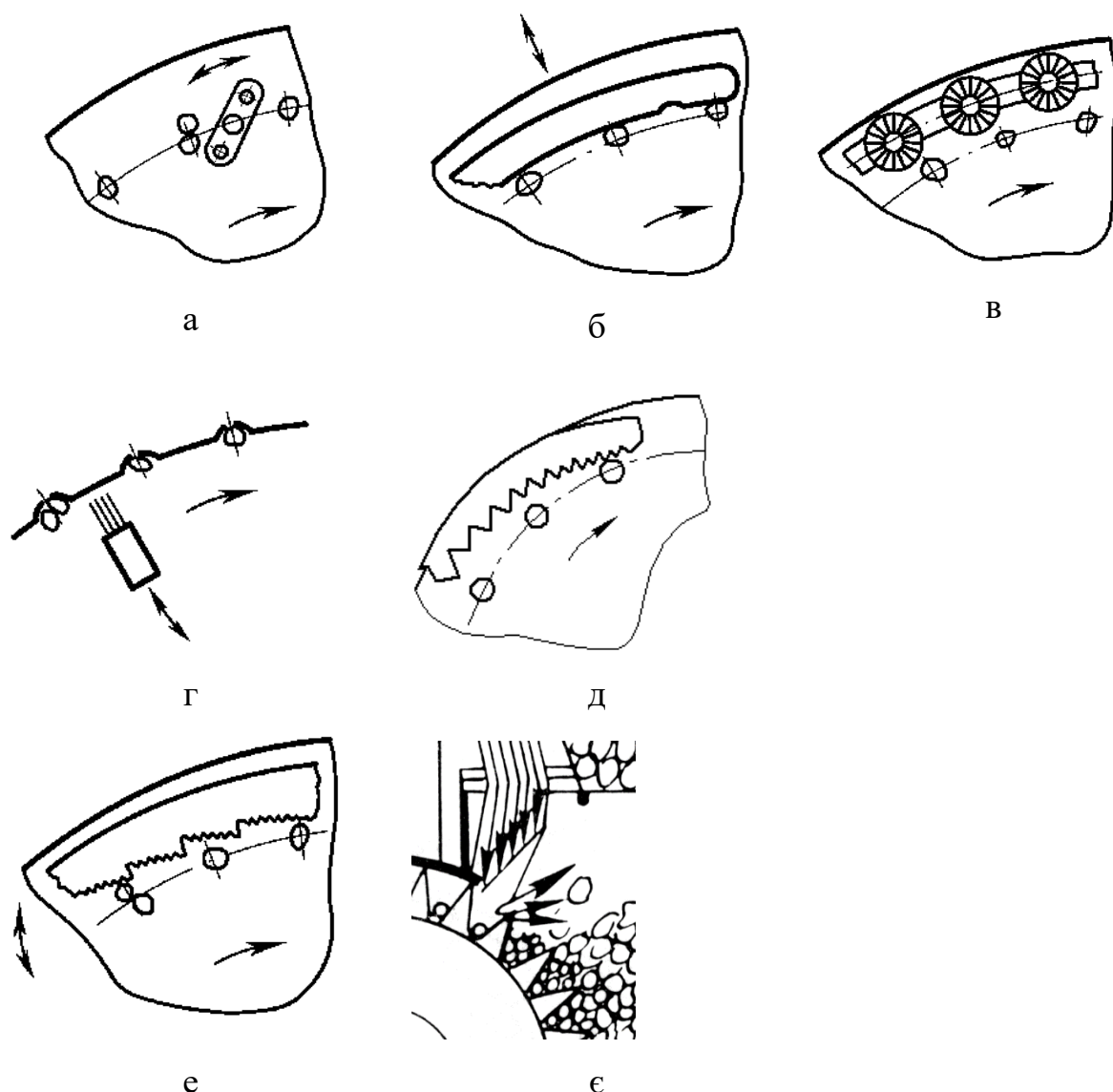


Рис. 2.9 – Схеми відбивачів, які використовуються для усунення зайвого насіння: а – механічний вильчастого типу; б – пластинчастого типу; в – пластинчасто-роликового типу; г – щіткового типу; д – зубчастого (секторного) типу; е – пластинчастий вібраційний; є – пневматичного типу

Аналізуючи аеродинаміку пневмосистеми сівалки з пневмомеханічним апаратом можна прийти до висновку, що на величину вакууму у пневмосистемі має вплив міделевий переріз вакуумкамери, змінюючи який можливо виконати стабілізацію розрідження у висівному апараті. Для цієї мети було запропоновано [11] використовувати регулятор розрідження автоматичного типу (рис. 2.10).

Застосування автоматичного стабілізатора розрідження дозволяє компенсувати втрачений через незаповнені отвори вакуум. Проте, даний стабілізатор має і недолік, пов'язаний з коливанням точки відсікання вакууму в місці скидання насіння, що призводить до погіршення рівномірності розподілу насіння вздовж рядка.

Іншим технічним рішенням, що сприяє стабілізації розрідження у вакуумкамері, є використання клапана, розміщеного у стінці вакуумкамери і сполученого з атмосферою таким чином, що вдається виконувати регулювання розрідження у камері (рис. 2.11) [12].

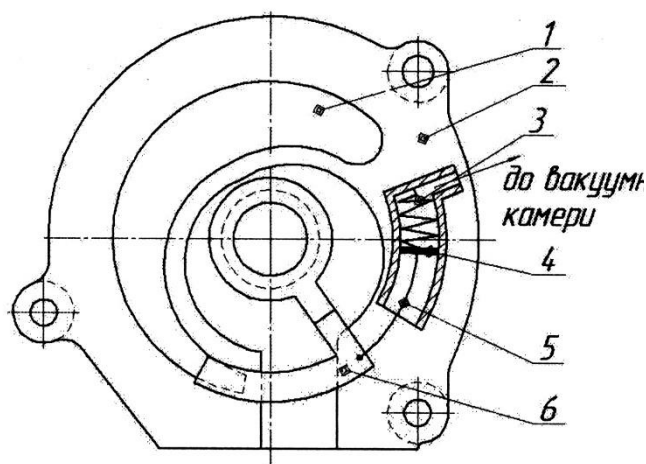


Рис. 2.10 – Регулятор розрідження автоматичного типу:

1 – вакуумкамера; 2 – кришка;
3 – пружина; 4 – пневмоциліндр;
5 – шток; 6 – з'єднання з атмосферою

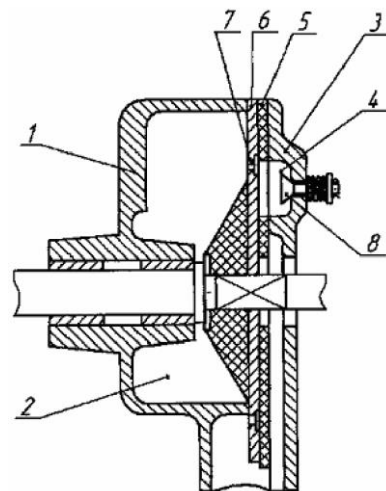


Рис. 2.11 – Клапанний регулятор розрідження:

1 – корпус апарата; 2 –
забірна камера; 3 – кришка; 4 –
вакуумкамера; 5 –
накладка; 6 – дозуючий диск;
7 – отвори; 8 – клапан

Серед недоліків такого рішення виділяють наступні. При значному зростанні величини розрідження у камері при невчасному спрацюванні клапану відбувається присмоктування декількох насінин до одного дозуючого отвору, що негативно впливає на пересіви.

Таким чином, можемо зробити проміжний висновок стосовно впливу конструктивно-технологічних параметрів висівних апаратів пневмомеханічного типу та їх елементів на якість дозування насіння – основним фактором впливу на точність висіву насіння по довжині рядка є якість заповнення насінинами отворів дозуючого диска. Існуючі технічні рішення не здатні в повній мірі вирішити проблему пропусків і двійників, а тому існує потреба розробки нових технічних елементів з їх дослідженням для вирішення зазначеної проблеми.

2.2. Обґрунтування технічного рішення

Розглянемо модель процесу захоплення насінин в забірній камері, враховуючи дію насіннєвої маси. Винесення насінини з забірної камери відбувається внаслідок дії сили тертя $\overline{F}$ (рис. 2.12) об поверхню дозуючого диска, яка виникає внаслідок присмоктування до отвору. Крім того, винесенню сприяє і сила підпору $\overline{P_{пв}}$, що виникає внаслідок дії ворушилки. Опір виносу характеризують сила тертя $\overline{P_{тр}}$, що виникає внаслідок дії на насінину прилеглого шару насіння, сила $\overline{P_B}$ вертикального тиску, яка виникає від шару, який розміщений над насіниною, сила ваги $\overline{mg}$ і інерційна сила $\overline{m \frac{dV}{dt}}$, яка виникає внаслідок обертання отвору навколо осі.

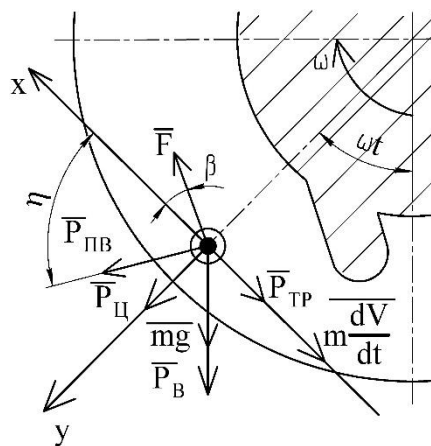


Рис. 2.12 – Модель взаємодії сил, які діють на насіння при його виносі з забірної камери

Логічним є припущення, що для гарантованого виносу насіння з забірної камери необхідною умовою є

$$\frac{F}{\sum P} \geq 1,$$

де F – сила, яка сприяє винесенню насінини, Н;

$\sum P$ – рівнодіюча сила, що характеризує сили опору винесенню, Н.

За результатами проведених досліджень [10-16] встановлено, що зазначене співвідношення для серійних висівних апаратів, наприклад при дозуванні насіння буряків, знаходить в широких межах 0,62 – 1,34, що свідчить про відсутність стабільності процесу виносу насіння з забірної камери. Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що насіння практично не має правильної форми, а тому не повністю перекриває отвір, внаслідок чого відбувається перерозподіл розрідження і насіння не здатне присмоктатися до отвору.

Одним з технічних рішень, спрямованих на вирішення даної проблеми є дозуючі диски з радіально розміщеними отворами (рис. 2.13) [11]. Конфігурація отворів такого диска сприяє поліпшенню умов надходження насінини до отвору за рахунок попередньої його орієнтації. Проте, недоліком такого технічного рішення є ускладнений процес скидання насіння нижній точці та збільшене травмування при взаємодії із скидачем зайвого насіння.



Рис. 2.13 – Загальний вигляд дозуючого диска з радіальними пазами

З метою усунення вказаних недоліків нами запропоновано виготовити дозуючі отвори у вигляді радіальних прорізів без заглиблень, при цьому

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

забезпечити можливість захоплення насінин в забірній камері всією площею живого перерізу отвору, з подальшим зменшенням площі (рис. 2.14). Це дозволить захопити хоча б одну насініну, що перебуватиме на траєкторії руху отвору в забірній камері, натомість при подальшому переміщенні зайві насінини будуть відпадати. Реалізувати зміну живого перерізу такого отвору пропонується за рахунок оригінальної конструкції прокладки вакуумкамери, яка в зоні забору насіння матиме найбільший розмір щілини, який зменшується до зони дії скидача до розміру, необхідного для утримання однієї насінини.

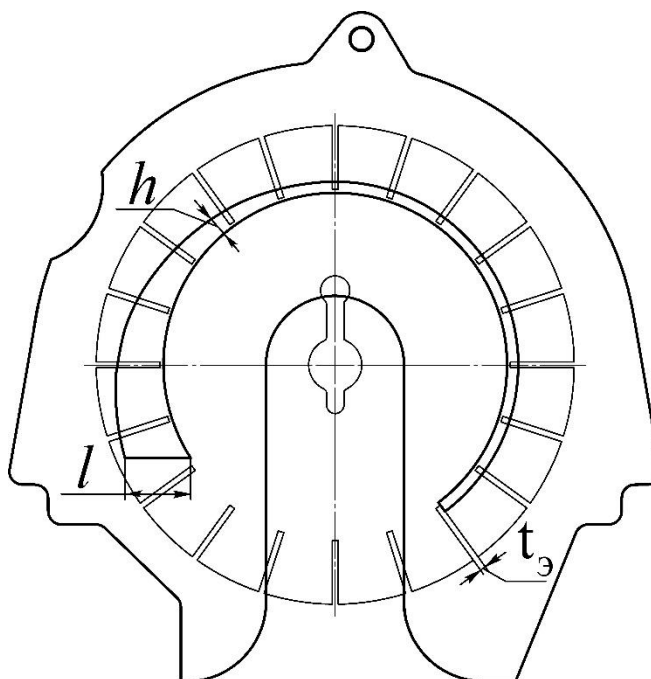


Рис. 2.14 – Запропонована конструкція дозуючої системи: l – максимальна ширина дії вакууму в зоні забірної камери; h – ширина дії вакууму в зоні дії скидача зайвого насіння; t – ширина дії вакууму, необхідна для утримання однієї насінини

2.3. Дослідження роботи запропонованої конструкції

В якості об'єкта для дослідження визначено процес дозування насіння просапних культур запропонованим висівним апаратом пневмомеханічного типу з оригінальними дозуючими дисками. Відповідно, у якості предмета досліджень виступають параметри висівного апарата пневмомеханічного типу з

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

оригінальними дозуючими дисками.

Задачі, які необхідно реалізувати при дослідженнях – обґрунтування раціональних параметрів та режимів роботи запропонованого висівного апарата пневмомеханічного типу з оригінальними дозуючими дисками. Для реалізації зазначених задач було запропоновано виконати експериментальні дослідження.

Програма і методика дослідження.

У відповідності до мети досліджень було змонтовано експериментальний стенд на базі лабораторної установки «Липка стрічка» (рис. 2.15). Експериментальний стенд передбачає використання липкої стрічки для імітації переміщення по полю, висівного апарата УПС-8 серійного типу, силового агрегату, що складається з електродвигуна, та випрямляча струму ВСА-111к (рис. 2.16) та приводу, контроль частоти обертів здійснюється тахометром типу ИО-30, в якості вакуумної станції використано стаціонарний пилосмок «VCC4140V38», для контролю розрідження застосовується манометр.

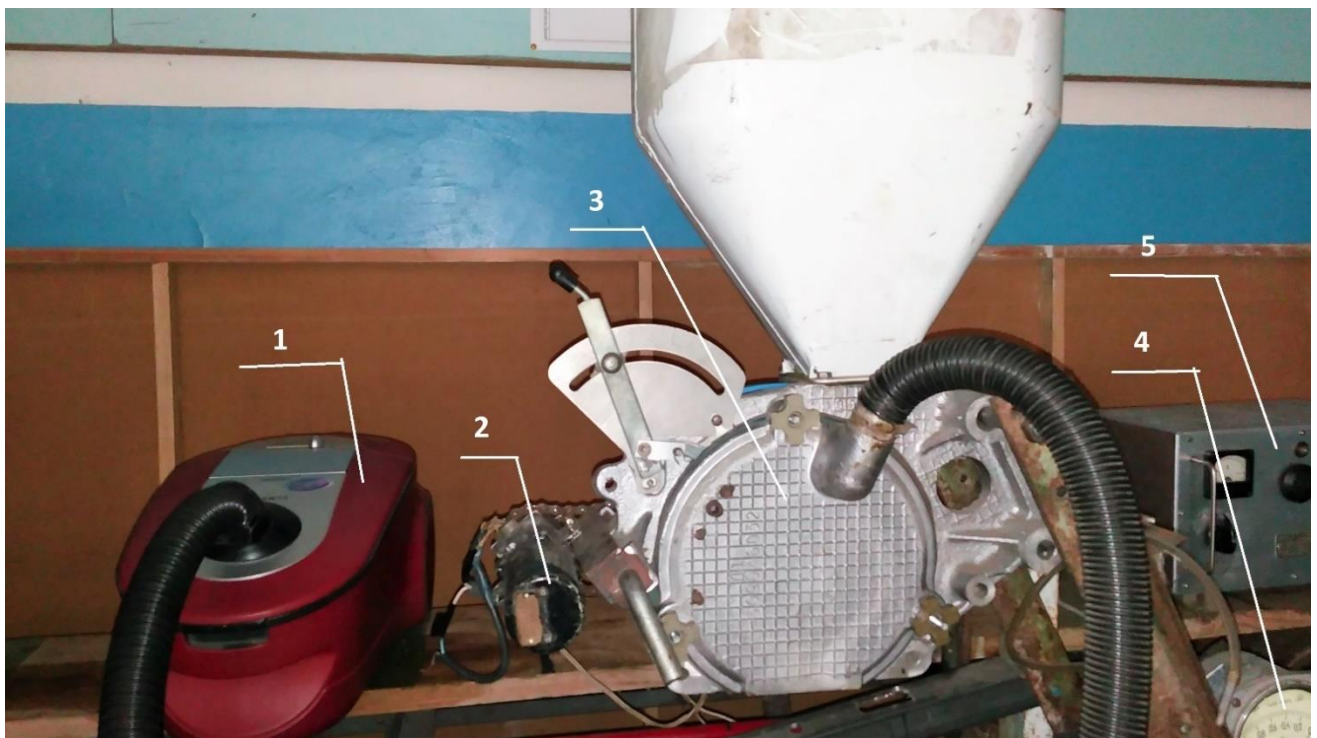


Рис. 2.15 – Експериментальний стенд для дослідження роботи висівного апарата: 1 – вакуумна станція; 2 – електродвигун; 3 – дослідна висівна система; 4 – вакуумметр; 5 – випрямляч струму ВСА-111К.



Рис. 2.16 – Випрямляч струму ВСА-111к та тахометр типу ІО-30

В якості дозуючого елемента було виготовлено ряд дисків з радіально розташованими отворами щілинного типу (рис. 2.17).



Рис. 2.17 – Диск з радіально розташованими отворами щілинного типу

З метою забезпечення максимально можливого захоплення насінин в забірній камері та полегшення роботи скидача зайвого насіння було виготовлено оригінальну прокладку вакуумкамери (рис. 2.18) зі змінною геометрією по ходу переміщення дозуючих отворів від місця забору до місця скидання. Запропонована прокладка має найбільшу ширину щілини в місці забору насіннєвої камери, а потім відбувається поступове її зменшення по ходу обертання дозуючого диска до закінчення місця дії на присмоктане насіння скидача зайвого насіння. Надалі ширина щілини залишається постійною і, виходячи з параметрів посівмату, становить 5 мм.

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



Рис. 2.18 – Оригінальна прокладка вакуумкамери

Для експериментального дослідження запропоновано використати методику проведення повнофакторного експерименту [17, 18].

Відповідно до літературного аналізу і попередніх досліджень було встановлено три чинники, які мають найвагоміший вплив на процес дозування запропонованим апаратом – частота обертання дозуючого диска (лінійна швидкість переміщення насіння), розрідження, яке створюється у вакуумкамері та ширина щілин диска (еквівалентно діаметру отворів диска).

Програмою досліджень було передбачено встановлення наступних значень впливових чинників:

1. Частота обертання дозуючого диска приймалась такою, за якої спостерігалось рівномірне присмоктування насіння з повним заповненням всіх комірок. При цьому за допомогою силового агрегата (рис. 2.15) відбувалось покрокова зміна частоти обертання диска.

2. Аналогічно встановлювали межі варіювання і розрідження у вакуумкамері – мінімальне значення повинно було відповідати повному заповненню комірок диска при мінімальних значеннях обертів диска, а максимальне – при максимальних. Регулювання вакууму здійснювали за допомогою дроселя вакуумної установки.

3. Ширина щілини (комірки) дозуючого диска відповідала параметрам насіння (в нашому випадку насіння цукрових буряків не дражоване),

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

максимальне значення відповідало мінімальному значенню насіння з коефіцієнтом 0,8.

У відповідності до методологічних рекомендацій [17] при проведенні повнофакторних експериментів було проведено кодування факторів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Умови проведення дослідження та межі варіювання чинників впливу

Чинник впливу	Натуральне позначення	Кодове значення	Інтервал варіювання	межі варіювання					
				натуральні			кодовані		
				верхній	нульовий	нижній	верхній	нульовий	нижній
Швидкість переміщення насіння, м/с	<i>V</i>	x_1	0,06	0,38	0,32	0,26	+1	0	-1
Розрідження у вакуумкамері, кПа	<i>P</i>	x_2	0,9	2,4	1,5	0,6	+1	0	-1
Ширина щілини (комірки), мм	<i>B</i>	x_3	0,3	2,2	1,9	1,6	+1	0	-1

Програмою досліджень передбачався висів насіння на липку стрічку впродовж 10 обертів диска з подальшим підрахунком кількості висіяного насіння та контролем двійників і пропусків. В якості критерія оптимізації виконання дозування обрано загальноприйнятий [14-16] якісний параметр – коефіцієнт рівномірності Ψ , значення якого встановлювали згідно залежності:

$$Y = \Psi = \frac{N_d}{N_n} \cdot 100\%$$

де N_d – кількість насіння, що висіялось в досліді; N_n – нормативна кількість насіння, що повинна була висіятись за 10 обертів диска.

Для досліджень було сформовано план-матрицю трифакторного експерименту (ПФЕ 2^3), який передбачав виконання восьми дослідів ($n=2^3=8$), кожний з яких мав трикратну повторність.

Результати проведення факторного експерименту

Умови проведення досліджень передбачали і візуальний контроль процесу висіву з фото- і відеофіксацією (рис. 2.19), що надавало можливості корегування параметрів скидача зайвого насіння та аналізу роботи дозуючої системи.



Рис. 2.19 – Фотоконтроль процесу дозування

У відповідності до робочої план-матриці у рандомізованому порядку були проведені серії досліджень, за результатами яких було розраховано значення коефіцієнту рівномірності (табл. 2.2):

$$\Psi^1 = \frac{204}{300} \cdot 100 = 68 \%$$

$$\Psi^2 = \frac{320}{300} \cdot 100 = 106 \%$$

$$\Psi^3 = \frac{348}{300} \cdot 100 = 116\%$$

$$\Psi^4 = \frac{252}{300} \cdot 100 = 84 \%$$

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

$$\Psi^5 = \frac{223}{300} \cdot 100 = 74\%$$

$$\Psi^6 = \frac{242}{300} \cdot 100 = 81\%$$

$$\Psi^7 = \frac{192}{300} \cdot 100 = 64 \%$$

$$\Psi^8 = \frac{277}{300} \cdot 100 = 92 \%$$

Табл. 2.2 – Результати досліджень

№ досліду	Точка плану	Значення кодових факторів			Середньо-арифметичне значення $\bar{Y}_u$, %
		x_1	x_2	x_3	
1	6	-1	-1	+1	81
2	3	-1	+1	+1	116
3	7	+1	-1	-1	64
4	2	-1	+1	-1	106
5	4	+1	+1	-1	84
6	5	-1	-1	-1	74
7	1	+1	-1	+1	68
8	8	+1	+1	+1	92

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводимо за стандартними методиками (додаток А), за результатами яких приходимо до висновку, що досліди повторювані, а отримане рівняння регресії адекватно характеризує реальний процес:

$$Y = 85,6 - 8.6 \cdot x_1 + 13.87 \cdot x_2 + 3.6 \cdot x_3 - 2.87 \cdot x_1 x_2 - 0.63 \cdot x_1 x_3 + 0.87 \cdot x_2 x_3 + 0.13 \cdot x_1 x_2 x_3$$

Для зручності аналізу отриманих результатів побудовано 3-мірні графіки у вигляді поверхонь відгуку та ліній рівного виходу (2.20).

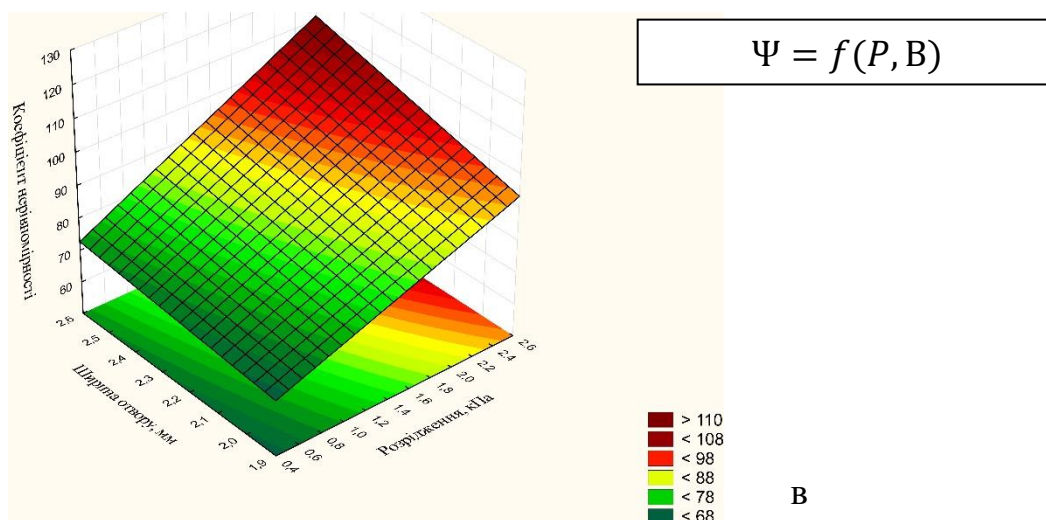
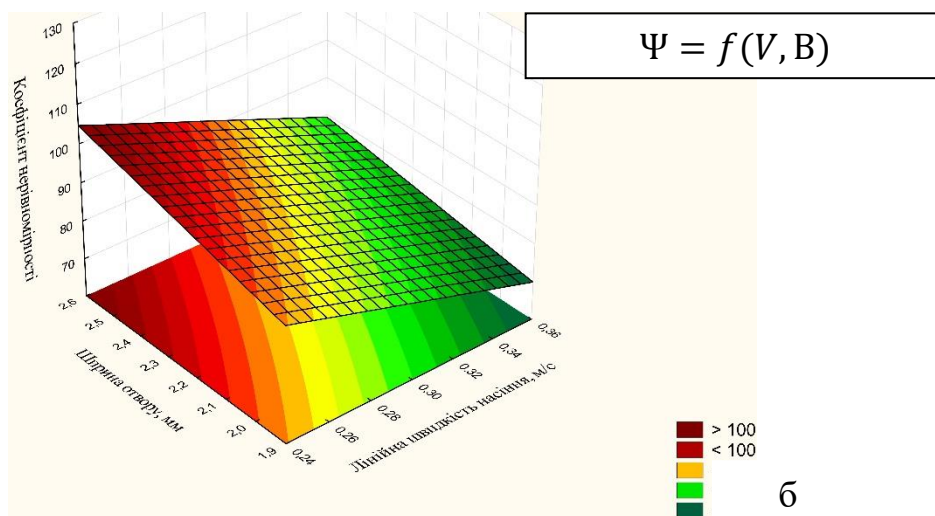
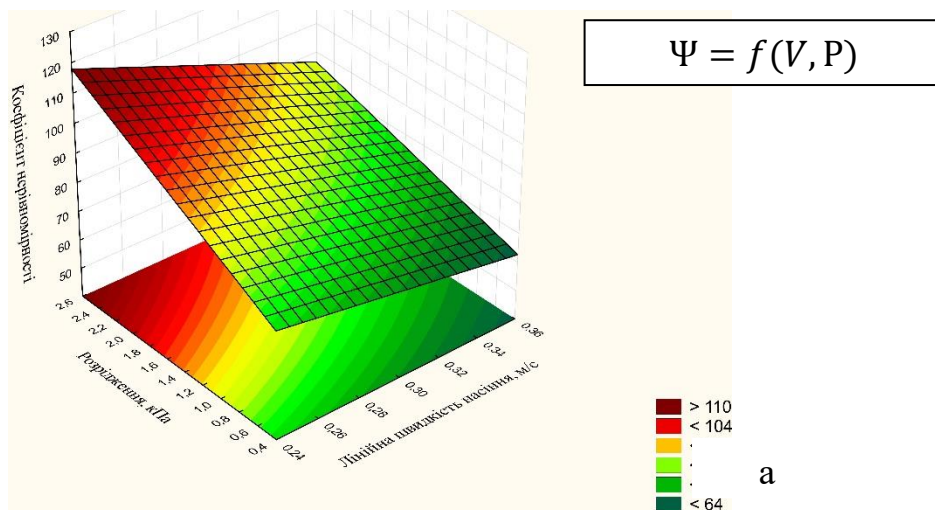


Рис. 2.20 – Графічні залежності критерію оптимізації від чинників:

а – вплив частоти обертання диску та величини розрідження;

б – вплив частоти обертання диску та ширини щілини;

в – вплив величини розрідження та ширини щілини

Аналізуючи результати досліджень спостерігаємо, що збільшення частоти обертання диску з одночасним зменшенням величини розрідження у вакуумкамері призводить до появи великої кількості пропусків. Це пояснюється тим, що за більшої частоти обертання дозуючого диска відбувається зростання відцентрової сили, яка намагається змістити насіння в сторону від комірки. При цьому, сила присмоктування, яка виникає від дії вакууму, не в змозі якісно утримати насіння в отворах. Занадто велике розрідження у вакуумкамері буде призводити до надлишкового (подвійного чи потрійного) присмоктування насінин до щілини диска, що буде викликати пересіви (коефіцієнт рівномірності більше 100%). Ширина щілин (отворів) дозуючого диска має найменший вплив на якість дозування (рис. 2.21), проте при її надмірному зменшенні будуть відбуватися пропуски сівби внаслідок зменшення площі «живого» перерізу отвору. Аналіз Парето-карти (рис. 2.21) та рівняння регресії показує, що найбільший вплив на якість дозування запропонованим висівним диском здійснює зміна величини розрідження вакуумкамери, дещо менший – частота обертання дозуючого диска.

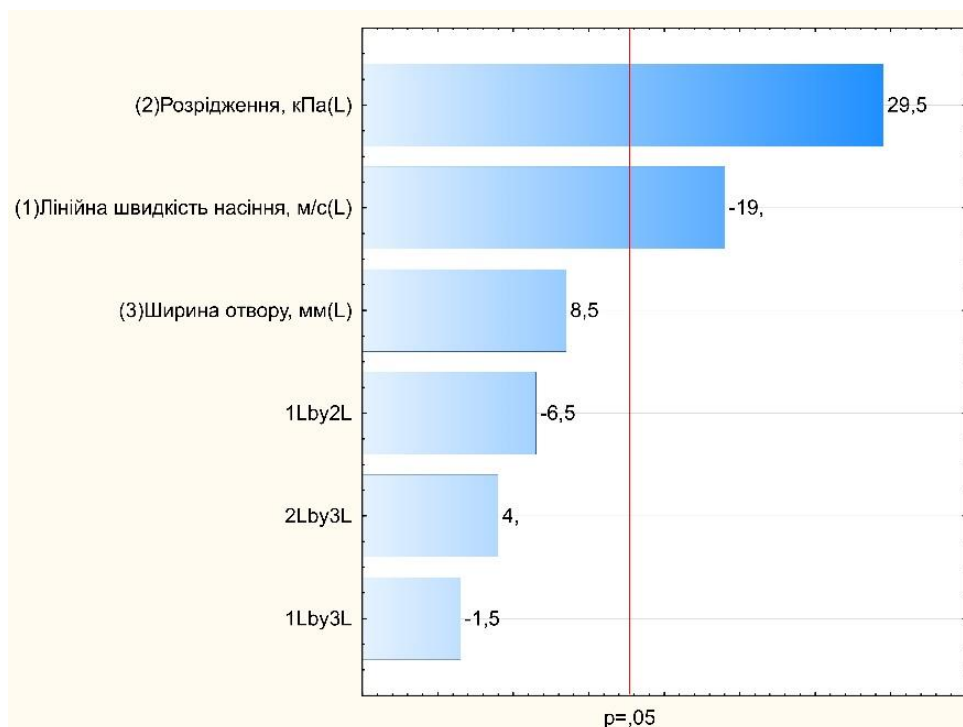


Рис. 2.21 – Ступінь впливу чинників на коефіцієнт рівномірності
(стандартизована Парето карта)

Найбільш раціонального значення в межах 95-98 % якості дозування насіння запропонованим висівним апаратом можливо досягти за наступних значень чинників:

$$x_1 - V = 0,32 \dots 0,34 \text{ м/с}$$

$$x_2 - P = 1,1 \dots 1,5 \text{ кПа}$$

$$x_3 - B = 2,2 \text{ мм}$$

Висновки по розділу

В розділі було проведено огляд з аналізом перспективних напрямків розвитку висівних систем, які застосовуються для точного посіву насіння просапних культур. Зважаючи на патентну інформацію, результати наукових досліджень, досвід використання сівалок нами було запропоновано модернізувати конструкцію висівної системи пневмомеханічного типу, що дозволить без зміни загальної конструкції підвищити якість дозування.

Для підтвердження висунутої гіпотези було виконано дослідження запропонованого технічного рішення, яке передбачало планування і реалізацію повнофакторного експерименту з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів. Проведені експериментальні дослідження модернізованого висівного апарата на лабораторній установці продемонстрували, що запропонований дозуючий елемент дозволяє підвищити якість дозування при менших витратах енергії на створення розрідження, при цьому є можливість збільшити частоту обертання дозуючого диска, що напряму пов'язана зі швидкістю переміщення агрегату по полю.

За результатами досліджень рекомендовані значення параметрів, які дозволять досягти максимально можливої якості дозування, наступні: частота обертання диску в межах 0,32-0,34 м/с; величина розрідження у вакуумкамері 1,1-1,5 кПа; ширина щілин висівного диска – 2,2 мм для недражованого насіння буряків.

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

3. Інженерна частина

3.1. Технологічні розрахунки висівного апарата

Як зазначено в попередньому розділі, зона дії вакууму на насіння повинна бути змінною – найбільшою в зоні забору насіння з поступовим зменшенням до зони контакту зі скидачем зайвого насіння, де приймає стабільне значення до зони вивантаження. На серійному висівному апараті дані параметри можливо забезпечити формою прокладки вакуумкамери, а саме шириною її прорізі, яка має максимальний розмір l в нижній частині забірної камери (рис. 2.14). Далі по ходу переміщення дозуючих елементів з насінням цей розмір зменшується до значення h :

$$h = \frac{\sqrt{m^2 \cdot g^2 + P_{ц}^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot P_{ц} \cdot \cos \omega t}}{\lambda \cdot t_{\varnothing} \cdot \Omega \cdot f}.$$

де λ – коефіцієнт, що враховує втрати тиску внаслідок просочування повітря, $\lambda = 0,9 \dots 1,5$;

Ω – величина розрідження у вакуумкамері, згідно попередніх досліджень $\Omega = 1,1-1,5$ кПа;

f – коефіцієнт тертя насіння по поверхні диска, $f = 0,3 \dots 0,5$;

$P_{ц}$ – відцентрова сила, Н;

$t_{\varnothing}$ – ширина отвору прокладки в кінці вакуумкамери.

$$t_{\varnothing} = (0,5 \dots 0,7) \cdot c,$$

де c – мінімальне значення товщини насіння, м.

Відзначимо, що після дії скидача зайвого насіння на насініну будуть діяти (рис. 3.1) сила тертя насініни об поверхню дозуючого диска $F_{тр}$, яка утримує насініну в отворі, сила тяжіння mg та відцентрова сила $P_{ц}$, які намагаються відірвати насініну від дозуючої щілини.

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

Відцентрову силу $P_{ц}$ можемо встановити з умови

$$P_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot R,$$

де m – маса насінини, кг;

ω^2 – кутова швидкість диска, c^{-1} ;

R – радіус кола, на якому розміщена насінини, м.

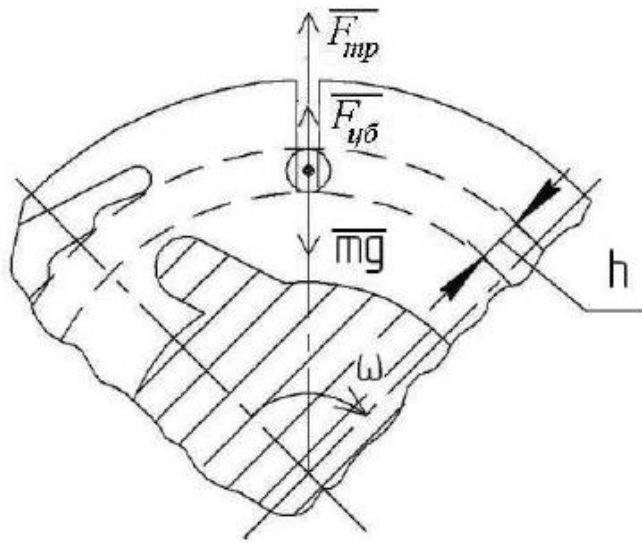


Рис. 3.1 – Схема сил, які діють на насінину після скидача зайвого насіння

В даному діапазоні швидкостей та мас відцентрова сила інерції не бути суттєвого впливу, оскільки мас в декілька меншу розрядність ніж сила тяжіння і сила тертя. Тому для подальших розрахунків нею можемо знехтувати.

Величина сили тертя знаходиться з умови

$$F_{тр} = \lambda \cdot S_n \cdot \Omega \cdot f ,$$

де S_n – площа дозуючого отвору, перекрита насінням, m^2 .

Розрахунки, проведені за вказаними залежностями доводять, що у запропонованій дозуючій системі можливо досягти стійкого значення

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

співвідношення $F/\Sigma R \approx 1,34$, таким чином забезпечується гарантоване присмоктування насінин до дозуючих щілин і їх винос з забірної камери.

3.2. Енергетичні розрахунки пневмосистеми

Визначимо енергетичні показники запропонованої дозуючої системи та порівняємо їх з серійним апаратом.

Для цього встановимо витрати повітря крізь дозуючі щілини запропонованого та отвори серійного диска

$$Q = \frac{g_n \cdot \pi \cdot d_e^2 \cdot z \cdot k_n}{4} \cdot X, \text{ м/с}^3,$$

де g_n – швидкість повітряного потоку, яка виникає в дозуючій комірці, м/с;

d_e – еквівалентний діаметр дозуючої комірки, м;

z – кількість комірок висівного диска, які одночасно знаходяться під впливом вакууму, шт.;

k_n – коефіцієнт присмоктування, $k_n = 0,55 \dots 0,72$;

X – кількість висівних апаратів, що одночасно працюють.

Швидкість повітряного потоку встановимо, використовуючи залежність [13, 20]

$$g_n = \nu \sqrt{\frac{2 \cdot \Omega}{\rho}}, \text{ м/с},$$

де ν – коефіцієнт, що характеризує аеродинамічний опір, $\nu = 0,7 \dots 0,72$;

ρ – щільність повітря, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Запропонована конструкція дозуючих елементів (комірок) відмінна від круглого перерізу, тому визначимо еквівалентний діаметр за залежністю [19, 20]

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

$$d_e = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}, \text{ м,}$$

де a і b – відповідно величина довжини і товщини прямокутного дозуючого отвору, м.

Після підстановки всіх величин, отримаємо витрати повітря крізь дозуючі елементи, які складають:

для серійної дозуючої системи, в якій встановлені диски з діаметром отворів 2,5 мм – $Q = 0,0041 \text{ м}^3/\text{с}$;

для запропонованої системи, диски якої оснащені комірками з шириною щілини 2,2 мм – $Q = 0,0087 \text{ м}^3/\text{с}$.

Потужність, яка витрачається на створення відповідного повітряного потоку становитиме

$$N = Q \cdot \Omega \cdot \tau \cdot X, \text{ Вт,}$$

де τ – коефіцієнт запасу, який регламентує компенсацію неврахованих витрат потужності, $\tau = 2,0$ [20].

Отже, для 8-секційної сівалки необхідні витрати потужності, необхідні для проходження повітря складають

для серійної системи – $N = 31,68 \text{ Вт}$;

для запропонованої системи – $N = 44,2 \text{ Вт}$.

Таким чином, для запропонованої системи дозування маємо додаткові витрати потужності, які складають всього 12,5 Вт, що на порядок менше загальних енергетичних потреб на привід вентилятора сівалки.

Визначимо втрати тиску в пневмосистемі висівної системи, які витрачаються на тертя P_ζ та подолання місцевих опорів P_ξ при русі повітря:

$$P_\xi = P_\zeta + P_\zeta$$

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

Відповідно, втрати тиску на тертя для круглих повітропроводів [22] становлять:

$$P_{\zeta} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot v^2}{2g}$$

де L – довжина трубопроводу, м;

D – діаметр трубопроводу (рис. 3.2);

λ – коефіцієнт, що характеризує опір тертя, який традиційно прийнято визначати за формулою Нікурадзе [20, 22]:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot R_e^{-0,237}$$

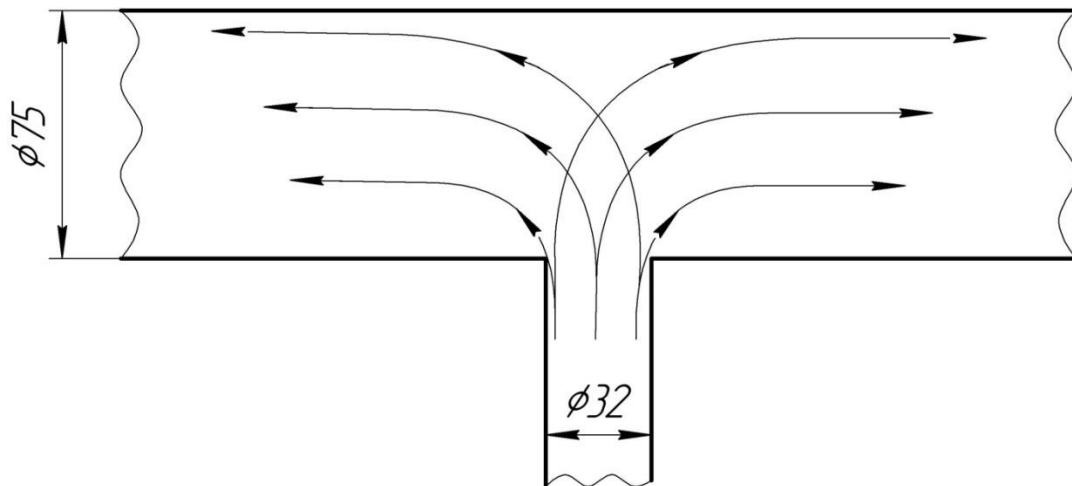


Рис. 3.2 – Схема повітропроводів

де R_e – число Рейнольдса, яке має визначення

$$R_e = \frac{D \cdot v}{\nu}$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості [22];

v – швидкість повітряного потоку в повітропроводі, м/с;

Таким чином, проводимо розрахунки повітропроводів:

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

діаметр 75 мм:

$$R_e = \frac{0,75 \cdot 12,5}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 62,5 \cdot 10^4$$

діаметр 32 мм:

$$R_e = \frac{0,32 \cdot 12,5}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 26,6 \cdot 10^4$$

Витрати тиску на тертя:

ресивер:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (62,5 \cdot 10^4)^{-0,273} = 0,0378$$

$$P_{\zeta 1} = 0,0378 \cdot \frac{2,0}{0,075} \cdot 2 \cdot \frac{1,24 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9,8} = 19,93 \text{ кг/м}^2$$

повітропровід діаметром 75 мм:

$$P_{\zeta 2} = 0,0378 \cdot \frac{0,9}{0,075} \cdot 2 \cdot \frac{1,24 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9,8} = 8,96 \text{ кг/м}^2$$

повітропровід діаметром 32 мм:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (26,6 \cdot 10^4)^{-0,237} = 0,043$$

$$P_{\zeta 3} = 0,043 \cdot \frac{0,7}{0,032} \cdot 8 \cdot \frac{1,24 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9,8} = 74,4 \text{ кг/м}^2.$$

Загальні втрати тиску, що йдуть на тертя у повітропроводах

$$P_{\zeta} = 19,93 + 8,96 + 74,4 = 103,29 \text{ кг/м}^2 = 1032,9 \text{ Па} \approx 1,33 \text{ кПа}.$$

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

Витрати тиску, які йдуть на подолання місцевих опорів

$$P_{\zeta} = \zeta \frac{\gamma \cdot g^2}{2 \cdot g} X$$

де ζ – коефіцієнт, що характеризує місцевий опір.

Найбільш поширені місцеві опори, які виникають при раптовому розширенні або звуженні повітропроводів, а також зміні їх напрямку.

В нашому випадку спостерігається раптове розширення повітропроводів вакуумкамер при переході до труби ресивера (рис. 3.2).

Коефіцієнт місцевого опору становитиме

$$\zeta = \left(1 + \frac{f}{F}\right)^2$$

де f – площа перерізу повітропроводу вакуумкамери:

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

F – площа перерізу повітропроводу ресивера:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,075^2}{5} = 44 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

тоді

$$\zeta = \left(1 + \frac{8 \cdot 10^{-4}}{44 \cdot 10^{-4}}\right)^2 = 1,39;$$

$$P_{\zeta, mo} = 1,39 \cdot \frac{1,24 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 8 = 109,9 \text{ кг/м}^2.$$

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

Розрахуємо опір внаслідок зміни напрямку повітропроводу [19]:

$$\zeta_k = \Delta_K \cdot \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot \zeta_3$$

де $\Delta_K = 0,73$ – коефіцієнт пропорційності;

ζ_1 – коефіцієнт, який враховує радіус заокруглення (R/D);

ζ_2 – коефіцієнт, який враховує кут повороту коліна (α);

ζ_3 – коефіцієнт, який враховує форму перерізу.

Приймаємо, згідно табличним значенням [19]

- для $R/D=5$; $\zeta_1 = 0,13$;

- для $\alpha = 45^\circ$; $\zeta_2 = 0,65$;

- для круглого перерізу $\zeta_3 = 1,0$;

$$\zeta_k = 0,73 \cdot 0,13 \cdot 0,65 \cdot 1,0 = 0,062;$$

$$P_{\zeta_k} = 0,062 \cdot \frac{1,24 \cdot 12,5^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 2 = 1,23 \text{ кг/м}^2;$$

$$P_{\Sigma \zeta} = P_{\zeta_{mo}} + P_{\zeta_k} = 109,9 + 1,23 = 111,13 \text{ кг/м}^2 = 1111,3 \text{ Па} \approx 1,11 \text{ кПа}.$$

Загальні втрати тиску в пневмосистемі:

$$P_{\xi} = 1,33 + 1,11 = 2,44 \text{ кПа}.$$

Величина повного розрідження, яку повинен забезпечувати вентилятор для гарантованої роботи пневматичних дозуючих систем при висіві насіння цукрових буряків, повинно складати:

$$\Sigma P = P_{в.с.} + P_{\xi} = 4,2 + 2,44 = 6,64 \text{ кПа}.$$

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

Серійний вентилятор сівалки типу УПС-8 має частоту обертання крильчатки $n = 4200$ об/хв. Розрахуємо величину швидкохідності обертання вентилятора:

$$n_{ув} = 53 \cdot \frac{Q^{0,5} \cdot \omega}{P^{0,75}} = 53 \cdot \frac{0,14^{0,5} \cdot 439,6}{1500^{0,75}} = 36,2 \text{ хв}^{-1};$$

де

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 4200}{30} = 439,6 \text{ с}^{-1}.$$

Визначимо діаметр вхідного патрубку до вентилятора за умови мінімізації втрат при входженні повітряного струменя на лопатки:

$$D_o = \kappa \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{\omega}},$$

де $\kappa = 1,6 \dots 1,8$, приймаємо $\kappa = 1,8$ (для вентилятора із загнутими вперед лопатками при $n_{ув} = 30 \dots 40$;

$$D_o = 1,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,14}{439,6}} = 0,12 \text{ м.}$$

Вхідний діаметр D_1 в колесо приймемо, враховуючи нерівність $D_1 > D_o$ та забезпечення запасу $D_1 = 0,16 \text{ м.}$

Зовнішній діаметр колеса

$$D_2 = D_o \cdot \frac{60}{n_{ув}} = 0,12 \cdot \frac{60}{36,2} = 0,20 \text{ м.}$$

Ширина спіральних лопатей

$$B = 0,885 \cdot D_o = 0,885 \cdot 0,12 = 0,1062 = 0,11 \text{ м.}$$

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

Ширина робочого колеса

$$e = \frac{\Delta \cdot D_o}{4} = \frac{1,2 \cdot 0,12}{4} = 0,036 \text{ м,}$$

де $\Delta = 1,2 \dots 2,5$, коефіцієнт пропорційності, приймаємо $\Delta = 1,2$.

Зі стандартного ряду $e = 0,04$ м.

Мінімальна кількість лопаток робочого колеса вентилятора становитиме

$$z = \frac{\pi \cdot (D_2 + D_1)}{D_2 - D_1} = \frac{3,14 \cdot (0,20 + 0,16)}{0,20 - 0,16} = 28,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо $z = 28$ шт.

Величина кута входу на лопатки повітряного потоку приймається в межах $\beta_1 = 40 \dots 80^\circ$, що дозволяє зменшити гідравлічні втрати. Більші значення кута відповідають колесам, що мають мінімальні значення критерію «швидкохідності». Величина кута встановлення лопаток на колесі при виході $\beta_2 = 160^\circ$. Для нашого випадку приймаємо криволінійну лопатку, окреслену однією дугою кола, радіус якої буде дорівнювати

$$R_n = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4 \cdot (D_2 \cdot \cos \beta_2 - D_1 \cdot \cos \beta_1)}$$

$$R_n = \frac{0,20^2 - 0,16^2}{4 \cdot (0,20 \cdot \cos 160^\circ - 0,16 \cdot \cos 80^\circ)} = -0,028 \text{ м.}$$

Знак «-» вказує на те, що лопатки необхідно загнути вперед.

Визначимо величину радіуса кола, на якому розміщуються центри дуг лопаток

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

$$R_y = \sqrt{0,25 \cdot D_1^2 + R_n^2 - R_n \cdot D \cdot \cos \beta}$$

$$R_y = \sqrt{0,25 \cdot 0,16^2 + 0,028^2 - 0,028 \cdot 0,16 \cdot \cos 80^\circ} = 0,08 \text{ м.}$$

Потужність вентилятора на колесі

$$N = \frac{Q \cdot P}{1000 \cdot \eta}$$

де η – ККД вентилятора, який у випадку загнутих вперед лопаток становить $\eta = 0,55 \dots 0,6$;

$$N = \frac{0,14 \cdot 6640}{1000 \cdot 0,55} = 1,69 \text{ кВт.}$$

Враховуючи наведені розрахунки, вибираємо осьовий радіальний вентилятор №2,5, згідно з ДСТУ 10616-90 [13, 20].

3.3. Розрахунки на міцність

Виконаємо перевірочний розрахунок підшипників опорно-приводного колеса на довговічність.

Зважаючи на умови роботи в абразивному середовищі при знакозмінних навантаженнях і вібраціях вибираємо однорядний радіальноупорний шариковий підшипник з 2-х сторонніми ущільнювачами 180204 [22], що має наступні параметри:

- зовнішній діаметр – 47 мм;
- внутрішній діаметр – 20 мм;
- ширина – 14 мм;

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

- динамічна вантажопідйомність – 12,7 кН.

Встановимо номінальну довговічність

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{c}{P} \right)^3$$

де n – частота обертання внутрішнього кільця підшипників

$$n = \frac{60 \cdot V_c}{7,2 \cdot 2 \cdot R_{cm}}$$

де $V_c = 9,8$ км/год – швидкість сівалочного агрегата;

$R_{CT} = 0,241$ м – статична величина радіуса колеса;

P – еквівалент навантаження на підшипник

$$P = F_2 \cdot \gamma \cdot k_{\sigma} \cdot k_m$$

де F_2 – навантаження на найбільш навантажений підшипник

$$F_2 = \sqrt{R_B^{x_2} + R_B^{y_2}} = \sqrt{1065^2 + 846^2} = 1465 \text{ Н};$$

$\gamma = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує обертання внутрішнього кільця;

k_{σ} – коефіцієнт, що враховує безпеку для вузлів, які потребують підвищеної довговічності;

$k_m = 1,1$ – температурний коефіцієнт.

$$P = 1465 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 2900 \text{ Н}$$

$$n = \frac{60 \cdot 9,8}{7,2 \cdot 2 \cdot 0,241} = 47 \text{ хв}^{-1}$$

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

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot 47} \cdot \left(\frac{12700}{2900} \right)^3 = 29783 \text{ год.}$$

Розрахункова величина довговічності підшипника опорно-приводного колеса дозволяє забезпечити умови служби впродовж всього гарантованого строку експлуатації машини.

Висновки по розділу

Для запропонованої конструкції дозуючої системи пневмомеханічного типу з диском, який має радіально розташовані комірки прямокутної форми виконані технологічні розрахунки параметрів і режимів роботи дозуючих елементів та функціональних частин.

Використовуючи методи теоретичної механіки, прикладної математики, опору матеріалів проведені обґрунтування параметрів пневматичної системи, обґрунтовані кінематичні параметри для забезпечення необхідної норми висіву насіння, проведені енергетичні розрахунки з обґрунтуванням вибору електроприводу вентилятора.

Проведені розрахунки на міцність дозволили вибрати параметри підшипників опорно-приводного колеса.

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

4. Охорона праці

Заходи по забезпеченню безпечних умов праці при роботі на сівалочному агрегаті.

Забезпечення повздовжньої стійкості і безпечності керування сівалочним агрегатом з приєднаною начіпною посівною машиною відбувається за рахунок розміщення на передньому брусі рами трактора кронштейна, який можна довантажувати вантажами відповідно до умов експлуатації. Величина кутів поперечної статичної стійкості для агрегату повинна гарантувати безпеку від перевертання не менше 30°.

Сівалки у відчепленому стані повинна зберігати стійкість при застосуванні до неї зусиль, які перевищують величину 200 Н. При транспортуванні дорогами загального призначення в темну пору доби сівалка обладнується світловідбивачами: задніми червоного кольору, передніми – білого, позаду з лівої сторони нанесено знак обмеження максимальної швидкості транспортування. З метою стропування сівалки під час завантаження на транспортні засоби при перевезеннях, під час ремонтних і збиральних робіт, передбачені спеціальні петлі, позначені контрастним до загального фону машини кольором.

Конструкція сівалки дозволяє здійснити приєднання її до енергетичного засобу одним механізатором. Зусилля, які прикладаються до важелів регулювання глибини посіву не перевищують 200 Н. Для виконання регулювання норми висіву і глибини посіву сівалка комплектується відповідними пристосуваннями і інструментом.

Увага! Заборонено використовувати несправний інструмент чи вимірювальне приладдя, чи таке, яке не відповідає параметрам регулювальних механізмів.

Елементи конструкції машин не повинні обмежувати механізатору оглядове середовище з робочого місця об'єктів постійного спостереження.

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

Схеми зачалування і місць встановлення домкратів наведені на машині та вказані в експлуатаційній документації.

Короткий інструктаж з ОП під час експлуатації сівалки.

Під час експлуатації сівалочного агрегату для попередження нещасних випадків забороняється:

- рух посівного агрегату на швидкостях більше 15 км/год;
- залишення агрегата у піднятому стані;
- виконання технічного обслуговування та технологічного налаштування, ремонтування, мащення, підтягування кріплень, очищення робочих органів під час руху агрегату та при включеному двигуні трактора;
- під час виконання регулювання механізмів піднімання і при переведенні сівалки в транспортне положення знаходитися біля неї стороннім особам;
- транспортування посівної машини без світловідбивачів в нічну пору доби.

Всі ремонтні роботи і технічне обслуговування слід виконувати лише при відчепленій або опущеній на поверхню посівній машині і при непрацюючому двигуні трактора.

Переїзди на значні відстані виконувати лише з використанням транспортного пристосування сівалки. При переміщенні агрегату дорогами з ґрунтовим покриттям та на містках швидкість транспортування не повинна перевищувати 5 км/год.

Для забезпечення переведення із робочого положення в транспортне і навпаки одним механізатором, необхідно виконувати налагодження націпного пристрою трактора перед агрегуванням у відповідності з рекомендаціями, приведеними в інструкції по експлуатації. З метою недопущення самовільного опускання сівалки при транспортуванні дорогами націпна система трактора повинна бути зафіксована в транспортному положенні спеціальними механічними пристроями.

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

5. Економічна частина

Аналіз роботи висівних систем пневмомеханічного типу, які мають дозуючий елемент у вигляді вертикального диска з отворами круглого перерізу показав, що насіння, яке захоплюється отвором диску при русі в забірній камері, проходить крізь шар насіння, який прилягає до висівного диску, що погіршує умови виносу насінин з неї. Саме тому було запропоновано технічне рішення, яке передбачає виконання дозуючих елементів у вигляді радіальних щілин, що дозволило забезпечити гарантоване потрапляння хоча б одної насінини на траєкторію руху дозуючого елемента.

Результати експериментальних досліджень та виконані інженерні розрахунки дозволили встановити раціональні значення основних параметрів висівного апарата нового типу, згідно з якими запропонована конструкція забезпечує регламентовану якість дозування при більшій швидкості руху агрегату, яка пов'язана напрямку з продуктивністю посіву, при цьому немає необхідності змінювати габаритні і вагові параметри сівалки, а роботу нової пневмосистеми здатний забезпечити серійний вентилятор (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники сівалок, які порівнюються.

№ п/п	Показники	Одиниці вимірювання	Сівалка	
			Серійна	Запропонована
1	Тип машини		начіпна	
2	Клас агрегування		1,4 і вище	
3	Кількість машин в агрегаті	шт.	1 і більше	
4	Оптова ціна сівалки	грн.	475000	
5	Маса машини	кг.	1273	1268
6	Робоча ширина захвату	м.	5,6	
7	Робоча швидкість	км/год	7,2	9,8
8	Коефіцієнт використання часу зміни:			
	- робочого		0,74	0,78
	- експлуатаційного		0,7	0,75

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

6. Загальні висновки

Метою даної роботи було визначено удосконалення висівних систем пневмомеханічного типу сівалок точного висіву шляхом розробки і дослідження дозуючих елементів, які б забезпечили високоточне дозування без пересівів і пропусків. У відповідності до зазначеної мети було проведено аналіз конструктивно-технологічних схем машин для посіву з акцентом на їх дозуючі системи. Встановлено, що найбільш популярними на сьогодні є системи пневмомеханічного типу з вертикально розміщеним дозуючим диском, який має отвори. Аналіз роботи даних систем виявив, що вони не забезпечують гарантованої виробником якості дозування на максимальних швидкостях руху агрегату, що пов'язано з погіршенням умов захоплення і виносу насіння з забірної камери.

Зважаючи на виявлені недоліки серійних апаратів, за результатами патентного і літературного пошуку було запропоновано технічне рішення, головною особливістю якого є виготовлення дозуючих елементів у вигляді радіально розміщених отворів прямокутної форми. Така конструкція диска дозволить забезпечити гарантоване потрапляння хоча б однієї насінини на траєкторію руху дозуючої комірки.

Попередні дослідження виявили, що запропонована конструкція висівного апарату дозволяє досягти стійкого значення співвідношення $F/\Sigma R \approx 1,34$, тобто забезпечується гарантоване захоплення і винос насіння із забірної камери.

З метою нівелювання недоліку, який пов'язаний із утворенням при такій конструкції висівного диска двійників і навіть трійників, запропоновано використати оригінальну конструкцію прокладки вакуумкамери, яка забезпечує найбільшу зону дії розрідження на насінини у забірній камері, надалі зменшуючи її по ходу переміщення насінин до зони дії скидача зайвого насіння і далі стабілізується на величині, яка забезпечує утримання однієї насінини одним отвором.

Для підтвердження висунутої гіпотези було виконано дослідження

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

запропонованого технічного рішення, яке передбачало планування і реалізацію повнофакторного експерименту з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів. Проведені експериментальні дослідження модернізованого висівного апарата на лабораторній установці продемонстрували, що запропонований дозуючий елемент дозволяє підвищити якість дозування при менших витратах енергії на створення розрідження, при цьому є можливість збільшити частоту обертання дозуючого диска, що напряму пов'язана зі швидкістю переміщення агрегату по полю.

За результатами досліджень рекомендовані значення параметрів, які дозволять досягти максимально можливої якості дозування, наступні: частота обертання диску в межах 0,32-0,34 м/с; величина розрідження у вакуумкамері 1,1-1,5 кПа; ширина щілин висівного диска – 2,2 мм для недражованого насіння буряків.

У інженерній частині проведено розрахунки конструктивних параметрів модернізованої дозуючої системи, виконані силовий і енергетичний аналіз, що дозволить знизити металомісткість, енергоємність та собівартість її виготовлення.

У розділі Охорона праці наведені заходи по забезпеченню безпечних умов праці при роботі на сівалочному агрегаті та розроблена інструкція з охорони праці при роботі сівалочного агрегату.

Таким чином, запропонована конструкція забезпечує регламентовану якість дозування при більшій швидкості руху агрегату, яка пов'язана напряму з продуктивністю посіву, при цьому немає необхідності змінювати габаритні і вагові параметри сівалки, а роботу нової пневмосистеми здатний забезпечити серійний вентилятор. Це дозволить отримати позитивний економічний ефект як виробнику сівалки, так і її споживачу.

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

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» : освітньо-професійна програма «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва», освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування» / [уклад. : О. М. Васильковський, Д. І. Петренко, К. В. Васильковська, С. М. Лещенко, С. М. Мороз] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 38 с.
2. Сівалки зернові. Каталог продукції ТОВ АК «Фаворит». URL: <https://favorit-t.com.ua/ua/g2728108-seyalki-zernovye>.
3. Сільгосптехніка. Каталог продукції компанії Demetra. URL: <https://demetra-site.com.ua/catalog/selkhoztehnika>.
4. Сівалки зернові. Каталог продукції компанії "БМ-Сістемс". URL: <https://www.agrobm.com/sivalky>.
5. Сівалки. Каталог продукції компанії «БК Технополь». URL: <https://technopol.com.ua/sivalki-i-posivni-kompleksi/>.
6. Бойко В. Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гідропневматичного апарата точного висіву насіння овочевих культур : автореферат дисертації... к.т.н., спец. 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Таврійський держ. агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. Мелітополь, 2021. 24 с.
7. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами : навч. посіб. / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. – 220 с.
8. Машини для сівби, садіння, догляду за посівами та збирання врожаю : метод. вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Механізація сільськогосподарського виробництва», «Сучасні машини для сівби, садіння, догляду за посівами та збирання врожаю» : для студент. спец. : 201 «Агрономія», 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве машинобудування» /

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

[уклад. : В. М. Сало, С. М. Лещенко, Ю. В. Мачок, Д. В. Богатирьов] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 76 с.

9. EDX precision air seeder. Каталог продукції компанії Amazone. URL: <https://amazone.co.uk/en-gb/>.
10. Системний аналіз конструкцій пневмомеханічних висівних апаратів для точного висіву насіння просапних культур / К.В. Васильковська // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2018. Вип. 48. С. 22-35.
11. Розробка пневмомеханічного апарата точного висіву з активною коміркою спрямованої дії. Монографія / А.І. Бойко, П.С. Попик. – ТОВ «Видавничо-поліграфічний дім «ФОРМАТ», 2017. – 162 с.
12. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / [Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М.]. – К., 2003. – 206 с.
13. Гевко Б.М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин: монографія / [Б.М. Гевко, О.Л. Лящук, Ю.Ф. Павельчук та ін.] – Тернопіль: Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2013. – 238 с.
14. Амосов В.В. Обґрунтування параметрів універсального висівного апарата для просапних культур. Дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 /КНТУ. – Кіровоград, 2007.
15. Васильковська К.В. Обґрунтування параметрів універсального пневмомеханічного висівного апарата точного висіву: дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / К.В. Васильковська – Кіровоград, 2014.
16. Vasylkovska, K.V., Vasylkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Petrenko, D.I., Moroz, M.M. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed, 2019, INMATEH - Agricultural Engineering, 57(1), pp. 135-140.

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

17. 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.
18. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки : навч. посіб. для студент. агротехн. спец. / О. М. Васильковський, С. М. Лещенко, К. В. Васильковська, Д. І. Петренко. - Харків, 2019. - 164 с. : іл.
19. Назаренко І.І. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв // І.І. Назаренко, І.М. Берник – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 544 с.
20. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2006. – 407 с.
21. Амосов, В. В. Математичне моделювання процесів і машин : навч. посіб. : [для студентів агротехнічних спеціальностей] / В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. – 218 с.
22. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
23. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р. URL: https://techmedia.com.ua/sites/default/files/online_version/ECO_SX/files/assets/basic-html/toc.html.
24. Єрмаков О.Ю., Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник– 2 –ге вид., доп. і перер. - К.: НАУ, 2007. – 266 с.
25. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник - К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.

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

ДОДАТКИ

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

Визначимо дисперсії результатів дослідів.

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

де m_0 – число повторностей кожного досліду;

i – номер повторності;

Y_{Ui} – значення вихідного параметру у i -й повторності.

$\bar{Y}_U$ – середнє значення вихідного параметру у U -му досліді.

$$S_{u1}^2 = \frac{(68.3 - 68)^2 + (65 - 68)^2 + (67.6 - 68)^2}{3 - 1} = 3.02$$

$$S_{u2}^2 = \frac{(104.6 - 106)^2 + (106 - 106)^2 + (107.3 - 106)^2}{3 - 1} = 1.8$$

$$S_{u3}^2 = \frac{(116.5 - 116)^2 + (115.6 - 116)^2 + (116.3 - 116)^2}{3 - 1} = 0.8$$

$$S_{u4}^2 = \frac{(81.6 - 84)^2 + (84.3 - 84)^2 + (83 - 84)^2}{3 - 1} = 2.1$$

$$S_{u5}^2 = \frac{(73.3 - 74)^2 + (75 - 74)^2 + (76.6 - 74)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u6}^2 = \frac{(79.6 - 81)^2 + (81.6 - 81)^2 + (80.6 - 81)^2}{3 - 1} = 2.3$$

$$S_{u7}^2 = \frac{(64.6 - 64)^2 + (61.3 - 64)^2 + (63 - 64)^2}{3 - 1} = 2.7$$

$$S_{u8}^2 = \frac{(92.6 - 92)^2 + (91.6 - 92)^2 + (93.6 - 92)^2}{3 - 1} = 1.34$$

Дисперсія відтворюваності (помилка дослідів) визначається 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:

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

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

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:

$$b_0 = \frac{1}{8} \cdot (68 + 106 + 116 + 84 + 74 + 81 + 64 + 92) = 85,6;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \cdot (-74 + 64 - 106 + 84 - 81 + 68 - 116 + 92) = -8,6;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-74 - 64 + 106 + 84 - 81 - 68 + 116 + 92) = 13,87;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \cdot (-74 - 64 - 106 - 84 + 81 + 68 + 116 + 92) = 3,6;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} \cdot (74 - 64 - 106 + 84 + 81 - 68 - 116 + 92) = -2,87;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \cdot (74 - 64 + 106 - 84 - 81 + 68 - 116 + 92) = -0,63$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \cdot (74 + 64 - 106 - 84 - 81 - 68 + 116 + 92) = 0,87;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} \cdot (-74 + 64 + 106 - 84 + 81 - 68 - 116 + 92) = 0,13$$

Рівняння регресії буде мати вигляд:

$$y = 85,6 - 8,6 \cdot x_1 + 13,87 \cdot x_2 + 3,6 \cdot x_3 - 2,87 \cdot x_1 x_2 - 0,63 \cdot x_1 x_3 + 0,87 \cdot x_2 x_3 + 0,13 \cdot x_1 x_2 x_3$$

Дисперсія S_{ad}^2 обчислюється за формулою:

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

де Y_{Ui} – розрахункове значення відгуку в i -му досліді, яке визначається шляхом підстановки знайдених коефіцієнтів до лінійної частини обраного поліному:

$$Y_{U1} = 85,6 - 8,6 \cdot (-1) + 13,87 \cdot (-1) + 3,6 \cdot (-1) = 76,73$$

$$Y_{U2} = 85,6 - 8,6 \cdot (+1) + 13,87 \cdot (-1) + 3,6 \cdot (-1) = 59,53$$

$$Y_{U3} = 85,6 - 8,6 \cdot (-1) + 13,87 \cdot (+1) + 3,6 \cdot (-1) = 104,47$$

$$Y_{U4} = 85,6 - 8,6 \cdot (+1) + 13,87 \cdot (+1) + 3,6 \cdot (-1) = 87,27$$

$$Y_{U5} = 85,6 - 8,6 \cdot (-1) + 13,87 \cdot (-1) + 3,6 \cdot (+1) = 83,93$$

$$Y_{U6} = 85,6 - 8,6 \cdot (+1) + 13,87 \cdot (-1) + 3,6 \cdot (+1) = 66,73$$

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

$$Y_{U7} = 85.6 - 8.6 \cdot (-1) + 13.87 \cdot (+1) + 3.6 \cdot (+1) = 111.67$$

$$Y_{U8} = 85.6 - 8.6 \cdot (+1) + 13.87 \cdot (+1) + 3.6 \cdot (+1) = 94.47$$

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{8 - 3 - 1} [(76.73 - 74)^2 + (59.53 - 64)^2 + (104.47 - 106)^2 + (87.27 - 84)^2 + (83.93 - 81)^2 + (66.73 - 68)^2 + (111.67 - 116)^2 + (94.47 - 92)^2] = 5.14$$

Перевірка адекватності рівняння проводиться за критерієм Фішера F.

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

де F^P – розрахункове значення коефіцієнту Фішера; $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличне значення коефіцієнту Фішера для 5% -го рівня значущості; f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності; f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворення; S_{ad}^2 – дисперсія адекватності; S_y^2 – дисперсія відтворюваності дослідів.

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

- отже отримане рівняння адекватне.

Визначення значущості коефіцієнтів регресії проводиться за критерієм Стьюдента. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується умова:

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

де $|b_a|$ – розраховані коефіцієнти поліному; Δb_a – довірча границя

Довірчу границю визначимо за рівнянням

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

де $t(0,05; f_y) = 2,1$ – коефіцієнт Стьюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_y = 16$.

Таким чином довірча границя становить

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

Число ступенів вільності дисперсії відтворення розраховується як

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

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

[illegible]

[illegible]

[illegible]

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

«Удосконалення сівалки точного висіву
з обґрунтуванням параметрів висівного
апарата»

Виконав здобувач вищої освіти
групи ГМ-22М-1.1
Маленко Владислав Дмитрович

Керівник проекту
доц. Дмитро ПЕТРЕНКО

CTB 000001 HU



Лабораторна установка:

1/ 2/ 3/ 5/ 4/



Модернізована прокладка



Фото рабочего процессу

100

						СТБ 00.001.14			
Имя/Адрес	№ документа	Дата	Лист	Методика использования вспомогательных			Акт	Заявка	Время
Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	-			-	-	-
Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	-			Акт	Заявка	Время
Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	Имя/Адрес	-			ИПТЗ от 19-20-11		

$$\Pi\Phi E=2^3$$

№ досліджу	Точка плану	Значення кодових факторів			Середньо-арифметичне значення y_u , %
		x_1	x_2	x_3	
1	6	-1	-1	+1	81
2	3	-1	+1	+1	116
3	7	+1	-1	-1	64
4	2	-1	+1	-1	106
5	4	+1	+1	-1	84
6	5	-1	-1	-1	74
7	1	+1	-1	+1	68
8	8	+1	+1	+1	92

де γ (Ψ) - коефіцієнт рівномірності висіву, що встановлює відношення кількості фактично висіяного насіння N_{π} до його планової кількості N

$$Y = \Psi = \frac{N_d}{N_H} \cdot 100\%$$

Умова відтворюваності (за G-критерієм Кохрена):

$$G^p=0,18 \leq G^T(0,05;8;2)=0,5157 - \text{виконується}$$

Рівняння регресії, що описує процес:

$$y = 85,6 - 8,6x_1 + 13,87x_2 + 3,6x_3 - 2,87x_1x_2 - 0,63x_1x_3 + 0,87x_2x_3 + 0,13x_1x_2x_3$$

Умова адекватності (за F-критерієм Фішера):

$$F^p=2,4 < F^T(0,05;8;16)=2,59$$
 - виконується

Довірча границя значущості коефіцієнтів рівняння регресії (за t-критерієм Стюдента при 5%-му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності 16):

$$\Delta b_a = 1,07$$

Найвище значення якості присмоктування насіння досягається при наступних раціональних значеннях чинників:

$$x_1 - V = 0,32 \dots 0,34 \text{ м/с}$$

$$x_7 - P = 1,1 \dots 1,5 \text{ кПа}$$

$$x_3 - B = 2,2 \text{ MM}$$

[illegible]

CTB 000003 HY

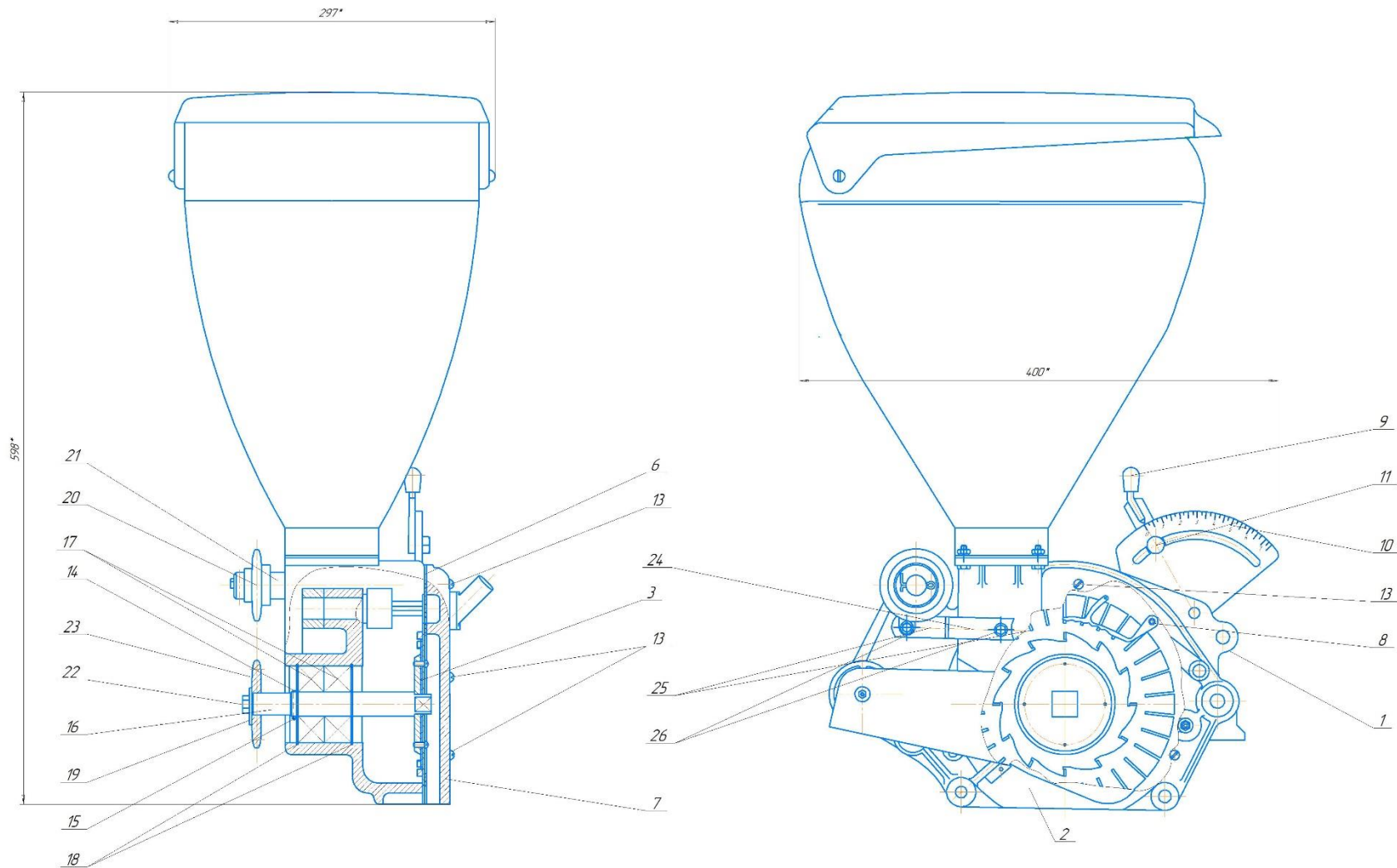
CTB 000003 HY



CTB 000003 HY

- CTB 000003 HY

CTB 000003 HY



1. Власне зніщення вінців зірочок не більше 1 мм.
 2. Вал повинні обертатися під дією крутного моменту не більше 5 Нм.
 3. *Розміри дані в мм.

				СТБ 00.020 СК		
Вид	Вид	Вид	Вид	Висвітлювальний апарат		
Розроб	Вироб	Лист	Вит			
Лист	Вироб	Лист	Вит	ЦНТЗ		
Лист	Вироб	Лист	Вит	ар. 174-2274-11		
Лист	Вироб	Лист	Вит	Формат А1		

Перш примен.

Строби №

Підп. і дата

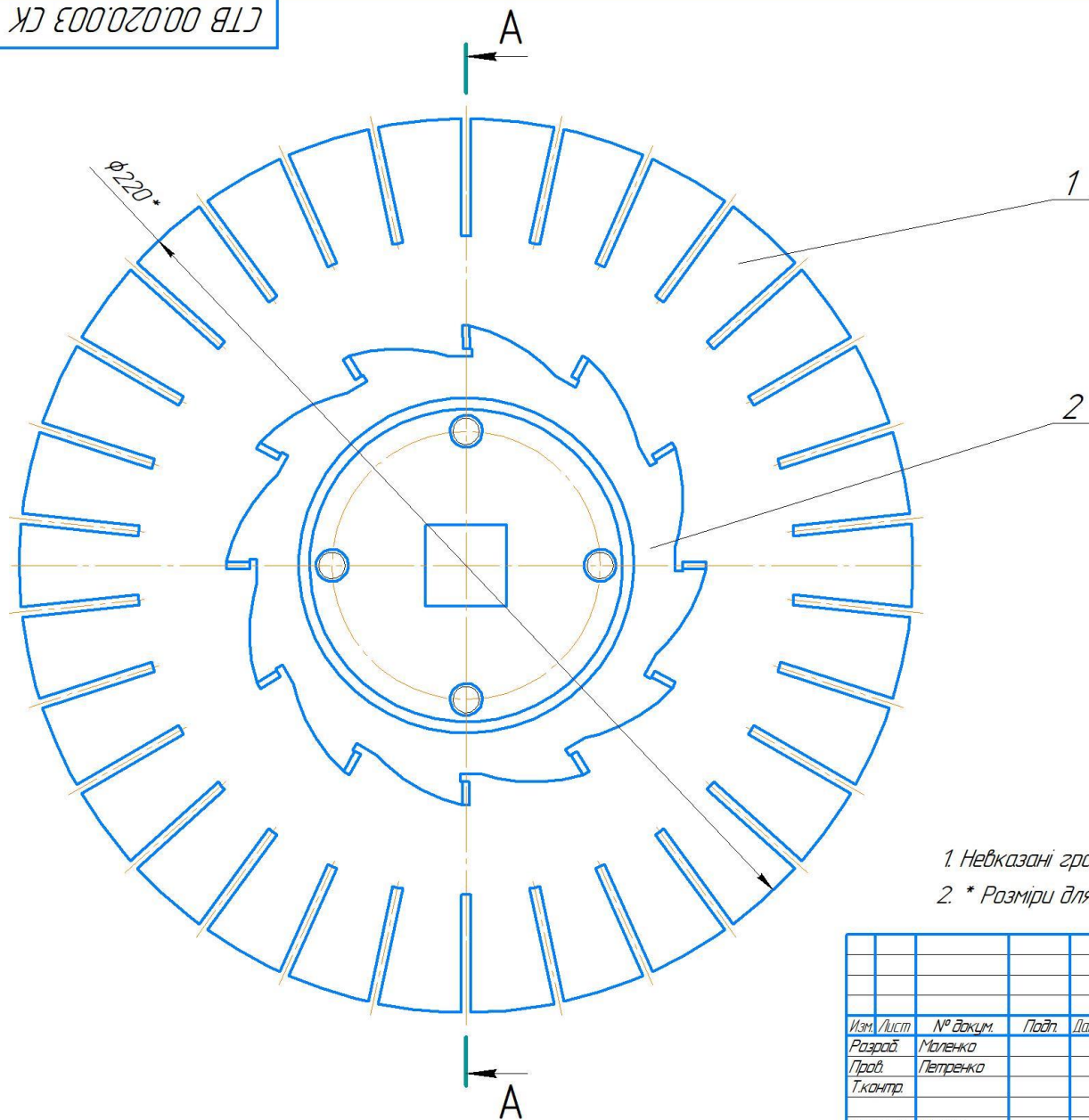
Інв. № змін

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № підп.

СТВ 00.020.003 СК



СТВ 00.020.003 СК				Лист			Маса	Масштаб
Диск в зборі							1,1	1:1
Ім'я / Лист				Лист			Листов 1	
Разроб							ЦНТУ,	
Проб							гр. ГМ-22М-11	
Т.контр.							Формат А3	
Н.контр.								
Утв.								

Копіював

СТБ 00.020.003.401

Перш примеч.

Сторін. №

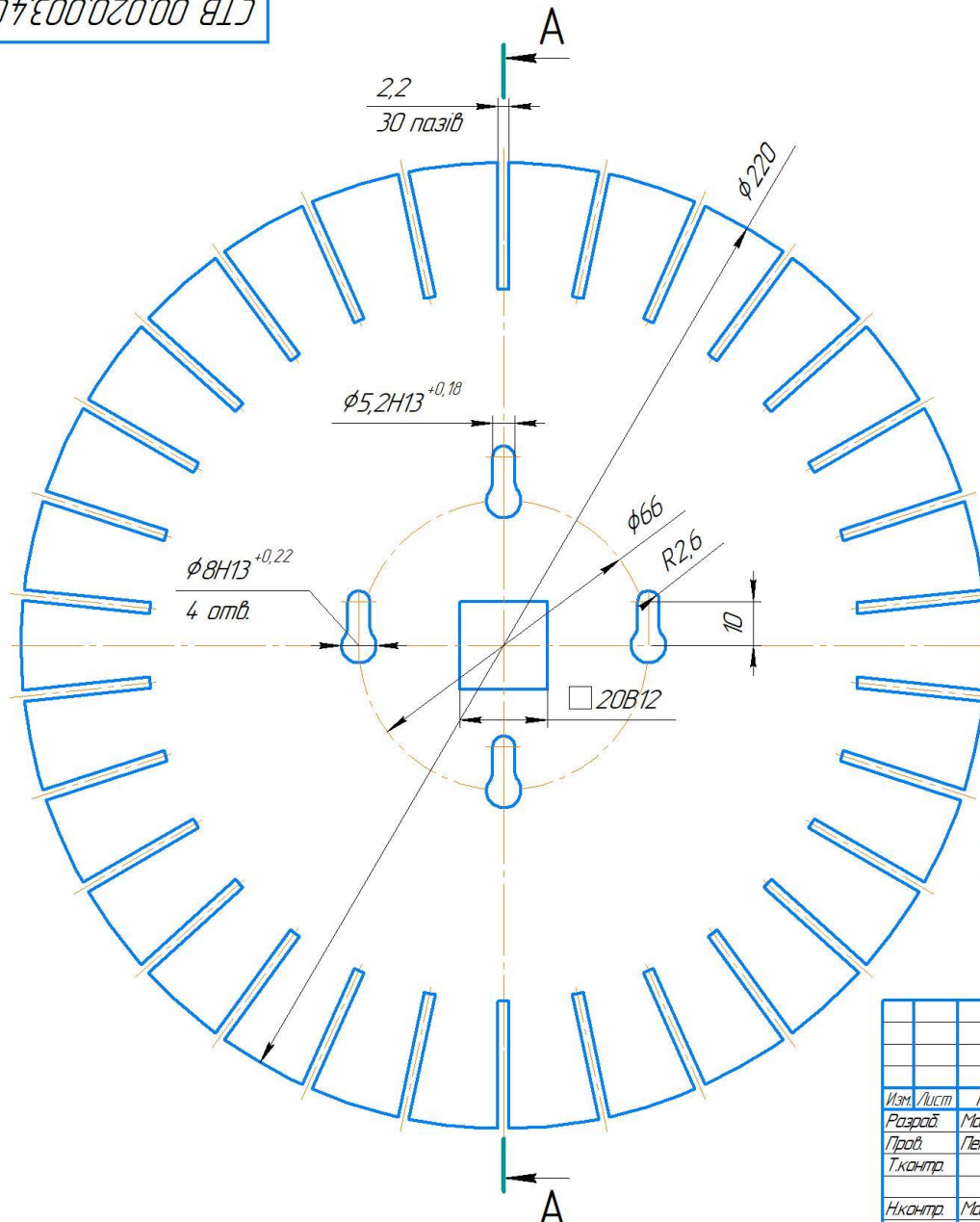
Підп. і дата

Інв. № змін

Взам. інв. №

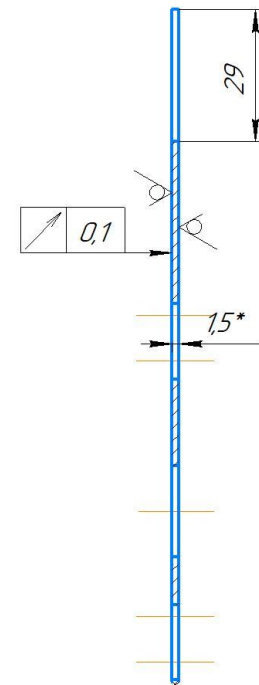
Підп. і дата

Інв. № змін



A-A

✓ Ra 6,3 (✓)



1. В отворах і на поверхні диска задири не допускаються.
2. Клеїти диск електродисковим методом.
Маркувати шрифтом 5 ПрЗ ГОСТ 26.008-85.
3. Інші технічні вимоги по Н 126.00.000ДТ.
4. *Розміри для довідок

					СТБ 00.020.003.401			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДИСК	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.		Маленко					0,35	1:1
Проб.		Петренко						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.		Мачок			Лист Б-ПН-0-15 ГОСТ 19904-74 Сталь 12Х13 ГОСТ 5582-76	ЦНТУ гр. ГМ-22М-11		
Утв.		Лещенко				Формат А3		

Б-ПН-0-15 ГОСТ 19904-74
Лист Сталь 12Х13 ГОСТ 5582-76
Копіюваль

СТБ 00.020.006

Перш. примеч.

Стр. №

Підп. і дата

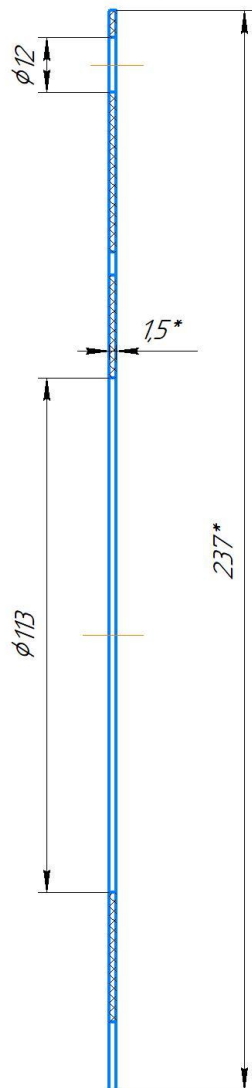
Інв. № змін

Взам. інв. №

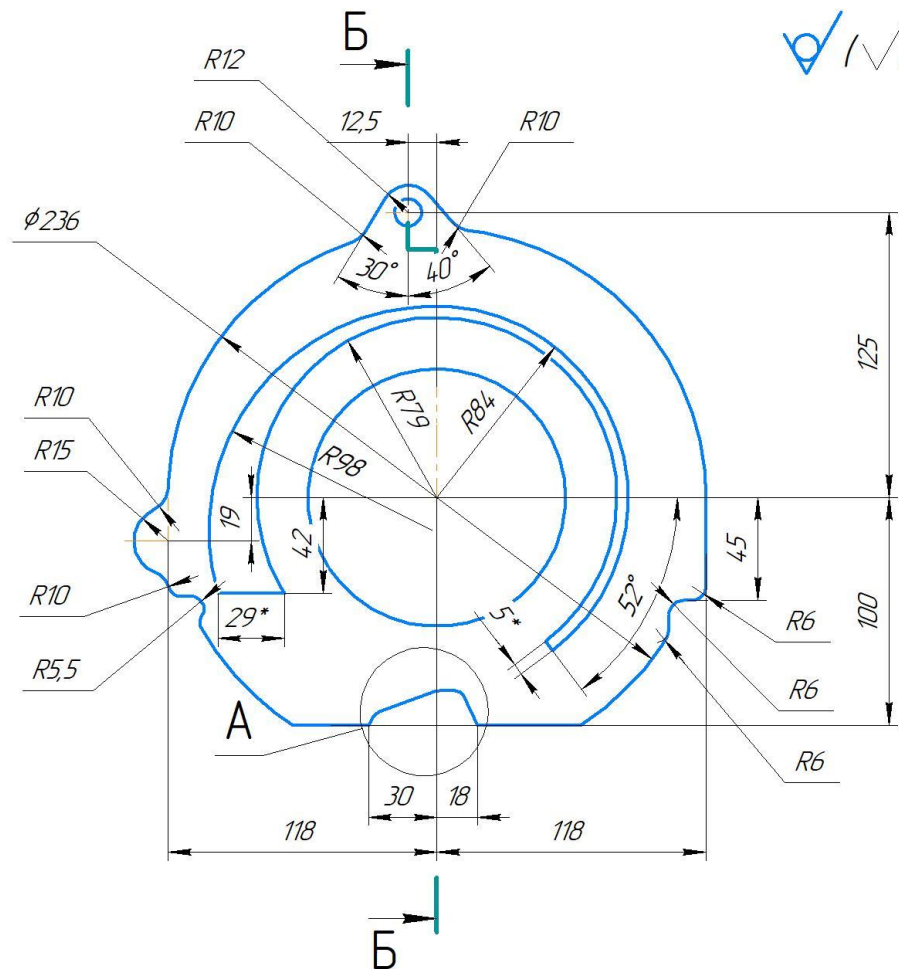
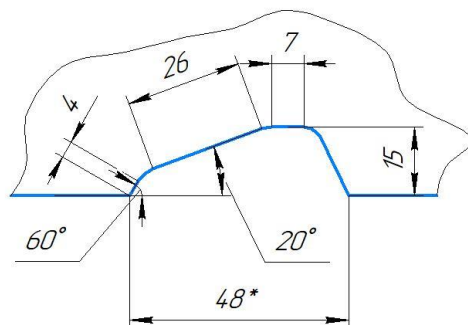
Підп. і дата

Інв. № змін

Б-Б(1:1)



A(1:1)



1. Невказані радіуси закруглень R4.
2. Невказані граничні відхилення розмірів по IT $\frac{14}{2}$.
3. *Розміри для довідок.

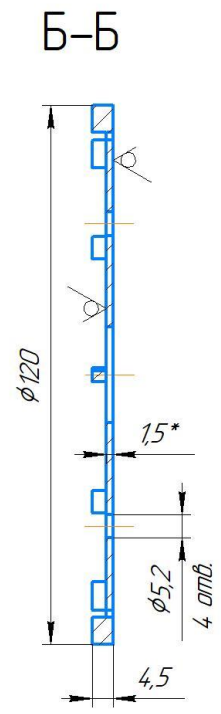
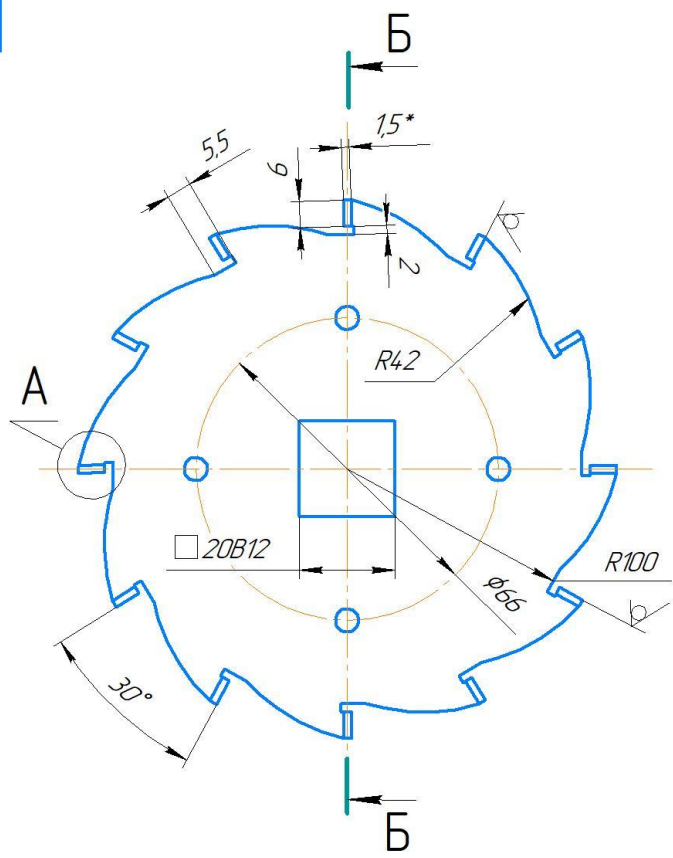
СТБ 00.020.006				Лист	Маса	Масштаб
Прокладка				1	0,035	1:2
Ім'я / Лист				Лист		
Разроб.				Листов		
Проб.				1		
Т.контр.				ЦНТУ,		
Н.контр.				зр. ГМ-22М-1.1		
Утв.				Формат А3		

Поліамід 6 ТУ 113-03-07-04-897

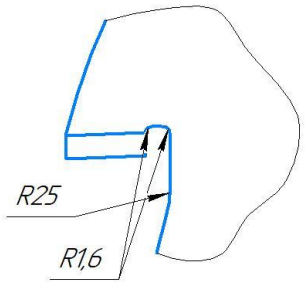
Капірадал

СТБ 00.020.003.402

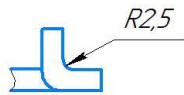
✓ Ra 6,3 (✓)



A(2,5:1)



Б-Б (2,5:1)



1. Невказані граничні відхилення розмірів по ІТ $\frac{14}{2}$
2 *Розміри для довідок

СТБ 00.020.003.402				Ворушилка		
Взам. Лист	№ док.им.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.	Маленко				0,05	1:1
Проб.	Петренко			Лист	Листов	1
Т.контр.				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1		
Н.контр.	Мачок			Формат А3		
Утв.	Лещенко			Копіюваль		