

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технології висівання насіння просапних культур з
розробкою висівного апарату

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Дем'янук І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Малевич Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2025 р.	
2	Розробка технології висівання насіння просапних культур	09.02.2025 р.	
3	Проектна частина	15.05.2025 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	05.06.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2025 р.	

Студент

(підпис)

Дем'янюк І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Малевиц Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Дем'янук Ігор Васильович.

Тема роботи – «Удосконалення технології висівання насіння просапних культур з розробкою висівного апарату».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Малевич Назар Юрієвич, кандидат економічних наук, асистент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Стрімкий розвиток технологій у галузі сільського господарства зумовлює потребу в переосмисленні концепції посівної техніки, що, у свою чергу, стимулює появу інноваційних рішень у конструюванні та оснащенні сівалок відповідно до сучасних агротехнологій.

З урахуванням специфіки вирощування просапних культур, особливо в умовах сучасного інтенсивного землеробства, пріоритет надається сівалкам, оснащеним вакуумними висівними апаратами, які забезпечують високоточне дозування насіння. Такі апарати дозволяють мінімізувати кількість пропусків і двійників, дотримуватись заданої глибини та просторового розміщення, а також зменшити пошкодження насіннєвого матеріалу.

У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває проблема створення уніфікованих висівних апаратів, які б поєднували в собі простоту та економічність механічних систем із високою якістю посіву, притаманною пневматичним механізмам. Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є розроблення висівного апарата пневматичної сівалки з метою вдосконалення технології посіву насіння просапних культур.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологія висівання насіння просапних культур.

Предмет дослідження. Висівний апарат.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Отримані результати:

- проведено ґрунтовний аналіз існуючих технологій сівби просапних культур;
- здійснено критичний огляд конструктивних рішень висівних апаратів, що використовуються в сучасних сівалках;
- визначено основні агротехнічні та експлуатаційні вимоги до сівалок точного висіву, що стали основою для подальшого технічного проєктування;
- обґрунтовано вибір функціональної схеми пневматичної сівалки, розраховано її основні експлуатаційно-технологічні параметри;
- здійснено інженерні розрахунки ключових елементів конструкції – висівного апарата, висівного диска удосконаленої конфігурації та вентилятора;
- запропоновано конструктивні рішення складальних одиниць і вузлів висівного апарата, орієнтовані на уніфікацію та технологічність виготовлення;
- розглянуто вимоги з охорони праці під час експлуатації посівного машинно-тракторного агрегату.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичну цінність становить використання універсалізованого висівного апарата, придатного як для сівби просапних, так і овочевих культур.

Для забезпечення високої точності дозування насіннєвого матеріалу доцільним є застосування пневматичного висівного механізму. У випадках, коли посів здійснюється дрібнофракційним насінням, ефективним рішенням є використання механічного апарата з дисками кишенькового типу, конструкція

якого розроблена на основі пневматичного аналога.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 67, додатки – 3 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 9 арк. формату А4.

Ключові слова: насіннєвий матеріал, висівний апарат, висівний диск, сівалка, просапні культури.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Оглядова частина	10
1.1 Аналіз існуючих технологій висівання насіння просапних культур	10
1.2 Огляд висівних апаратів для посіву просапних культур	13
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	23
2. Розробка технології висівання насіння просапних культур	26
2.1 Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до сівалок	27
2.2 Обґрунтування конструкції та функціональної схеми пневматичної сівалки	29
2.3 Розрахунок експлуатаційно-технологічних параметрів агрегату	34
3. Проектна частина	38
3.1 Обґрунтування та визначення основних параметрів сівалки	38
3.2 Розрахунок та обґрунтування основних параметрів висівного апарату	43
3.3 Розрахунок на міцність валу вентилятора	51
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	56
4.1 Нормативно-правові акти з охорони праці	56
4.2 Вимоги охорони праці при роботі з посівним агрегатом	57
Загальні висновки	62
Перелік посилань	64
Додатки	67

ВСТУП

Врожайність сільськогосподарських культур значною мірою визначається рівнем ефективності реалізації всього комплексу технологічних операцій, передбачених виробничим циклом. Однією з ключових операцій у цьому комплексі є процес сівби, від якого безпосередньо залежать якість проростання насіння, рівномірність формування сходів, а також майбутні витрати трудових і матеріальних ресурсів на догляд за посівами.

Як технологічна операція, сівба повинна забезпечувати висів насіння в кількості, що відповідає агротехнічним нормам, рівномірний його розподіл по площі поля та загортання на оптимальну глибину. Виконання цих вимог є передумовою створення сприятливих умов для розвитку рослин на початкових етапах вегетації.

У сучасних умовах агровиробництва на території України сівба сільськогосподарських культур є повністю механізованим процесом, що виконується за допомогою спеціалізованих посівних машин. Однак наявна техніка не завжди відповідає вимогам до високої продуктивності, точності висіву, надійності в роботі, що актуалізує питання її подальшого технічного вдосконалення. Крім того, вимагається підвищення якості підготовки сівалок до експлуатації з урахуванням виробничих умов конкретного господарства.

Стрімкий розвиток технологій у галузі сільського господарства зумовлює потребу в переосмисленні концепції посівної техніки, що, у свою чергу, стимулює появу інноваційних рішень у конструюванні та оснащенні сівалок відповідно до сучасних агротехнологій.

Однією з основних передумов формування високих і стабільних урожаїв є створення оптимальних умов для проростання насіння та початкового розвитку рослин. Досягнення цієї мети забезпечується рівномірним розміщенням насіння на площі посіву, що сприяє раціональному використанню елементів живлення, вологи та сонячної радіації, і, як наслідок, – гармонійному розвитку агроценозу.

З урахуванням специфіки вирощування просапних культур, особливо в умовах сучасного інтенсивного землеробства, пріоритет надається сівалкам, оснащеним вакуумними висівними апаратами, які забезпечують високоточне дозування насіння. Такі апарати дозволяють мінімізувати кількість пропусків і двійників, дотримуватись заданої глибини та просторового розміщення, а також зменшити пошкодження насіннєвого матеріалу.

Водночас слід зазначити, що значна частина малих і середніх сільськогосподарських підприємств продовжує експлуатувати механічні сівалки котушкового типу, які характеризуються спрощеною конструкцією та нижчою вартістю. Проте такі сівалки мають низку обмежень: вони не забезпечують стабільної сівби за малих норм висіву, проявляють високу нерівномірність розподілу насіння в рядку та часто призводять до механічного травмування насіння.

У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває проблема створення уніфікованих висівних апаратів, які б поєднували в собі простоту та економічність механічних систем із високою якістю посіву, притаманною пневматичним механізмам. Такий підхід дозволить задовольнити потреби широкого спектра аграрних виробників, незалежно від розміру та технічної оснащеності господарства, та сприятиме підвищенню ефективності посівної кампанії в умовах сучасного землеробства.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз існуючих технологій висівання насіння просапних культур

Висів є однією з ключових технологічних операцій у вирощуванні просапних культур, яка формує основу майбутнього врожаю. До просапних культур належать кукурудза, соняшник, соя, буряк, бавовник, ріпак тощо. Їх характерною рисою є широкий міжрядний простір, що забезпечує можливість міжрядного обробітку. Від якості виконання висіву залежить густота стояння рослин, рівномірність їх розвитку, а отже – і продуктивність посівів.

Найважливішими показниками при висіванні є:

- дотримання глибини загортання;
- точність дотримання міжрядь;
- рівномірність розподілу насіння в рядку;
- відсутність двійників і пропусків;
- адаптація до ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Зважаючи на технологічні вимоги, для висіву просапних культур застосовують переважно сівалки точного висіву, які забезпечують контрольоване дозування кожної насінини.

Сучасні технології висівання поділяються на такі типи:

Традиційна технологія

Цей підхід базується на попередньому основному обробітку ґрунту (оранка, дискування, культивація), вирівнюванні площі та подальшому посіві механічними сівалками. Такі сівалки мають котушкові або пальчикові висівні апарати й забезпечують простий та недорогий процес висівання. Основною проблемою є значні втрати вологи, ущільнення ґрунту та високі енерговитрати [3].

Mini-Till / Strip-Till

Mini-Till – це мінімальний обробіток ґрунту, який передбачає обмежену

кількість проходів техніки. Strip-Till передбачає розпушення лише смужок, де буде висіватись насіння. Це дозволяє краще зберегти структуру ґрунту та вологу, зменшує ерозію, але вимагає спеціалізованої техніки, наприклад Strip-Till агрегатів із комбінованими робочими органами [13].

No-Till

Пряма сівба без обробітку ґрунту, де насіння висівається в залишки попередника. Перевагами є збереження вологи, зменшення ерозії, зниження витрат пального. Недоліки – складність контролю бур'янів, потреба у спеціальних сівалках із підвищеною проникаючою здатністю [20].

Прецизійне землеробство

Це інноваційний підхід, який використовує супутникову навігацію (GPS/GLONASS), системи паралельного водіння, змінну норму висіву (VRS – Variable Rate Seeding), автоматичне відключення секцій та точне регулювання глибини загортання. Переваги: висока точність, зменшення витрат, підвищення врожайності. Недоліки – потреба у дорогому обладнанні та кваліфікованих кадрах [19].

Сучасні сівалки поділяються за принципом дії висівного апарата:

Механічні сівалки. Обладнані катушковими, ложечковими чи пальчиковими апаратами. Вони є простими, надійними, дешевими у виробництві. Але не завжди забезпечують достатню точність розміщення насіння. Прикладом є вітчизняні сівалки УПС-8, СУ-8 та інші [10].

Пневматичні сівалки. Застосовують принцип вакуумного або надлишкового тиску. Переваги: висока точність дозування, можливість роботи на різних типах насіння. Поширені бренди – Monosem, John Deere MaxEmerge, Gaspardo, Vaderstad Tempo [9].

Електроприводні сівалки. Мають привід на висівні апарати від електромоторів, що дозволяє регулювати частоту обертання та забезпечує змінну норму висіву. Часто інтегруються з ISOBUS-технологіями та електронними системами контролю висіву (наприклад, Precision Planting) [18].

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки технологій висівання

Технологія	Переваги	Недоліки
Традиційна	Простота, дешевизна, надійність	Ущільнення ґрунту, втрати вологи, низька енергоефективність
Mini-Till	Збереження структури ґрунту, менше пального	Потреба у новій техніці, складність адаптації
No-Till	Мінімальні втрати вологи, захист від ерозії	Високі вимоги до сівалок, гербіцидна залежність
Прецизійна	Висока точність, автоматизація, економія ресурсів	Значна вартість техніки, потреба в підготовці персоналу

Для забезпечення високих врожаїв просапних культур необхідно дотримуватись таких показників:

- Глибина загортання: залежить від культури та структури ґрунту (для кукурудзи – 4–6 см; для буряка – 2–3 см);
- Міжряддя: оптимальне значення – 70 см для кукурудзи і соняшника;
- Відстань між насінням у рядку: 15–25 см (в залежності від культури та густоти стояння);
- Допустимі відхилення: кількість двійників і пропусків не має перевищувати 5% від загальної кількості насіння;
- Швидкість руху сівалки: 6–9 км/год для забезпечення оптимального висіву без втрати точності [21].

До основних напрямів розвитку технологій висіву належать:

- Інтеграція систем точного землеробства: GPS, змінна норма висіву, автоматичне вимкнення рядків;
- Використання штучного інтелекту для адаптації до ґрунтових умов;
- Удосконалення конструкцій сошників і висівних апаратів;
- Розвиток автономних сівалок-дронів і роботизованих модулів;

– Застосування технологій машинного бачення для контролю якості посіву в реальному часі [12].

У результаті аналізу встановлено, що сучасні технології висівання просапних культур зазнають постійної еволюції в напрямку автоматизації, підвищення точності та зниження енергозатрат. При цьому вибір тієї чи іншої технології має бути зумовлений не лише технічними можливостями, а й агрокліматичними умовами регіону, економічною доцільністю та виробничими ресурсами господарства.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на адаптацію інноваційних технологій висіву до вітчизняних умов.

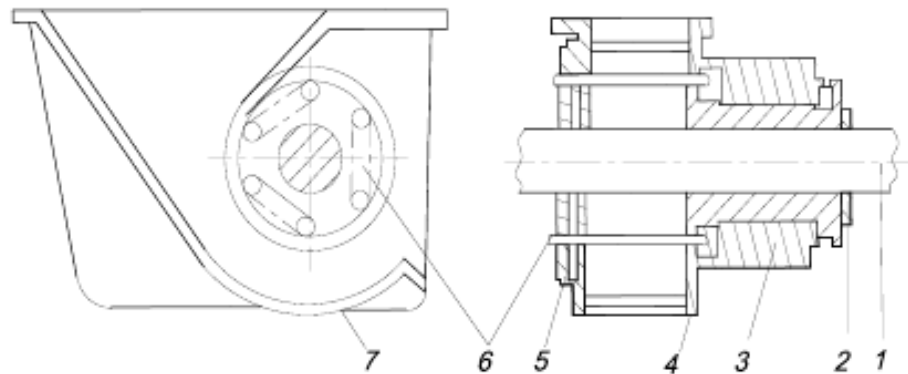
1.2. Огляд висівних апаратів для посіву просапних культур

Для виконання сівби насіння просапних культур у сільськогосподарському машинобудуванні розроблено значну кількість посівних агрегатів, що комплектуються висівними апаратами різних конструктивних типів. Основним критерієм, що визначає ефективність роботи таких апаратів, є забезпечення високої рівномірності висіву за мінімального травмування насіннєвого матеріалу. Саме ці вимоги лежать в основі проектування сучасної посівної техніки для просапних культур.

Найбільш поширеним типом у практиці вітчизняного землеробства залишаються сівалки з катушковими висівними апаратами. Їх популярність пояснюється простотою конструкції, доступністю виготовлення та обслуговування, а також нижчою собівартістю, порівняно з пневматичними та пневмомеханічними аналогами. Конструктивно такі апарати обладнані катушками діаметром 45–50 мм, на яких передбачено 9 або 12 жолобків. Саме ці жолобки слугують для дозованого відбору насіння з бункера і його транспортування до сошника.

Водночас, головним недоліком катушкових висівних апаратів є їх низька точність висіву, особливо при роботі з малими нормами насіння. Така нерівномірність значною мірою зумовлена як конструктивними особливостями катушки, так і впливом вібрацій, кута нахилу апарата, вологості насіння тощо [7].

Для підвищення точності висіву та покращення рівномірності розподілу насіння в рядку пропонується заміна реберчастих катушок на барабани з дротовими скобами (рис. 1.3) [7]. Така модифікація дозволяє зменшити кількість пропусків і двійників, а також знизити травмування насіння, що особливо актуально при сівбі культур із крихкою оболонкою.



1– вал; 2– втулка; 3 – муфта; 4 – корпус; 5 – розетка; 6 – знімна П –
подібна скоба; 7–денце

Рисунок 1.1 – Висівний апарат із дротовими елементами

На сучасному аграрному ринку сівалки з катушковими висівними апаратами займають вагому нішу, зокрема завдяки їх простій конструкції та прийнятній вартості. Виробництвом таких машин займаються численні провідні зарубіжні компанії, серед яких слід відзначити Gaspardo, Amazone, Kverneland Accord, Kuhn/Rauch, Reform, Agrofina, Werke, Fiona, Clark, Hassia Isaria та інші. Окрім того, на ринку посівної техніки гідно представлені вітчизняні виробники, серед яких АТ «Ельворті» (ТМ «Planter»), АК «Фаворит»

тощо, які пропонують широкий спектр посівних машин з механічними висівними апаратами.

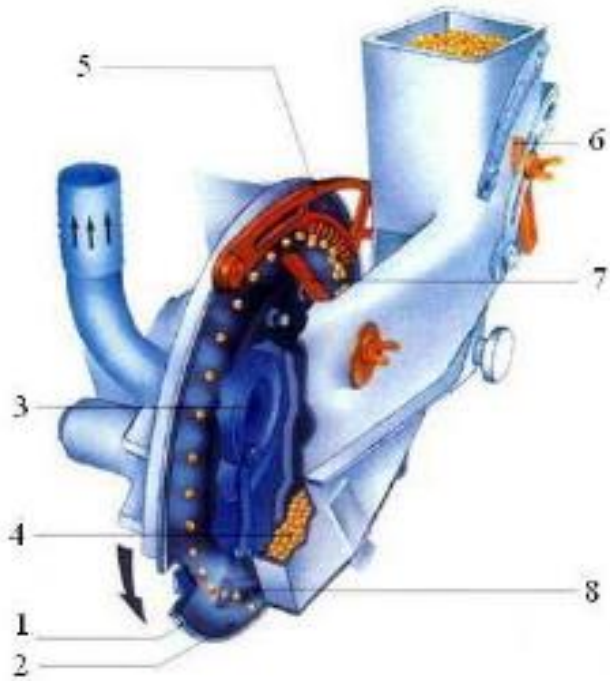
Водночас, із зростанням вимог до точності дозування насіння, збільшується частка сівалок з пневмомеханічними однозерновими висівними апаратами. Назва цього типу апаратів зумовлена конструктивною особливістю: насіння подається до робочого органа за допомогою пневматичної системи, яка створює розрідження або надлишковий тиск для утримання насінини на поверхні висівного елемента, тоді як механічна частина апарата (перфорований диск) здійснює його подальше транспортування до сошника шляхом обертального руху.

У більшості пневмомеханічних апаратів вакуумна система створює розрідження у камері, що дозволяє відбирати насіння з бункера і тимчасово утримувати його в отворах диска (рис. 1.2). Такий принцип дії забезпечує більш стабільну точність висіву, а також дозволяє працювати навіть із некаліброваним насінням, що є суттєвою перевагою в умовах господарств із обмеженими ресурсами або нерівномірно підготовленим насіннєвим матеріалом.

Залежно від типу конструкції, вакуумні апарати поділяють на дискові та барабанні [23], однак найбільш широкого застосування набули саме дискові дозатори. Вони встановлюються на багатьох сучасних моделях сівалок точного висіву, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. До найпоширеніших моделей належать:

- СУПН-8, УПС-8/12, Vega 16 Profi, Vesta 8 Profi (Україна);
- СТВ-12 «Полісся» (Білорусь);
- СПЧ-6/8 (Молдова);
- Monair, Nodet, Pneumasem-2 (Франція);
- Gaspardo-81 (Італія);
- Lange, Mahem MHD, Miniair (Німеччина);
- TG-500 (Австрія);
- Case IH ASM 1224 (США).

Незважаючи на наявність багатьох варіантів конструктивного виконання пневмомеханічних апаратів, лише обмежена кількість моделей була реалізована у серійному виробництві. Це зумовлено складністю технічного втілення та високими вимогами до герметичності системи, стабільності тиску та точності виготовлення елементів дозуючого механізму.



1 – висівний барабан; 2 – висівний диск; 3 – вісь; 4 – насіння; 5, 7 – скидачі; 6 – шкала скидача; 8 – розвантажувач

Рисунок 1.2 – Схема пневматичного висівного апарата сівалки СТВ-8К

У процесі роботи пневмомеханічного висівного апарата насіння (поз. 4) під дією розрідження утримується на поверхні отворів висівного диска (поз. 2) та разом із ним транспортується у напрямку зони розвантаження (поз. 8), розташованої в нижній частині апарата. У цій зоні дія вакууму припиняється, що спричиняє відрив насінини від диска та її спрямування в борозну, утворену відповідним сошником. Для забезпечення однозернового висіву та запобігання подачі надлишкових насінин, у конструкції передбачено відбивачі (поз. 5 і 6), які виконують функцію скидання зайвих насінин з диска.

Однак, попри технологічні переваги, пневмомеханічні висівні апарати мають низку конструктивних недоліків, що обмежують їх функціональну надійність. Зокрема, недосконалість системи скидання надлишкових насінин і незадовільне очищення отворів диска під час обертання призводять до порушення нормальної роботи дозуючого механізму. Це може зумовити як утворення двійників, так і пропуски у рядку, що негативно впливає на рівномірність сходів і густоту стояння рослин.

У відповідь на потреби ресурсозберігаючого та ґрунтозахисного землеробства, компанія «Ельворті» розробила просапну сівалку «VESTA 8 PROFI» (рис. 1.3) [11], оснащену сучасним пневматичним висівним апаратом, здатним забезпечити високу точність індивідуального дозування насіння. Конструктивною особливістю даної сівалки є наявність полозоподібних сошників для кожної висівної секції, що дозволяють формувати борозну стабільної глибини, а також анкерних тукових сошників, які забезпечують роздільне внесення гранульованих мінеральних добрив в оптимальній кількості та на необхідній глибині.

Таким чином, конструкція сівалки «VESTA 8 PROFI» забезпечує покращену точність висіву, мінімізацію пошкодження насіння, а також створює оптимальні агротехнічні умови для формування рівномірних сходів, що відповідає вимогам сучасного інтенсивного землеробства.



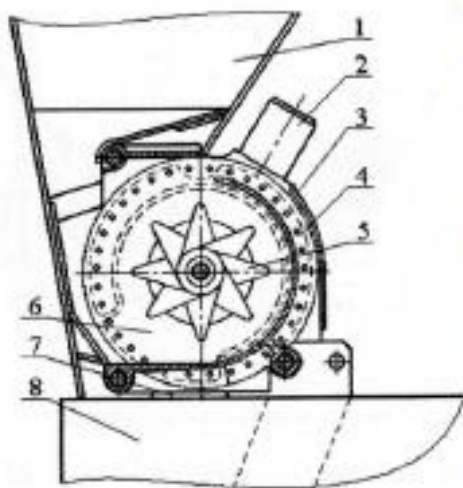
Рисунок 1.3 – Просапна сівалка Vesta 8 Profi (УПС-8А)

Навісна просапна сівалка «Vesta 8 Profi» є прикладом сучасного вітчизняного агрегату, призначеного для точного рядкового висіву насіння просапних культур. Конструкція сівалки передбачає ширину захвату 5,6 м, що забезпечує польову продуктивність у межах від 3,02 до 5,04 га/год, залежно від робочої швидкості, яка, в свою чергу, може варіюватися в діапазоні від 2,5 до 9 км/год. Висока продуктивність досягається завдяки наявності восьми автономних посівних секцій, розміщених із міжряддям 700 мм, що відповідає агротехнічним вимогам вирощування кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур.

Сівалка має регульовану глибину загортання насіння, яка може змінюватись у межах від 20 до 90 мм, залежно від культури та стану ґрунту. Така гнучкість налаштувань дозволяє забезпечити оптимальні умови для проростання насіння в різних кліматичних і ґрунтових умовах. Загальна маса агрегату становить 1278 кг, що дозволяє його агрегатування з тракторами класу тяги 1,4 і вище без перевищення нормативних навантажень на ґрунт.

Альтернативним прикладом є пневматична сівалка точного висіву СПЧ-6 (рис. 1.4) [12], яка призначена для пунктирного посіву насіння просапних культур по одному або два зерна в гніздо з чітко заданою відстанню між гніздами. Завдяки широкій номенклатурі змінних висівних дисків, дана сівалка може ефективно здійснювати висів насіння кукурудзи, соняшнику, гороху, а також інших культур зі схожими морфометричними характеристиками насіннєвого матеріалу.

Окрім цього, модифікації сівалок типу SPP/FS дають змогу одночасно з висівом вносити мінеральні гранульовані добрива у ґрунт. Такий підхід забезпечує раціональне поєднання декількох технологічних операцій в одному робочому проході, що сприяє зниженню енергетичних витрат, зменшенню ущільнення ґрунту та загальному підвищенню ефективності агропроцесу.



1 – бункер; 2 – повітропровід; 3 – корпус вакуумної камери; 4 – висівний диск; 5 – активатор; 6 – насіннева камера; 7 – викидне вікно; 8 – сошник

Рисунок 1.4 – Висівний апарат та сівалка СПЧ-6

Польова продуктивність сівалки типу СПЧ-6 варіюється в межах 1,6–3,36 га/год, що залежить, передусім, від характеристик висіваної культури та робочої швидкості агрегату, яка становить 6–8 км/год. Агрегат оснащено шістьма посівними секціями, які можуть бути переналаштовані для роботи з міжряддям від 45 до 70 см, що забезпечує загальну ширину захвату 4,2 метра. Таке конструктивне рішення дозволяє адаптувати сівалку до специфіки вирощування різних просапних культур.

Глибина загортання насіння є регульованою і встановлюється у межах від 2 до 12 см, що дає можливість налаштовувати сівалку під конкретні агротехнічні вимоги залежно від типу культури, структури ґрунту та погодних умов. Загальна маса сівалки становить 580 кг, що робить її придатною для агрегування з тракторами невеликої потужності, забезпечуючи при цьому належну маневреність і мінімальне ущільнення ґрунту.

Вагомим прикладом високотехнологічного рішення у сфері точного висіву є просапна сівалка MONOSEM NG PLUS 4 (рис. 1.5) [1], розроблена французькою компанією Monosem. Створення даної моделі стало результатом багаторічного дослідницького та конструкторського досвіду фахівців компанії,

які упродовж кількох років проводили дослідження, випробування та оптимізацію конструкційних елементів, щоб забезпечити максимально можливу точність і надійність висіву.

Сівалка MONOSEM NG PLUS 4 призначена для однозернового пунктирного висіву широкого спектру просапних культур, включаючи кукурудзу, соняшник, сою, бобові та технічні культури. Вона поєднує високу адаптивність до агротехнічних умов з прецизійною роботою вакуумного дозуючого механізму, що забезпечує рівномірний розподіл насіння в рядку, зменшення кількості двійників і пропусків, а також зниження травмування насіннєвого матеріалу.



Рисунок 1.5 – Просапна сівалка MONOSEM NG PLUS 4

Однією з конструктивних переваг сівалки MONOSEM NG PLUS 4 є застосування сучасної підвіски з амортизатором, яка забезпечує стабільність ходу посівної секції навіть за умов максимальної робочої швидкості до 9 км/год. Завдяки цьому досягається висока точність розміщення насіння в рядку без зниження продуктивності.

Ключовим елементом дозуючого механізму є висівний диск, виготовлений із корозійностійкої нержавіючої сталі. Його товщина становить 1,5 мм, а зовнішній діаметр – 190 мм, що забезпечує надійність у роботі та довговічність. Застосування змінних дисків дозволяє адаптувати сівалку до висіву широкого спектру культур, різних за розміром, формою і фізико-механічними властивостями насіння, забезпечуючи індивідуальне дозування для кожного типу посівного матеріалу.

Корпус висівного апарата посівної секції виготовлено з алюмінієвого сплаву, що поєднує малу вагу з високою механічною міцністю, а також стійкість до агресивного середовища, характерного для польових умов експлуатації. Завдяки цьому підвищується надійність функціонування пневматичного вакуумного механізму, що є основною умовою забезпечення стабільної якості сівби.

Пневмомеханічні висівні апарати, які працюють на принципі надлишкового тиску, так само, як і апарати з вакуумною дією, класифікуються за конструктивними ознаками на дискові та барабанні типи. Обидва варіанти мають свої конструктивні особливості та сфери застосування залежно від виду культури, типу ґрунту та вимог до точності висіву.

У якості прикладу висівного апарата, що працює під надлишковим тиском, доцільно розглянути дисковий механізм сівалок серії «Aeromat» (рис. 1.6), виробництва компанії Lemken (Німеччина) [22]. Даний тип апарата забезпечує високу точність відбору насіння та зменшення кількості двійників за рахунок стабільного притиску насіння до дозуючих отворів повітряним потоком, що створюється надлишковим тиском у корпусі.

Серед інноваційних рішень у сфері точного висіву слід виокремити високошвидкісну пневматичну сівалку моделі Aeromat, яка призначена для посіву просапних культур на швидкості до 12–15 км/год. Незважаючи на підвищену швидкість руху, агрегат здатний забезпечити високу рівномірність розміщення насіння в рядку, що робить її конкурентоздатною у великих аграрних господарствах із високою інтенсивністю виробництва.

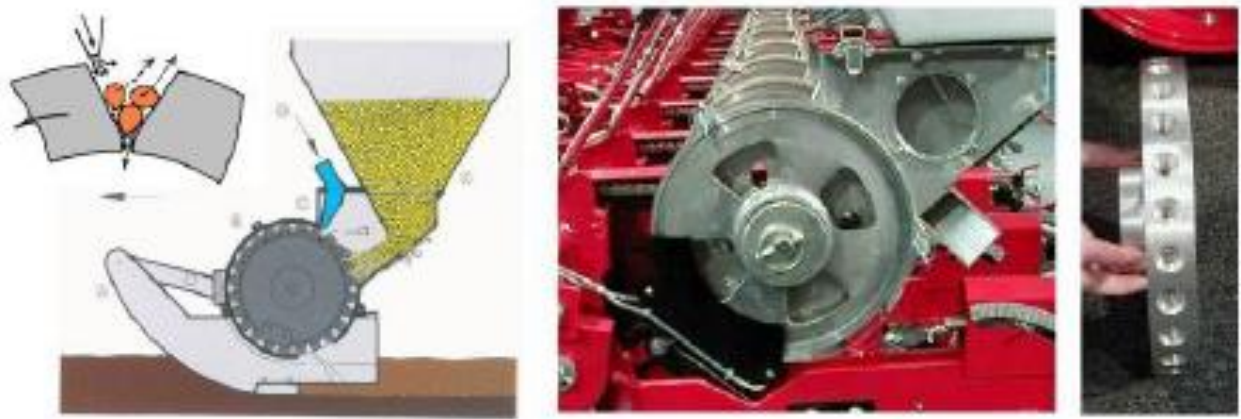


Рисунок 1.6 – Сівалка точного висіву Aeromat 8S

Ключовою особливістю конструкції сівалки Aeromat є унікальний принцип дії дозуючого апарата, що суттєво відрізняється від традиційних вакуумних систем. На відміну від більшості моделей, де насіння притягується до перфорованого диска розрідженим повітрям, у конструкції Aeromat насіння подається під надлишковим тиском і задувається у спеціальні конічні отвори, розташовані на циліндричній поверхні обертового диска.

Подача повітря здійснюється через форсунку, яка направляє потік до отворів (позначену на рисунку синім кольором), що забезпечує позитивний тиск у зоні дозування. При цьому відсікання надлишкового насіння виконується автоматично – повітряним потоком. Перша насінина, що блокує отвір, тимчасово утримується, тоді як решта повертаються у бункер під дією тиску. Така система не потребує окремих механічних скидачів, що значно зменшує механічне навантаження та знос конструкції.

Ще однією перевагою є те, що насіння не може випадково випасти з дозуючого отвору через вібрації посівної секції, оскільки зовнішня частина отвору перекривається корпусом висівного апарата. Це підвищує надійність роботи на підвищених швидкостях і дозволяє без втрати якості посіву досягати 12–15 км/год, що майже удвічі перевищує стандартну швидкість роботи більшості класичних сівалок точного висіву.

Сівалки Aeromat можуть бути виготовлені в різних комплектаціях залежно від технологічних вимог. Для міжряддя 45 см передбачено моделі з 6,

12 та 18 посівними секціями, тоді як для 70 см – варіанти з 4, 6, 8 та 12 секціями. Це дозволяє адаптувати агрегат як до дрібнонасінневих культур із меншою нормою висіву, так і до кукурудзи чи соняшнику.

Окрім пневматичних систем, у практиці точного посіву просапних культур застосовуються також механічні висівні апарати, зокрема катушкові, ложкові та стрічкові. Ці механізми характеризуються простотою конструкції, доступністю обслуговування та нижчою вартістю, але поступаються пневматичним за точністю дозування, особливо на високих швидкостях або при роботі з некаліброваним насінням.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Досягнення максимально можливих показників врожайності при вирощуванні просапних культур безпосередньо залежить від рівномірності просторового розміщення насіння по площі поля, що у свою чергу впливає на густоту стояння рослин, ефективність міжрядного догляду, та економічну віддачу посівної площі. При цьому необхідно враховувати реальні коефіцієнти польової схожості насіння, можливі втрати внаслідок пошкоджень шкідниками, а також механічні впливи під час боронування та міжрядної обробки. Усуваючи ці фактори, аграрій здатен забезпечити більш рівномірний розвиток культур у межах агрофону та підвищити загальну урожайність.

Оптимальне вирішення цього завдання забезпечується використанням сівалок точного висіву, здатних гарантувати індивідуальне дозування насіння з мінімальною кількістю пропусків і двійників, з дотриманням глибини загортання та стабільного міжряддя. Серед сучасних рішень найширшого поширення набули пневматичні та пневмомеханічні сівалки, які поєднують високу точність, адаптивність до умов посіву та автоматизоване управління параметрами висіву.

Одним із провідних напрямів підвищення точності роботи сівалок є вдосконалення конструкцій дозуючих апаратів. Зокрема, для пневматичних висівних апаратів актуальними є такі заходи:

- встановлення відбивачів надлишкового насіння, що дозволяє уникати двійників;
- оптимізація рівня вакууму в пневмосистемі, що покращує стабільність захоплення насінин;
- використання висівних дисків збільшеного діаметра, що сприяє підвищенню точності та продуктивності.

У разі використання механічних висівних апаратів, підвищення точності досягається за рахунок:

- забезпечення незалежного приводу дозуючих елементів, що усуває залежність від основного приводу трактора та дає змогу регулювати частоту дозування;
- встановлення розвантажувачів комірок, які сприяють точнішому вивантаженню насіння без затримки або перевищення дози.

Незважаючи на різноманіття конструктивних рішень, сучасні сівалки точного висіву та їх посівні секції мають низку спільних ознак та функціональних елементів, які дозволяють провести їх класифікацію та систематизацію. Це, у свою чергу, спрощує інженерний аналіз, вибір технічного рішення для конкретних умов господарства та уніфікацію у процесі модернізації або сервісного обслуговування техніки.

Аналіз сучасних моделей сівалок, що серійно виробляються на території України, дозволяє зробити висновок про наявність конструктивної подібності основних функціональних вузлів, що відкриває перспективи для уніфікації посівної техніки, зокрема для спільного використання у вирощуванні просапних та овочевих культур. Подібний підхід уже реалізовано у практиці машинобудування при створенні модифікацій зернових сівалок на базі СЗ-3,6, яка послугувала прототипом для розробки цілого сімейства агрегатів.

Основною технічною проблемою, що стримує реалізацію принципу уніфікації, є необхідність створення універсального висівного апарата, здатного забезпечити якісний висів насіння овочевих і просапних культур, які суттєво відрізняються за розмірами, формою, питомою вагою та технологічними вимогами до висіву. Попри ці труднощі, результати досліджень, проведених упродовж останніх років низкою галузевих наукових установ і виробничих організацій, свідчать про можливість застосування одного типу дозуючого механізму для широкого спектра культур.

Зокрема, порівняльні випробування механічних і пневматичних висівних апаратів, проведені на культурах із різними морфометричними характеристиками насіння (кукурудза, цукровий буряк, морква, томати, редька, огірки тощо), показали перевагу пневматичних систем. Вони забезпечують вищу точність висіву, меншу потребу в калібруванні насіння, а також адаптованість до зміни умов роботи. Простота конструкції сучасних пневматичних апаратів, у поєднанні з їх технологічною ефективністю, дозволяє розглядати їх як базову платформу для створення універсальних сівалок.

Таким чином, при формуванні уніфікованого сімейства посівних машин, доцільним є вибір пневматичної сівалки як базової конструкції. Вона здатна забезпечити гнучкість у роботі з різними культурами, високу якість висіву та адаптованість до різних технологічних систем землеробства – як традиційних, так і ресурсощадних.

У цьому контексті, основне завдання кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробці вдосконаленого пневматичного висівного апарата, який би задовольняв вимоги до точного висіву насіння просапних культур, враховуючи одночасно такі критерії як універсальність, надійність, технологічність виготовлення та простота налаштування. Вирішення цього завдання дозволить підвищити ефективність вітчизняної посівної техніки, розширити спектр культур, які можуть бути нею висіяні, та сприятиме підвищенню продуктивності аграрного сектору в умовах інтенсифікації виробництва.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИСІВАННЯ НАСІННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Удосконалення технології висівання насіння просапних культур передбачається шляхом розробки висівного апарату пневматичної сівалки СУПН-8А.

Проектування нового сімейства сівалок із застосуванням уніфікованих функціональних вузлів загального призначення та єдиного універсального висівного апарата відкриває широкі перспективи як для підвищення ефективності виробничих процесів у машинобудівній галузі, так і для оптимізації експлуатації техніки в сільськогосподарському виробництві. Такий підхід дозволяє поєднати технічну гнучкість з економічною доцільністю, що особливо актуально в умовах необхідності зниження витрат та підвищення адаптивності машин до змін агротехнологій.

За результатами попередніх техніко-економічних розрахунків встановлено, що впровадження уніфікованого сімейства сівалок замість широкого спектра вузькоспеціалізованих моделей просапних агрегатів, які нині перебувають у серійному виробництві, дозволить:

- суттєво зменшити номенклатуру деталей, що використовуються у виробництві;

- скоротити кількість типорозмірів технологічного оснащення, необхідного для виготовлення, зменшивши витрати на проектування та обслуговування виробничих ліній;

- підвищити стандартизацію та взаємозамінність елементів, що сприятиме більш раціональному використанню матеріалів та комплектувальних.

З боку експлуатаційної ефективності, універсальність робочих органів і модульна побудова сівалок забезпечують:

- зростання коефіцієнта сезонного завантаження техніки, оскільки одна і та ж сівалка може застосовуватись для висіву широкого спектра культур;

- спрощення технічного обслуговування та поточного ремонту, за рахунок

єдиного підходу до заміни вузлів і агрегатів;

- зменшення витрат на навчання обслуговуючого персоналу, завдяки однаковості конструкційних рішень у межах всієї лінійки машин.

Таким чином, розробка уніфікованого сімейства сівалок на базі універсального пневматичного висівного апарата має значний потенціал не лише як інженерно-технологічне рішення, а й як інструмент зниження собівартості агротехнічних операцій, підвищення продуктивності праці та покращення організації сівби в умовах ресурсозбереження.

2.1. Агротехнічні та експлуатаційні вимоги до сівалок

Таким чином, широке впровадження сучасних схем посіву в овочівництві ставить перед розробниками сівалок нові інженерні завдання, пов'язані з модернізацією конструкцій, стандартизацією технічних параметрів і підвищенням гнучкості машин у відповідності до специфіки культур. Удосконалення агротехнічних вимог і технічних рішень у цій сфері є ключовим фактором підвищення ефективності овочевих технологій у промисловому землеробстві.

Агротехнічні вимоги – це сукупність параметрів, які визначають якість виконання висіву та відповідність результатів посіву біологічним потребам рослин і технологічним нормам вирощування культур. Для просапних культур (кукурудза, соняшник, соя, буряк тощо) висока точність розміщення насіння у просторі є критично важливою умовою формування рівномірних сходів і подальшої врожайності.

Пневматичні сівалки точного висіву мають на меті забезпечити індивідуальне розміщення кожної насінини в рядку з мінімальними відхиленнями по відстані та глибині загортання. Відповідність сівалки цим вимогам дозволяє знизити витрати на насіння, добрива, підвищити стійкість до

стресових умов, та покращити загальну агроєфективність вирощування.

Основні агротехнічні вимоги до роботи пневматичних сівалок:

1. Точність дотримання відстані між насінинами у рядку.

Похибка має не перевищувати ± 2 см. Відстань між насінинами для кукурудзи – 16–20 см, для соняшнику – 20–25 см. Кількість двійників (насіння поруч) – не більше 2–3%, пропусків – не більше 5%.

Цей параметр є критичним, оскільки надмірна кількість двійників або пропусків призводить до нерівномірного розвитку рослин, конкуренції за ресурси або зниження густоти стояння культури.

2. Дотримання заданої глибини загортання.

Має становити 4–6 см для кукурудзи, 2–3 см для цукрового буряка, 3–5 см для соняшнику. Відхилення не повинно перевищувати ± 1 см по всій довжині рядка.

Невідповідність глибини спричиняє затримку або нерівномірність сходів, втрати вологи або зниження енергії проростання насіння.

3. Рівномірність міжрядь.

Встановлена ширина міжрядь має підтримуватись з похибкою не більше $\pm 1,5$ см. Типові значення: 70 см – для кукурудзи й соняшнику, 45 см – для сої.

4. Швидкість руху сівалки.

Оптимальна швидкість: 6–9 км/год (залежно від типу висівного апарата та розміру насіння). Підвищення швидкості понад нормативну призводить до збільшення кількості двійників і пропусків, розсіювання насіння.

5. Рівномірне притискання насіння до дна борозни.

Забезпечується тиском притискного колеса (не менше 20–30 Н). Зумовлює хороший контакт насіння з вологим ґрунтом.

6. Наявність системи контролю висіву.

Пневматичні сівалки мають бути обладнані датчиками контролю насіннепроводу, які передають сигнали про пропуски, двійники, нерівномірність подачі.

7. Плавне транспортування насіння по насіннепроводу.

Повітряний потік має бути стабільним, без пульсацій. Важливо уникати розриву потоку насіння при зміні рельєфу або кута нахилу сошника.

При оцінці пневматичної сівалки з точки зору агротехнічних вимог застосовують певні кількісні показники.

Таблиця 2.1 – Кількісні показники пневматичних сівалок точного висіву

Параметр	Позначення	Одиниця виміру	Нормативне значення
Відстань між насінинами	<i>s</i>	см	±2 см від заданої
Кількість пропусків	<i>P</i>	%	≤ 5%
Кількість двійників	<i>D</i>	%	≤ 3%
Глибина загортання	<i>h</i>	см	залежно від культури
Ширина міжряддя	<i>b</i>	см	70 см (±1,5 см)
Швидкість руху	<i>v</i>	км/год	6–9 км/год

Пневматичні сівалки точного висіву повинні забезпечувати високоточне розміщення насіння з мінімальними відхиленнями, що є запорукою рівномірних сходів і ефективного використання ресурсів. Дотримання агротехнічних вимог до таких сівалок дозволяє:

- зменшити витрати на насіннєвий матеріал;
- підвищити врожайність за рахунок рівномірного розвитку рослин;
- знизити трудомісткість і вартість подальших агрооперацій;
- адаптувати висів під сучасні технології прецизійного землеробства.

2.2. Обґрунтування конструкції та функціональної схеми пневматичної сівалки

У якості базової конструкції для подальшого вдосконалення було обрано

модернізовану серійну сівалку СУПН-8А, в якій реалізовано низку конструктивних змін. Зокрема, збільшено місткість бункерів для насіння та добрив, що дозволяє зменшити кількість зупинок під час роботи. Замість складного та ненадійного туковисівного апарата АТД-2 встановлено більш простий у конструкції та надійний апарат АПТ-2.

Крім того, сівалку обладнано універсальним висівним апаратом, який забезпечує точне дозування насіння просапних культур, включаючи сою, навіть за підвищених норм висіву, з рівномірним розподілом насіння в рядку. Для створення стабільного вакууму застосовано вентилятор підвищеної продуктивності, привід якого може здійснюватись як від валу відбору потужності, так і від гідросистеми трактора.

Окрему увагу приділено транспортному пристрою, який дозволяє безпечно транспортувати агрегат у поперечному напрямку по дорогах загального користування, що відповідає вимогам дорожнього руху та підвищує мобільність сівалки під час переїздів між полями.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд пневматичної сівалки СУПН-8А

Розглянемо схему технологічного процесу функціонування сівалки точного висіву, оснащеної пневматичними висівними апаратами.

Обертання висівних дисків здійснюється за допомогою механічного приводу від опорно-приводних коліс. Крутний момент передається через кінематичну передачу, яка забезпечує синхронізацію швидкості обертання дозуючого механізму з поступальним рухом агрегату, що є критично важливим для підтримання стабільної норми висіву.

Вакуум у порожнині кришки висівного апарата створюється за допомогою вентилятора, що приводиться в дію гідромотором, який живиться від гідравлічної системи трактора. Така схема забезпечує постійне підтримання розрідження повітря, необхідного для надійного утримання насіння на поверхні перфорованого диска.

Процес дозування насіння відбувається таким чином: насіння з бункера надходить у забірну камеру, де під дією вакууму присмоктується до отворів обертового висівного диска. Далі насінини транспортуються вздовж внутрішньої поверхні камери до зони розвантаження, де вакуум припиняє дію, після чого насіння падає в борозну, сформовану сошником.

Видалення надлишкового насіння, яке випадково присмокталося до кількох сусідніх отворів на поверхні висівного диска, здійснюється механічним способом – за допомогою підпружинених штирів вилкоподібного механізму, встановлених у робочій зоні живильної камери. Ці елементи фізично знімають надлишкові насінини, спрямовуючи їх назад у загальний потік у бункері або забірній камері, запобігаючи утворенню двійників під час висіву.

У нижній частині висівного апарата, під час обертання диска, отвори з насінням виходять із зони дії розрідження і потрапляють у зону атмосферного тиску. У цей момент вакуум перестає утримувати насінину, і для забезпечення точного скидання передбачено примусове видалення насіння з отвору. Цю

функцію виконує нижній чистик, який механічно звільняє отвір, забезпечуючи гарантоване падіння насіння у створену борозну.

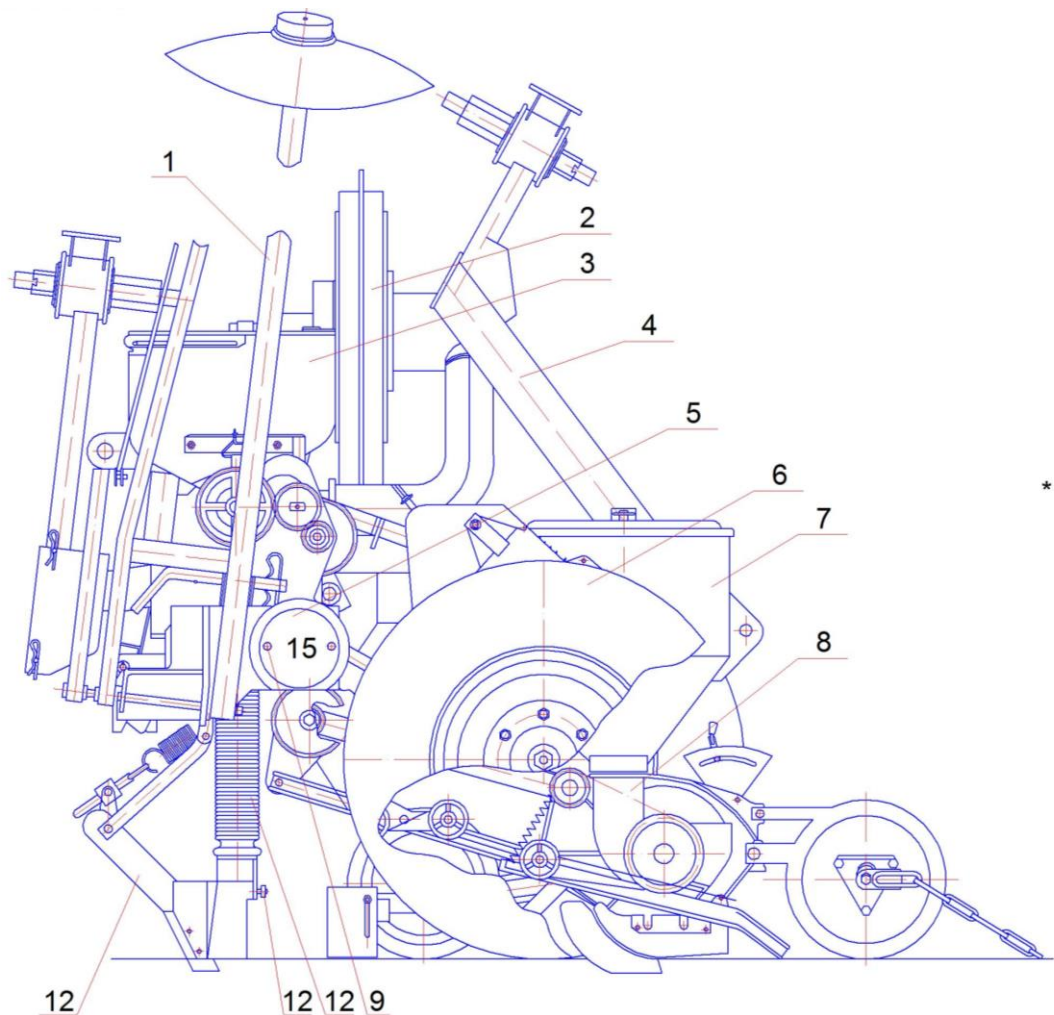


Рисунок 2.2 – Основні елементи сівалки СУПН-8А

Подальше укладання насіння здійснюється на ущільнене дно борозни, яка формується робочою частиною сошника – п'ятою сошника. Це дозволяє забезпечити щільний контакт насіння з ґрунтом, що є необхідною умовою для поглинання води та рівномірного проростання.

Регулювання глибини ходу сошника у сівалці здійснюється шляхом зміни положення прикочувальних катків відносно корпусу сошника. Такий конструктивний підхід дозволяє точно встановлювати глибину загортання

насіння відповідно до агротехнічних вимог конкретної культури. Прикотуючі колеса, розміщені перед сошником та за ним, виконують функцію ущільнення ґрунту до та після укладання насіння, сприяючи щільному контакту насіння з вологим ґрунтом і поліпшенню капілярного підтягування води до зони проростання.

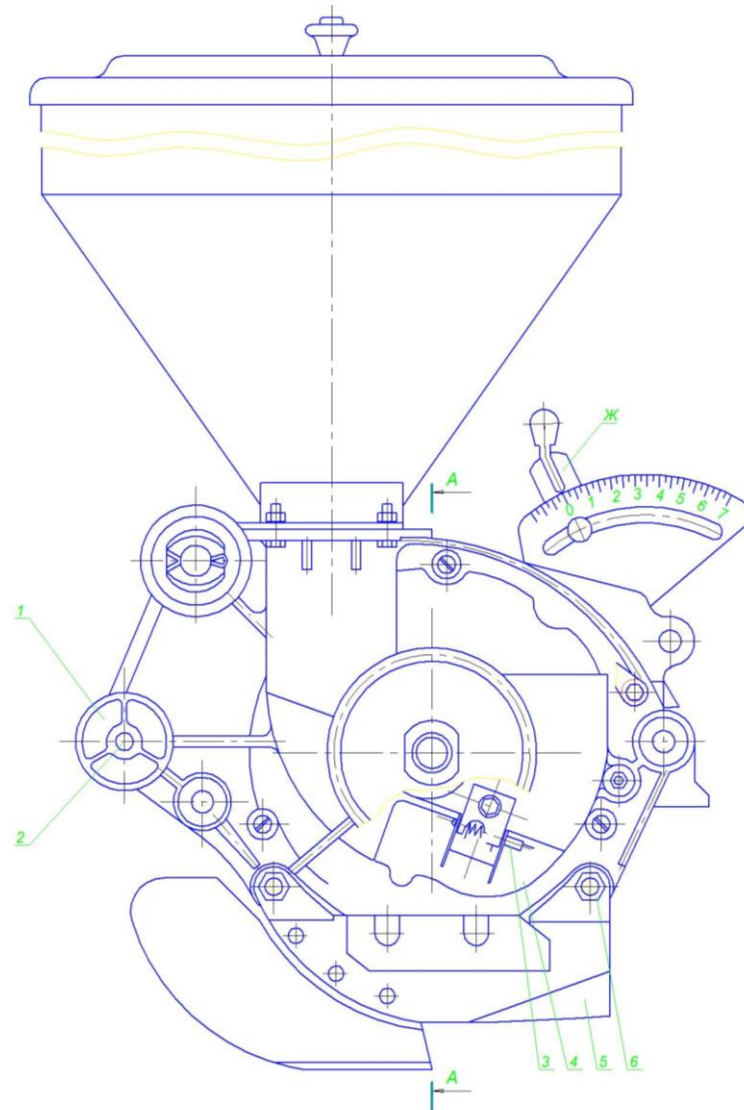


Рисунок 2.3 – висівний апарат сівалки СУПН-8А

Крім того, шлейфи, встановлені позаду сошників, забезпечують розрівнювання мікрорельєфу поля, утвореного в процесі проходження висівного агрегату, і формування поверхневого мульчувального шару ґрунту

над рядками, що зменшує випаровування вологи та сприяє рівномірним сходам.

Норма висіву насіння регулюється шляхом зміни частоти обертання висівного диска, що досягається зміною передаточного числа приводу дозуючого механізму. Ця операція реалізується перестановкою ланцюгової передачі на зірочки з різною кількістю зубців (рис. 2.3), що дозволяє оперативно адаптувати висівну норму під різні культури або агротехнічні умови.

Для забезпечення можливості висіву широкого спектра овочевих та просапних культур, сівалка комплектується набором змінних висівних дисків, які розрізняються за діаметром отворів, що визначає тип і розмір насіння, яке може бути точно дозоване.

Такий набір дозволяє забезпечити високу адаптивність сівалки до умов овочівництва та просапного землеробства, без необхідності глибоких переналаштувань або калібрування насіння, що значно спрощує експлуатацію машини та підвищує її універсальність.

2.3. Розрахунок експлуатаційно-технологічних параметрів агрегату

Для сівби приймаємо трактор МТЗ 102 і сівалку СУПН-8А.

Згідно з агротехнічними нормативами, оптимальна робоча швидкість руху посівного агрегату при висіванні просапних та овочевих культур повинна перебувати в межах 6,5–9,0 км/год [22].

Прийmemo 7 передачу і тягове зусилля трактора [22].

$$V(7) = 8,9 \text{ км/год}; \quad P_{\text{гак}}(7) = 10 \text{ кН}.$$

Знайдемо максимальну величину ширини захвату агрегату при швидкості його руху 8,9 км/год.

$$B_{\max} = P_{\text{гак}} / K_v . \quad (2.1)$$

Питомий опір агрегату за швидкості 8,9 км/год знайдемо за формулою:

$$K_v = K(1 + \Pi(V - V_0)), \quad (2.2)$$

де K - питомий опір сівалки, що відповідає швидкості руху $V_0 = 5$ км/год.

$$K_v = 1,4(1 + 0,015(8,9 - 5)) = 1,48 \text{ кН/м.}$$

$$B_{\max} = 10 / 1,48 = 6,7 \text{ м.}$$

Число сівалок в складі агрегату знайдемо за формулою:

$$n_c = B_{\max} / b_c; \quad (2.3)$$

$$n_c = 6,7 / 5,6 = 1,2.$$

Приймаємо одну сівалку СУПН-8А, агрегатовану з трактором МТЗ.

Знайдемо тяговий опір посівного агрегату:

$$R_{\text{агр}} = 5,6 \times 1,48 = 8,3 \text{ кН.}$$

Визначимо ступінь завантаження трактора:

$$\eta = R_{\text{агр}} / P_{\text{гак}}; \quad (2.4)$$

$$\eta = 8,3/10 = 0,83.$$

Рекомендовані межі завантаження трактора знаходиться в проміжку 0,83-0,95.

Отже, посівний агрегат скомплектовано вірно.

Значення продуктивності посівного агрегату за зміну визначимо за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \times B_p \times V_p \times T_p \quad (2.5)$$

де B_p - робоча ширина захвату агрегату, $B_p = 5,6$ м;

V_p - робоча швидкість руху агрегату, $V_p = 8,9$ км/год.

$$T_p = T_{зм} \times T,$$

де

$T_{зм}$ - час зміни, $T_{зм} = 7$ год;

T - коефіцієнт використання часу зміни, $T = 0,49$.

$$T_p = 7 \times 0,49 = 3,4 \text{ год};$$

$$W_{зм} = 0,1 \times 5,6 \times 8 \times 3,4 = 15,4 \text{ га/зм};$$

$$W_{год} = W_{зм} / T_{зм} = 15,4 / 7 = 2,2 \text{ га/год}.$$

Знайдемо витрати палива на одиницю роботи згідно формули:

$$Q = (g_e \times N_{ен} \times K_3) / W_{год}, \text{ кг/га}, \quad (2.6)$$

де g_e - питомі витрати палива, $g_e = 0,23-0,27$ кг/кВт.год.;

$N_{ен}$ – значення номінальної потужності двигуна, кВт;

K_3 - коефіцієнт завантаження двигуна, $K_3 = 0,80-0,85$.

$$Q = (0,25 \times 58,8 \times 0,8) / 2,2 = 5,3 \text{ кг/га.}$$

Таблиця 2.2 – Підбір зірочок механізму передачі і висівного диска сівалки СУПН-8А

Зірочка				Кількість отворів в диску			
				14		22	
А	Б	В	Г	Норма висіву насіння			
				тис/га	шт/м	тис/га	шт/м
12	26	7	9	25	1,7	40	2,8
12	23	7	9	29	2,0	45	3,1
12	26	7	7	33	2,3	52	3,6
12	19	7	9	35	2,4	55	3,8
12	23	7	7	37	2,6	58	4,0
19	26	7	9	40	2,8	64	4,5
21	26	7	9	45	3,1	71	5,0
12	23	9	7	47	3,3	75	5,2
21	23	7	9	51	3,5	79	5,5
10	19	7	9	56	3,9	87	6,1
19	23	7	7	59	4,1	93	6,5
21	23	7	7	65	4,5	102	7,1
19	15	7	9	70	4,9	110	7,7
19	23	9	7	75	5,3	119	8,4
19	13	7	9	81	5,6	128	9,0
21	23	9	7	84	5,9	132	9,2
21	13	7	9	89	6,2	141	9,8
19	19	9	7	92	6,4	144	10,0

Переміщенням важеля по шкалі (рис. 2.3) здійснюється зміна положення штирів вилки відносно отворів висівного диска. Одна поділка шкали відповідає зміні відстані між штирями на 1 мм, що дозволяє точно налаштувати механізм скидання зайвого насіння.

Норма висіву мінеральних добрив туковисівними апаратами АТД-2 сівалки СУПН-8А регулюється зміною ступеня відкриття висівної щілини. Для цього напрямні механізму туковисівного апарата встановлюють на однаковий розмір відкриття по всіх висівних секціях.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування та визначення основних параметрів сівалки

До загальних параметрів сівалки належать: ширина захвату, швидкість руху агрегату, продуктивність, тип агрегування із тракторами певного тягового класу, а також інші технічні характеристики, що визначають функціональні можливості машини.

У проєктованій уніфікованій пневматичній сівалці приймається ширина захвату 5,6 м, що дозволяє змонтувати на рамі до 12 посівних секцій із міжряддям 45 см. Конструкція пневматичного висівного апарата забезпечує можливість підвищення максимальної швидкості агрегату до 12 км/год, однак згідно з агротехнічними вимогами оптимальною є робоча швидкість 7 км/год.

Сівалка уніфікованого типу агрегується з тракторами тягового класу 14 кН, такими як МТЗ і ЮМЗ. Її висівні секції призначені для пунктирного та гніздового способів висіву насіння овочевих культур, кукурудзи й цукрового буряка. Секції кріпляться до рами сівалки за допомогою скоб та розміщуються в задній частині рами. Кожна секція включає: насіннєвий бункер, пневматичний висівний апарат, сошник, рамку з паралелограмною підвіскою, загортачі, ущільнюючий і прикатуючий котки, а також шлейф.

До кожної посівної секції сівалки додається комплект висівних дисків з отворами різного діаметра. Крім основних дисків, у комплекті передбачено декілька дисків без отворів, які можуть бути просвердлені відповідно до потрібного діаметра для конкретної культури.

У сучасних сівалках застосовують насіннєві бункери, об'єм і геометричні параметри яких розраховують з урахуванням довжини гонів, ширини захвату агрегату, норми висіву, об'ємної маси насіння та швидкості руху агрегату.

При виборі типів бункерів і визначенні конструктивних співвідношень їх розмірів також враховують конструкційні особливості машини, технологічний процес, спосіб завантаження та виробничі умови експлуатації.

На основі цих міркувань прийнято найбільш поширену та конструктивно придатну форму бункера – прямокутну з переходом у нижній частині в трикутну форму (рис. 3.1).

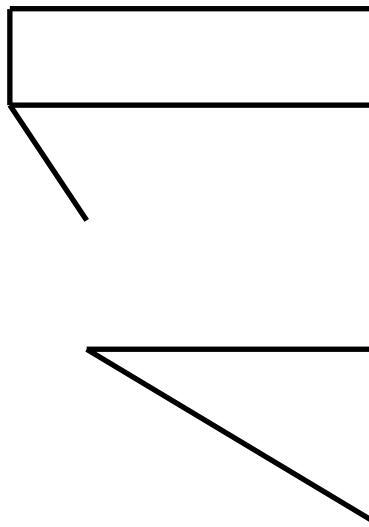


Рисунок 3.1 – Форма насіннєвого бункера.

Для знаходження об'єму бункера застосуємо формулу:

$$V = \frac{A \cdot T \cdot Q}{\beta \cdot \gamma}, \quad (3.1)$$

де A - величина продуктивності машини, (га/год);

T - величина продуктивності машини до завантаження матеріалом, (год);

Q - норма висіву насіння, (кг/га);

β - коефіцієнт використання об'єму бункера;

γ - об'ємна вага насіння, (кг/м³).

$$A = 0.1 B_p V_p, \quad (3.2)$$

де B_p - ширина захвату машини, (м);

V_p - робоча швидкість, (км/год).

В нашому випадку $B_p=5,6$ м, а згідно агротехнічних вимог $V_p=7$ км/год.
Тоді $A = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7 = 3,92$ (га/год).

Заправку сівалки слід проводити після кожного проходження гону. По зоні Лісостеп середнє значення довжини гону складає $S = 842$ м. Врахувавши робочу швидкість $V_p=7$ км/год отримаємо:

$$T = \frac{S}{V_p} = \frac{0.842}{7} = 0.120 \text{ год.} \quad (3.3)$$

Приймемо норму висіву насіння 15 кг/га, а коефіцієнт використання бункера 0,9.

Враховуючи фізико-механічні властивості насіння приймаємо

$$\gamma = 850 \text{ кг/м}^3.$$

Підставляємо у формулу (3.1) дані і отримуємо:

$$V = \frac{3.92 \cdot 0.120 \cdot 15}{0.9 \cdot 850} = 0.009 \text{ м}^3.$$

Об'єм бункера насіння $V = 0,009 \text{ м}^3$.

Під час визначення основних геометричних параметрів насіннєвого

бункера вихідною умовою є забезпечення раціонального використання листових матеріалів конструкції, що передбачає мінімізацію загальної площі його поверхні.

Застосуємо формули отримані методом екстремальних функцій:

$$a_1 = \sqrt{\frac{2A \cdot T \cdot Q}{\beta \cdot \gamma \cdot L \cdot \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{B^2}{4(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)} \right)}}; \quad (3.4)$$

де L – довжина бункера, м.

Виходячи із конструктивних і агротехнічних міркувань приймаємо $L = 0,17$ м.

B – коефіцієнт, величина якого дорівнює:

$$B = \frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi_2} + \operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2$$

Приймаємо $\varphi_1 = 60^\circ$; $\varphi_2 = 30^\circ$ тоді $B=2$.

$$a_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,78 \cdot 15 \cdot 0,12}{0,9 \cdot 850 \cdot 0,17 \cdot \left(\frac{1}{\cos 60} - \frac{2^2}{4(\operatorname{tg} 60 - \operatorname{tg} 30)} \right)}} = 0,303 \text{ м.}$$

$$a_2 = \frac{a_1 B}{2(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)} = \frac{0,303 \cdot 2}{2(\operatorname{tg} 60 - \operatorname{tg} 30)} = 0,26 \text{ м.}$$

$$\begin{aligned}
h_1 &= \frac{A \cdot T \cdot Q}{\beta \cdot \gamma \cdot L \cdot a_1} - \frac{a_1^2 - a_2^2}{2a_1} \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{a_2^2}{2a_1} \operatorname{tg} \varphi_2 = \\
&= \frac{3,78 \cdot 0,12 \cdot 15}{0,9 \cdot 850 \cdot 0,17 \cdot 0,303} - \frac{0,303^2 - 0,26^2}{2 \cdot 0,303} \operatorname{tg} 60 - \frac{0,26^2}{2 \cdot 0,303} \operatorname{tg} 30 = \\
&= 0,172 - 0,069 - 0,064 = 0,039 \text{ м.}
\end{aligned}$$

Результати розрахунків засвідчили доцільність конструювання місткостей сівалок з конкретно визначеними геометричними параметрами, що забезпечують економне використання листового матеріалу.

$$\begin{aligned}
V &= 0.009 \text{ м}^3; & L &= 0,17 \text{ м;} \\
a_1 &= 0,303 \text{ м;} & \varphi_1 &= 60^\circ; \\
h_1 &= 0.039 \text{ м;} & \varphi_2 &= 30^\circ.
\end{aligned}$$

Оскільки переорієнтація виробничого процесу підприємств на виготовлення бункерів з точно заданими параметрами є технічно складною, доцільно використовувати стандартну конструкцію бункера з геометричними характеристиками, максимально наближеними до розрахункових.

$$\begin{aligned}
V &= 0.0085 \text{ м}^3; & L &= 0,17 \text{ м;} \\
a_1 &= 0,305 \text{ м;} & \varphi_1 &= 35^\circ; \\
h_1 &= 0,13 \text{ м;} & \varphi_2 &= 75^\circ; \\
h_2 &= 0,10 \text{ м;} \\
h_3 &= 0,08 \text{ м;}
\end{aligned}$$

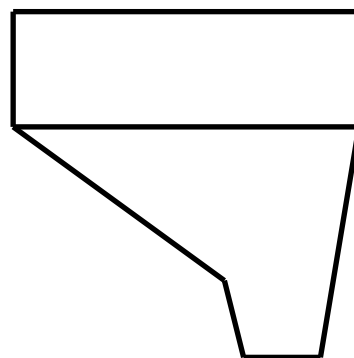


Рисунок 3.2 – Насінневий бункер уніфікованої сівалки

Забезпечення якісного укладання насіння на ущільнене дно борозни реалізується шляхом попереднього ущільнення її стінок, а також запобігання передчасному осипанню ґрунту до моменту укладання насіння.

З цією метою сучасні сівалки точного висіву, як правило, обладнуються сошниками з наральниками імітованого профілю. У контексті цього дослідження доцільним є використання сошників полозовидного типу. Контроль глибини укладання насіння на мінімально допустимому рівні забезпечується завдяки підтриманню стабільної глибини дна борозни, що значною мірою визначається конструктивними особливостями підвісок робочих органів.

Аналіз існуючих конструкцій дозволяє класифікувати підвіски на три основні типи: радіальні, паралелограмні та балансирні. Частка використання кожної з них у сучасних сівалках розподіляється наступним чином: радіальні – 39%, паралелограмні – 32%, балансирні – 29%.

У даній роботі доцільним є вибір конструктивного рішення на основі балансирної підвіски з паралелограмним поводком, при цьому конструктивні параметри секції приймаються аналогічними до параметрів серійної сівалки СУПН-8.

3.2. Розрахунок та обґрунтування основних параметрів висівного апарату

Уніфікований пневматичний висівний апарат призначений для точного посіву насіння овочевих культур, цукрового буряку та кукурудзи.

Його конструкція (див. ілюстрацію) включає литий корпус із живильною камерою, кришку камери розрідження, між якими розміщений висівний диск з

ворошилкою та прокладкою. Висівний диск складається з основи та тонкої металевої накладки, жорстко з'єднаних між собою. У них просвердлені отвори різного діаметра: в основі – більші, в накладці – менші, що запобігає їх забиванню.

Диск орієнтують так, щоб отвори меншого діаметра були звернені до живильної камери, а більшого – до камери розрідження. Під час висіву насіння середньої та великої фракції вентилятор створює вакуум у камері розрідження. Насіння присмоктується до отворів обертового диска й транспортується до місця скидання.

Зайве насіння, що присмоктувалося, повертається до живильної камери за допомогою підпружинених штирів вилки, між якими проходить диск.

У нижній частині висівного апарату, під час переходу отворів з насінням із зони розрідження в зону атмосферного тиску, насіння примусово скидається з отворів диска за допомогою нижнього чистика і вкладається на ущільнене дно борозни, сформоване п'ятою сошника.

У горловині корпусу апарату розміщено пружинну ворошилку, функцією якої є запобігання утворенню зводів сипучого насіння овочевих культур (зокрема, томатів).

За умов індустріальних технологій вирощування культур доцільним є використання пунктирного способу посіву, який забезпечує більш точне розміщення рослин і уможливорює формування рівномірного насадження без застосування проріджування.

Далі проведено розрахунки висівних дисків для висіву кукурудзи, цукрового буряка та овочевих культур.

Першочергово розглянемо обчислення кількості отворів у висівному диску при посіві кукурудзи:

$l = 6 \div 50$ см – відстань між насінням в рядку згідно агротехнічних умов.

$d = 120$ мм – діаметр висівного диска.

$D = 510$ мм – діаметр опорно-приводних коліс.

Застосуємо формулу:

$$K = \frac{\pi \cdot D}{l \cdot i \cdot (1 - \delta)} \quad (3.5)$$

Прийmemo відстань між насінням в рядку $l = 0,34$ м при $i = 0,412$, тоді

$$K = \frac{3,14 \cdot 0,51}{0,34 \cdot 0,412(1 - 0,09)} = 12,56$$

Приймаємо $K = 13$ отворів.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості отворів у висівному диску для забезпечення точного пунктирного висіву насіння цукрового буряка:

$l = 7 \dots 11$ см – відстань між насінням в рядку згідно агротехнічних умов.

$d = 120$ мм – діаметр висівного диску.

$D = 510$ мм – діаметр опорно-приводних коліс.

При $l = 0,09$ м та $i = 0,412$

$$K = \frac{3,14 \cdot 0,51}{0,09 \cdot 0,412(1 - 0,09)} = 47,46$$

Прийmemo $K = 47$ отворів, котрі на висівному диску будуть розміщатись у два ряди.

Здійснимо розрахунок кількості отворів у висівному диску для висіву насіння овочевих культур середньої та крупної фракції з урахуванням агротехнічних вимог до рівномірності розміщення рослин у рядку.

$l = 5 \div 66$ см – відстань між насінням в рядку згідно агротехнічних умов.

При польовому проростанні не нижче 60%

$d = 120$ мм – діаметр висівного диску.

$D = 510$ мм – діаметр опорно-приводних коліс.

При $l = 30$ см та $i = 0.412$

$$K = \frac{3,14 \cdot 0,51}{0,30 \cdot 0.412(1 - 0,09)} = 14.23$$

Приймаємо $K=14$ отворів.

На уніфікованих сівалках використовують диски з числом отворів:

$K=13$; $K=47$; $K=14$.

Відстань між отворами в дисках знайдемо за формулою:

$$S = \frac{\pi \cdot d}{K} \quad (3.6)$$

$$S_1 = \frac{3.14 \cdot 0.12}{13} = 0.028 \text{ мм} = 2,8 \text{ см};$$

$$S_2 = \frac{3.14 \cdot 0.12}{47} = 0.008 \text{ мм} = 0,8 \text{ см};$$

$$S_3 = \frac{3.14 \cdot 0.12}{14} = 0.026 \text{ мм} = 2,6 \text{ см}.$$

Діаметр присмоктуючого отвору у висівному диску визначено на основі експериментальних досліджень, що дозволило забезпечити надійне утримання насінин під дією вакууму без їх пошкодження.

$$d = (0,6...0,7)b_c,$$

де b_c – середня ширина насіння.

Підставляючи до розрахункової формули середні значення ширини насіння, визначаємо рекомендовані діаметри присмоктуючих отворів висівного диска для кожної культури. Це дозволяє забезпечити оптимальне утримання насінин під час висіву й гарантує високу точність дозування (табл. 3.1).

Для прикладу середня ширина насінини кукурудзи $b_c = 8,2$ мм, тоді

$$d = 0,65 \cdot 8,2 = 5,33 \approx 5.$$

Таким чином, у результаті проведених розрахунків встановлено діаметри присмоктуючих отворів у висівних дисках для основних просапних культур. Узагальнені дані подано у вигляді таблиці, що дозволяє систематизувати отримані значення та полегшує подальший вибір параметрів для виготовлення висівних дисків відповідно до конкретних агротехнічних вимог.

Таблиця 3.1 – Діаметри отворів висівного диску для основних просапних культур

Діаметри отворів, мм	Висівні культури.
1	Капуста, морква
1,2	Цибуля, томати;
1,5	Баклажани перець;
2	Редька, огірки;
3	Кабачки, соняшник;
3,5	Столовий та цукровий буряк
4,5	Горох
5	Кукурудза

При висіванні насіння малої фракції використовується той самий уніфікований висівний апарат, проте функціонує він у режимі без застосування пневматичної системи. У такому випадку процес висіву відбувається механічним способом. Це удосконалення спрямоване на усунення проблем із забиванням присмоктуючих отворів висівного диска та підвищення надійності і безперервності процесу висівання.

Суть удосконалення полягає в наступному: на висівному диску виконуються отвори діаметром 6 мм, до яких за допомогою точкового зварювання кріпляться спеціальні елементи у вигляді "кишень", що забезпечують механічний відбір та подачу насіння до зони висіву.

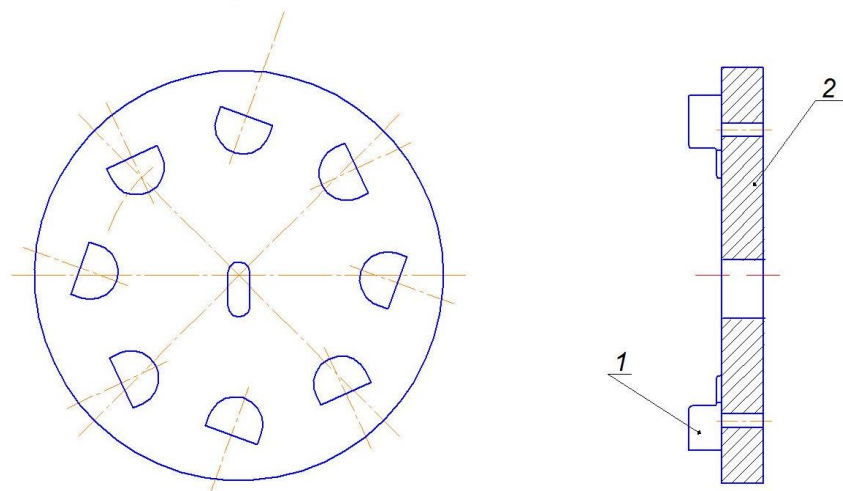


Рисунок 3.3 – Висівний диск висіваючого апарату

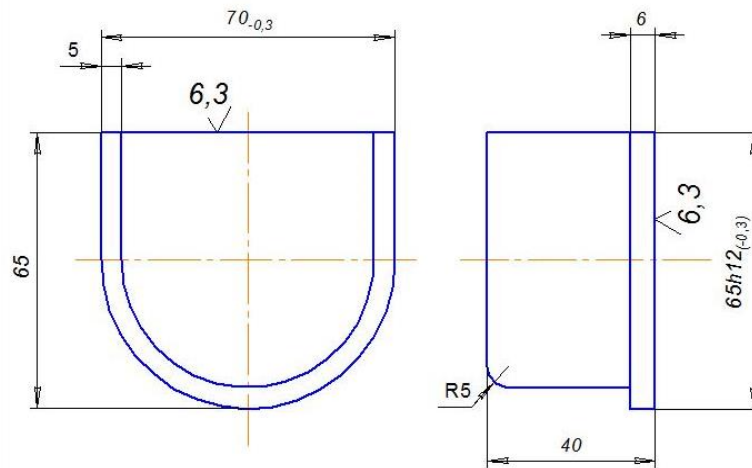


Рисунок 3.4 – Кишені удосконаленого висівного диска

Вісь "кишень" встановлена під кутом 20° до осі обертання диска. Під час обертання в забірній камері насіння захоплюється цими "кишенями" та переміщується разом з диском у верхню точку. У цій позиції насіння висипається з "кишень" у відповідні отвори диска та потрапляє в камеру розрідження.

У корпусі висівного апарата передбачені пази, виготовлені фрезою, які забезпечують вільне обертання диска з привареними "кишенями".

Завдяки такій конструкції висівного апарата можливо забезпечити висів до 250 насінин моркви, капусти та інших культур на один погонний метр рядка, що особливо ефективно для дрібного насіння.

Розрахунок параметрів удосконаленого висівного диску

Вихідні данні:

$Q = 6$ кг/га норма висіву насіння;

$B = 5,6$ м ширина захвату сівалки;

$n = 12$ кількість секцій;

$i = 0,412$ передаточне відношення;

$D = 510$ мм діаметр опорноприводних коліс;

Визначимо об'єм насіння, яке висівається за один оберт висівного диска, за такою формулою:

$$V = \frac{Q \cdot B \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot n \cdot i \cdot \gamma}, \quad (3.7)$$

де γ - об'ємна вага насіння.

$$V = \frac{6 \cdot 5,6 \cdot 3,14 \cdot 0,51}{1000 \cdot 12 \cdot 0,412 \cdot 0,495} = \frac{53,80704}{2447,28} = 0,021 \text{ м}^3.$$

Приймаємо, що кількість “кишень” на диску складає $z = 8$ шт.

Оскільки коефіцієнт заповнення “кишень” насінням $k = 0,3$, то об'єм одного буде дорівнювати:

$$V_k = \frac{V_0}{z} \cdot k = \frac{2,1}{8} \cdot 0,3 = 0,23 \text{ см}^3. \quad (3.8)$$

На рисунку 3.4 зображена насіннева “кишеня” висівного диска. Знайдемо її параметри.

Виходячи з конструктивних міркувань і максимальної довжини насіння задаємось довжиною l_k .

$$l_k = 3\text{мм} = 0,3\text{см};$$

$$h_k = 10\text{мм} = 1\text{см}.$$

Знайдемо площу поперечного перерізу згідно формули:

$$F_k = \frac{V_k}{l_k} = \frac{0.23}{0.3} = 0.77 \text{ см}^2. \quad (3.9)$$

З іншої сторони

$$F_k = b_k \cdot h_k.$$

Тоді знайдемо ширину “кишені”.

$$b_k = \frac{F_k}{h_k} = \frac{0.23}{1} = 0.23 \text{ см}. \quad (3.10)$$

Приймаємо $b_k = 8 \text{ мм}$.

Діаметр отвору в диску знайдемо із залежності:

$$\frac{d}{b_k} = 0.7;$$

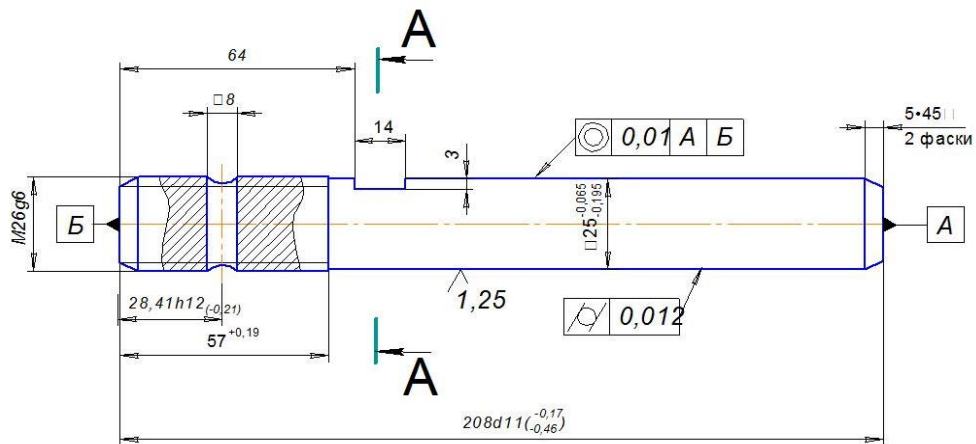
звідси

$$d = 0.7 \cdot 8 = 5.6_{\text{мм}}.$$

Прийmemo $d_{\text{отв.}} = 6 \text{ мм}$.

3.3. Розрахунок на міцність валу вентилятора

Вал приводиться в рух від гідромотору за допомогою клинопасової передачі.



Розрахункові данні:

$$B=0,128 \text{ M}, \quad d_2=0,28 \text{ M};$$

$$c = 0,042 \text{ м};$$

$$n_{\text{BeHT}} = 4200 \text{ об/хв.}$$

Знайдемо колову силу вентилятора:

$$P_2 = \frac{N}{U} = \frac{2.95}{63} = 0.047 \text{ кН}, \quad (3.11)$$

де

N – потужність приводу, кВт;

U – колова швидкість вентилятора м/с.

Величина колової сили на шківу:

$$P_1 = \frac{N}{v} = \frac{N \cdot 60}{\pi \cdot n \cdot d_1} = \frac{2,95 \cdot 60}{3,14 \cdot 4200 \cdot 0,066} = 0,2033 \text{ кН.} \quad (3.12)$$

Знайдемо рівнодійну сил натягу клинового паса Q .

$$Q = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha} \quad (3.13)$$

де

F_1 і F_2 – сили натягу віток паса кН;

$\alpha = 24^{\circ}48'$ - кут обхвату.

$$F_1 = F_0 + 0,5 P_1; \quad (3.14)$$

$$F_2 = F_0 - 0,5 P_1, \quad (3.15)$$

де

F_0 – початкова сила натягу паса, кН.

$$F_0 = A \cdot \sigma_0 \quad (3.16)$$

де

A – площа поперечного перерізу паса, м^2 .

σ_0 – початкова напруга в пасі 1,2...1,5 МПа.

Для стандартного клиновидного паса з параметрами $p=27$ мм, $a=32$ мм, $h=19$ мм; $A=0,00047$ м^2 .

При максимальному початковому натягу

$$F_0=0.71 \text{ кН.}$$

$$F_1=0.71+0.5\cdot0.2=0.8115 \text{ кН;}$$

$$F_1=0.71-0.5\cdot0.2=0.608 \text{ кН;}$$

$$Q = \sqrt{0,8115^2 + 0,608^2 + 2\cdot0,8115 \cdot 0,608 \cdot \cos 24,48} = 1,12 \text{ кН.}$$

При розрахунку валу нехтуємо його власною масою.

Знаходимо крутний момент по формулі

$$M_k = 716,2 \frac{N \cdot g}{n} = 716,2 \frac{4,02 \cdot 9,8}{4200} = 6,72 \text{ Н м,} \quad (3.17)$$

де N – потужність на валу, кВт;

n – обороти валу, об/хв.

Згинаючі моменти:

Від сили P_1

$$M_{\text{згин } 1} = P_1 \cdot c = 0,203 \cdot 0,042 \cdot 1000 = 8,54 \text{ Нм,} \quad (3.18)$$

де

P_1 – колова сила, кН;

$$M_{\text{згин } 2} = P_2 \cdot a = 0,047 \cdot 1000 \cdot 0,022 = 1,03 \text{ Нм,} \quad (3.19)$$

де

P_2 – колова сила вентилятора, кН;

a – відстань між опорами (від А до В), м.

Згинаючий момент від сили Q .

$$M_{\text{згин.}Q} = 1.12 \cdot 0,042 \cdot 1000 = 47,04 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сумарний згинаючий момент в точці С.

$$\sum M_{\text{згин.}} = 47,04 + 8,54 = 55,58 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Максимальний згинаючий момент $M_{\text{згин}}=55,58 \text{ Н}\cdot\text{м}$ в точці С.

Небезпечним є переріз в точці С.

Визначимо еквівалентний момент в небезпечному перерізі:

$$M_{\text{екв.}} = \sqrt{M_{\text{згин.}}^2 + \alpha M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{55,58^2 + 0,6 \cdot 6,7^2} = 55,82 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.20)$$

Визначимо діаметр валу в небезпечному перерізі:

$$d = 10 \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{екв.}}}{\pi [\sigma_p]}} \quad (3.21)$$

Допустиме напруження на згині визначаємо по формулі:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_{-1n}}{n-1}, \quad (3.22)$$

де

$\sigma_{-1n}=348$ МПа – межа витривалості при згині;

$n-1$ – коефіцієнт запасу міцності;

$n-1 = 3,2 \dots 3,5$. Приймаємо 3,35.

$$\sigma_p = \frac{348}{3.35} = 103,9 \text{ МПа};$$

$$d = 10^3 \sqrt{\frac{32 \cdot 55,82}{3,14 \cdot 103,9}} = 17,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо найбільш близьке значення стандартного валу $d=20$ мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України та Кодекс законів про працю України (КЗпП). Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються кабінетом Міністрів України, Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, Міністерством соціальної політики України, Міністерством охорони здоров'я й ін. Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці [15].

До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП). Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років. Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізняти від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями, концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі. Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативноправові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства.

Відповідно до рекомендацій Держнаглядохоронпраці щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві (наказ № 132 Державного комітету з нагляду за охороною праці від 12 грудня 1993 р.) до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;

2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності 50 нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;
9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 29 січня 1998 р. за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки [15].

4.2. Вимоги охорони праці при роботі з посівним агрегатом

В основному на сівбі тракторист обходиться без допомоги причіплювачів. Проте внаслідок недосконалості конструкцій деяких сівалок, а також

складності технологічних процесів, наприклад при садінні розсади, ще використовується праця садильників.

Робочі місця на машинах обладнують підніжною дошкою (на зернових сівалках) чи сидіннями (на садильних машинах). Іноді підніжна дошка призначається для підвищення зручності обслуговування під час заправки сівалки насінням і добривами. Сидіння на машинах, як правило,

малі, не відповідають стандартам по висоті, ширині та глибині. Крім того, вони не регулюються по висоті і положенню. Простір для ніг вкрай обмежений. Все це зумовлює незручну, без можливості зміни робочу позу з елементами статичних напружень, що особливо характерно для машин для садіння цукрових буряків.

Робоча поза тракториста під час роботи із сівалками нерациональна. Для контролю за точністю руху по сліду маркера він змушений нахилитися вперед і праворуч, а при роботі без причіплювача – постійно повертатися назад для контролю за якістю сівби. В останні роки розроблені і встановлюються автоматичні пристрої для контролю за роботою висівних апаратів і рівнем насіння у ящиках зернових і бурякових сівалок. Робота на сівалках досить трудомістка, внаслідок ручного перенесення насіння і добрив під час завантаження сівалок, очищення сошників. Якість сівби оцінюється, в першу чергу, прямолінійністю і точністю руху агрегату по сліду маркера, що дуже складно забезпечити внаслідок нестійкості машин. При цьому механізатор змушений робити до 60 робочих рухів рульовим колесом за хвилину, що, природно, призводить до швидкого стомлення.

Велика частота робочих рухів (до 50-60 на хвилину) спостерігається також у робітників під час виконання операцій на садильних машинах, що також пов'язане із небезпекою травмування.

Сівалки, як правило, не є джерелом шуму. Проте в останні роки розробляються агрегати, на яких насіння вноситься в ґрунт повітряним потоком. Встановлені на них компресори є джерелами високочастотного шуму.

Робота на сівалках пов'язана із значною вібрацією, яка часто обмежує робочу швидкість агрегату. Сошники, котки і колеса сівалок, особливо на сівбі культур у теплий період при низькій вологості ґрунту (наприклад, кукурудзи,

рису, картоплі, озимих культур), спричиняють значну запиленість повітря.

Насіння майже всіх культур протруюється, тому можливе ураження працюючих під час його навантаження. При роботі сівалок з компресорами частинки пилу з насіння можуть потоком повітря відноситися у зону дихання механізаторів.

Технічне обслуговування більшості сівалок через особливості конструкції утруднене. Так, незважаючи на розробку і впровадження автоматичних зчіпок, компоновка агрегата з трактоаа і сівалки у деяких випадках складна і небезпечна (СПЧ-6М, СЗУ-3,6), особливо при складанні агрегатів з кількох сівалок (2СУПП-6). Трудомістким є переобладнання сівалок (ССТ-18) з робочого положення у транспортне і, в першу чергу, встановлення маркерів і фіксація коліс.

До транспортування по дорогах більшість сівалок погано пристосована (за винятком сівалки ССТ-18). їх габарити у транспортному положенні утруднюють зустрічний роз'їзд та обгін під час руху по дорогах.

Технологічне обслуговування сівалок також складне внаслідок великої висоти підніжних дощок, відсутності на них опорно-запобіжних спинок і значної висоти завантажувальних отворів тукових баків. Найбільш трудомісткі і незручні операції – очищення сошників насінне- і туковисівних апаратів. Сівалки мають також велику кількість точок мащення, до того ж доступ до них утруднений.

Перед початком роботи перевірити комплектність і надійність кріплення всіх механізмів і вузлів, стан підніжної дошки, поручнів, підтягнути різьбові з'єднання, змастити тертьові поверхні, переконатись у наявності і справності захисних огорожень та відсутності сторонніх предметів в зерно-тукових ящиках, банках, бункерах й живильних ковшах. Оглядають механізми передач, автомати, регулюють сошники, перевіряють надійність їх кріплення, заміряють прогин неробочих віток ланцюгів.

Підніжна дошка повинна бути шириною не менше 350 мм з переднім запобіжним буртиком висотою 100 мм, перилом висотою 900 мм.

Рух причіпного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання сигналу у відповідь від старшого на посівному

агрегаті. При завантажуванні зерна відкриті кришки ставлять на запобіжники. Під час завантажування сухих порошкоподібних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши протипиловий респіратор. Після завантаження зерна й туків необхідно щільно закрити кришки ящиків.

Періодично протягом робочого дня слід очищати бункери саджалки, живильні ковші, ложечки, сошники, тукопроводи й борознозакривачі від ґрунту, рослинних решток та інших сторонніх предметів й усувати виявлені несправності. Усувати несправності та очищати машину дозволяється після зупинки агрегату. Забороняється під час руху переходити з однієї сівалки на іншу.

Перед поворотом агрегату сошники сівалки піднімають, а поворот виконують на знижених швидкостях. Широкозахватними агрегатами не слід робити крутих поворотів, бо це може призвести до набігання однієї сівалки на іншу. Якщо сошники опущені, не дозволяється рушати агрегатом назад. Піднімати і опускати сошники можна тільки при прямолінійному русі вперед.

Під час роботи стежать за роботою механізму передач. Ослаблі ланцюги підтягують натяжними зірочками. Надмірний натяг ланцюгів не допускається.

Періодично перевіряють стан пневматичних коліс, легкість обертання.

Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність електричного освітлення.

Отвори висівних апаратів очищають спеціальними чистиками, гачками. Розрівнюють насіння тільки лопатками.

Перед сівбою протруєного насіння працівники обов'язково проходять інструктаж з техніки безпеки. Агроном повинен попередити сівачів про отруйні властивості насіння, перевірити у них наявність справних засобів індивідуального захисту відповідно до санітарних правил. Прямий контакт сівачів з протруєним насінням не дозволяється. Під час сівби необхідно стежити, щоб кришки сівалок були щільно закриті, а пил не виходив назовні та не забруднював навколишнє середовище.

Забороняється сидіти на мішках з протруєним насінням, перевозити його з іншими продуктами і залишати без догляду.

Після закінчення роботи підняті у транспортне положення гідромаркери

фіксують засувками і гачками, а рукоятку розподільника встановлюють у положення «Нейтральне». Посівні машини очищають, а висівний механізм змащують солідолом. Працівники, які працювали з протруєним насінням, повинні зняти спецодяг, здати його для знезаражування, старанно вимити руки з милом, прийняти душ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою кваліфікаційної роботи є розроблення висівного апарата пневматичної сівалки з метою вдосконалення технології посіву насіння просапних культур.

Поставлена мета реалізована шляхом створення уніфікованого висівного апарата пневматичного типу, конструктивною особливістю якого є універсальність у висіві насіння різних фракцій. При роботі з насінням звичайної фракції використовується пневматичний принцип дії із залученням повітряного потоку. Для висівання дрібно-фракційного насіння передбачена можливість роботи апарата в механічному режимі, що дозволяє уникнути забивання отворів у диску та підвищити надійність безперервного процесу висіву.

У теоретичній частині роботи проведено ґрунтовний аналіз існуючих технологій сівби просапних культур, а також здійснено критичний огляд конструктивних рішень висівних апаратів, що використовуються в сучасних сівалках. Визначено основні агротехнічні та експлуатаційні вимоги до сівалок точного висіву, що стали основою для подальшого технічного проектування.

У проектній частині обґрунтовано вибір функціональної схеми пневматичної сівалки, розраховано її основні експлуатаційно-технологічні параметри. Здійснено інженерні розрахунки ключових елементів конструкції – висівного апарата, висівного диска удосконаленої конфігурації та вентилятора. Також запропоновано конструктивні рішення складальних одиниць і вузлів висівного апарата, орієнтовані на уніфікацію та технологічність виготовлення.

Розглянуто вимоги з охорони праці під час експлуатації посівного машинно-тракторного агрегату.

Практичну цінність становить використання універсалізованого висівного апарата, придатного як для сівби просапних, так і овочевих культур.

Для забезпечення високої точності дозування насіннєвого матеріалу

доцільним є застосування пневматичного висівного механізму. У випадках, коли посів здійснюється дрібно-фракційним насінням, ефективним рішенням є використання механічного апарата з дисками кишенькового типу, конструкція якого розроблена на основі пневматичного аналога.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Антонишиш Р.З. Карти технологічної наладки ґрунтообробних і посівних машинно-тракторних агрегатів. К.: Вища школа, 1991. 150 с.
2. Гаврилук Г.Р. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин; Довідник. К.: Урожай, 1988. 256 с.
3. Головач І.І., Сакаль О.І. Механізація сільськогосподарського виробництва. К.: Урожай, 2018. 312 с.
4. Гудь, М., Ворошук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
6. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
7. Довідник сільського інженера /В.Д.Гречкосій, О.М.Погорілець, І.І.Ревенко та ін./; За ред. В.Д.Гречкосія. 2-е вид., перероб. і доп. К.: Урожай, 1991. 400 с.
8. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
9. Інструкція з експлуатації сівалки Monosem NG Plus 4. 2020. 56 с.
10. Каталог сільськогосподарських машин «Уманьферммаш». Умань, 2022. 48 с.

11. Комплексна механізація виробництва зерна /В.Д.Гречкосій, Д.М.Алімов, В.І.Кифоренко, П.М.Чайка; За ред. В.Д.Гречкосія. К.: Урожай, 1991. 216 с.
12. Литвиненко С.В., Кириленко І.П. Інноваційні системи сівби. К.: Агронаука, 2023. 158 с.
13. Мартинюк В.В., Дудка С.О. Системи обробітку ґрунту. Вінниця: Нова Книга, 2019. 236 с.
14. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
15. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlyvi
16. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
17. ПІ 2.00-013-99. Інструкція з охорони праці для тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва
18. Погорілий О.А., Чорний С.М. Аграрна техніка ХХІ століття. Полтава: Аграрна освіта, 2021. 302 с.
19. Прецизійне землеробство: навч. посіб. / За ред. В.П. Кравченка. Харків: Факт, 2021. 198 с.
20. Рудик Р.І. Сучасні технології в землеробстві. К.: Центр учбової літератури, 2020. 280 с.
21. Степаненко В.М. Технології вирощування просапних культур. Кропивницький: Ексклюзив-систем, 2020. 190 с.
22. Типові норми на механізовані сільськогосподарські роботи /Л.С.Пристапчук, О.Ф.Лук'янчук, В.М.Карпенко. К.: Урожай, 1982. 54 с.
23. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.

24. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

25. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.

26. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. *Scientific Journal of TNTU*. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

27. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 50–58.

28. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

ДОДАТКИ