

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно – технологічний факультет
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Допущений до захисту:
Завідувач кафедри
к.т.н., професор Гунько І. В.

—
(Підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ВИСІВНОГО АПАРАТА СІВАЛКИ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
зі спеціальності 208 Агроінженерія

Виконав: студент групи АІ-22-1 Маг
Попроцький Ростислав
Михайлович

Керівник: к.т.н., доцент
Труханська Олена Олександрівна

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агроінженерії
та технічного сервісу

Інженерно-технологічний
факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІ та ТС
к.т.н. професор Гунько І.В.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

студенту _____ Попроцькому Ростиславу Михайловичу _____

на тему:

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ **ВИСІВНОГО АПАРАТА СІВАЛКИ**

затверджену Наказом від _____ 02 грудня 2022 року № 188м

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План магістерської роботи.
3. Підручники і навчально – методичні посібники, статистичні дані.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, патенти) щодо технологічного процесу вирощування просапних культур.
5. Методика оцінки результатів досліджень.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи	Обсяг, г, стор.	Термін підготовки
Анотація, Вступ	2-4	грудень - січень
Розділ 1. Стан питання, мета та задачі досліджень	20-25	лютий - березень
Розділ 2. Теоретичні дослідження роботи висівного агрегату	20-25	березень - травень
Розділ 3. Методика проведення і результати досліджень	10-20	травень - вересень
Висновки	1-2	вересень - жовтень
Список використаних джерел	3-5	жовтень

Термін подання роботи на кафедру
для попереднього захисту

Завдання видано « 02 » грудня 2022р.

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1. Аналіз існуючих способів і технічних засобів для підвищення точності висіву	
1.2. Аналіз конструкцій висівних апаратів для висіву просапних культур	
1.3. Аналіз досліджень висівних апаратів	
1.4. Висновки до розділу, мета і задачі досліджень	
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВИСІВНОГО АГРЕГАТУ	
2.1. Оцінка впливу форми і типу комірок висівного диска на якість дозування насіння	
2.2. Обґрунтування принципової схеми висівного апарату	
2.3. Аналіз об'єкту досліджень.....	
2.4. Висновки до розділу	
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Методика проведення досліджень	
3.2. Результати досліджень	
3.3. Висновки до розділу	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ	

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему: «Обґрунтування конструктивних параметрів висівного апарата сівалки» складається із вступу, 3 розділів

розрахунково-пояснювальної записки, загальних висновків, списку використаних джерел з 42 назв і 10 аркушів графічної частини. Основний зміст роботи викладений на 88 сторінках машинописного тексту, містить рисунки і таблиці.

Магістерська робота присвячена підвищенню ефективності сівби просапних культур шляхом обґрунтування параметрів висівного апарату.

У першому розділі проведено аналіз конструкцій технічних засобів для сівби просапних культур, виявлені їх переваги і недоліки, поставлено мету та задачі досліджень.

У другому розділі обґрунтовано основні параметри висівного диска, на основі теоретичного аналізу розроблено конструктивну схему пневмомеханічного висівного апарату.

У третьому розділі наведено методику проведення досліджень та їх результати.

Використання запропонованої конструкції висівного апарату дозволить збільшити продуктивність і якість висіву просапних культур, підвищити технологічну ефективність і зменшити енергоємність процесу.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого удосконалення висівних апаратів сівалок.

Ключові слова: сівалка, висівний апарат, диск, комірка, швидкість, крок, продуктивність.

SUMMARY

Master's thesis on: "Justification of the design parameters of the seeding device of the seeder" consists of an introduction, 3 sections of the explanatory note, general conclusions, a list of sources used with 42 titles and 10 sheets of the graphic part. The main content of the work is set out on 88 pages of typewritten text, contains figures and tables.

The master's thesis is devoted to improving the technological process of sowing plowing cultures.

In the first section the analysis of designs of technical means for sowing of cultivated crops is carried out, their advantages and disadvantages are revealed, the purpose and tasks of researches are set.

In the second section the basic parameters of the seeding disk are substantiated, on the basis of theoretical analysis the design scheme of the pneumatic mechanical seeding apparatus is developed.

The third section describes the research methodology and results.

The use of the proposed design of pneumatic mechanical seeding machine will increase the productivity and quality of seeding of cultivated crops, improve technological efficiency and reduce the energy intensity of the process.

The results obtained can be used to further improve the sowing units.

Key words: seeder, seeding machine, disk, cell, speed, pitch, productivity.

ВСТУП

Збільшення виробництва сільськогосподарської продукції можливе на основі впровадження інтенсивних технологій, якими передбачено виконання всіх операцій високопродуктивними машинами, тобто на високих робочих швидкостях. Ефективність вирощування цукрових буряків та кукурудзи в значній мірі обумовлено якістю сівби [1].

Продуктивність посівних машин може бути збільшена шляхом підвищення швидкості руху агрегату і збільшенням ширини захвату. Відомо, що збільшення ширини захвату машин призводить до росту питомої металоємності конструкції та її ускладнення, а також погіршення копіювання мікрорельєфу поля, що понижує якість виконання технологічних операцій [2].

Збільшення робочої швидкості сівби просапних культур (цукрових буряків, кукурудзи, соняшнику та інших) з висівними апаратами відомих конструкцій обмежено із-за погіршення заповнення комірок диска, що приводить до збільшення нерівномірності розподілу насіння вздовж осі рядка. Крім того, в цих апаратів насіння викидається з великою по модулю абсолютною швидкістю (по відношенню до ґрунту), оскільки колова швидкість висівного диска приблизно в десять разів менша швидкості руху посівного агрегату. Усунення другого не достатку шляхом збільшення окружної швидкості висівного диска з тим, щоб викидати насіння назад з швидкістю, рівною швидкості посівного агрегату, приводить до посилення першого недоліку, оскільки при більшій швидкості обертання диска коефіцієнт заповнення комірок різко зменшується. Це підтверджено численними дослідженнями відомих вчених-сівальників [1, 2, 3, 9, 10, 14, 15].

Пунктирна сівба значно покращує рівномірність розподілення насіння, а в подальшому і рослин по площі живлення, що приводить до поліпшення повітряно-водного режиму як сходів цукрових буряків так і кукурудзи.

Отже, обґрунтування пунктирного способу сівби для умов Лісостепу України і пошук шляхів підвищення врожайності цукрових буряків і кукурудзи мають велике народногосподарське значення і тому заслуговують на поглиблене їх вивчення та дослідження.

Метою досліджень є підвищення ефективності висіву насіння просапних культур шляхом обґрунтування параметрів посівного агрегату.

Для досягнення вказаної мети поставлені наступні задачі:

- обґрунтувати принципову схему висівного апарату для точного висіву насіння просапних культур на основі аналізу існуючих конструкцій;
- теоретично дослідити і обґрунтувати конструктивно - технологічні параметри висівного апарату;
- визначити закономірності процесу висіву насіння різних просапних культур з метою забезпечення його універсальності.

Об'єкт дослідження – технологічний процес висіву насіння просапних культур дисковим вакуумним висівним апаратом.

Предмет дослідження – технологічні та конструктивні параметри висівного апарату.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз існуючих способів і технічних засобів для підвищення точності висіву

Від якості сівби кукурудзи і цукрових буряків в значній мірі залежить урожай зерна і силосної маси кукурудзи, а також вихід коренів цукрових буряків з одного гектара. Тому важливому технологічному процесу при вирощуванні кукурудзи і цукрових буряків присвятили свої зусилля багато дослідників, як вітчизняні, так і зарубіжні [1 -15, 26, 30].

На основі багаторічних дослідів розроблені агротехнічні вимоги до сівби сільськогосподарських культур. Основні агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи і цукрових буряків полягають у вимозі рівномірного розподілу насіння вздовж рядка. Допускається відхилення від розрахункового інтервалу між насінням кукурудзи $\pm 30\%$, а в заданому інтервалі з допустимим відхиленням не менше 85% насіння (при нормі висіву 25-80 тис. насінин на га) [14].

Повинна забезпечуватись поодиначна заробка в ґрунт насіння цукрових буряків з інтервалом по довжині рядка в 50, 60, 80, 100 і 120 мм. При сівбі з інтервалом 50 і 60 мм, заміряний у відкритій борозні з точністю ± 5 мм або на липкій стрічці, середньоквадратичне відхилення для дражованих насінин не повинно перевищувати ± 25 мм і звичайних ± 30 мм, а при інтервалах 80, 100,

120 мм відповідно ± 35 мм і ± 45 мм; нерівномірність висіву насіння повинна бути не більше 3 %, а нерівномірність висіву - не більше 2 %; розсів насіння по ширині від осьової лінії рядка повинен бути не більше ± 5 мм.

Насіння повинні вкладатися на ущільнене ложе і зароблятися на однакову глибину вологим рихлим ґрунтом, а ґрунт за сошниками повинен прикочуватися. Глибина заробки насіння кукурудзи повинна регулюватися з відхиленням в межах 40-120 мм з інтервалом не більше 10 мм. При заданій глибині з відхиленням ± 15 мм повинно бути зароблено 95 % насінин. Глибина заробки насіння цукрових буряків повинна бути в межах від 20 до 60 мм. Кількість насінин, зароблених в шарі середньої фактичної глибини і двох сусідніх шарах з відхиленням ± 10 мм, повинно бути не менше 95 % при середньоквадратичному відхиленні ± 50 мм [14].

Одночасно з висівом насіння повинно забезпечуватись рядкове внесення мінеральних добрив з розміщенням їх нижче на 10-30 мм і збоку - не більше 50 мм. Норма висіву мінеральних добрив коливається від 50 до 150 кг/га з інтервалом 25 кг. Відхилення від заданої норми висіву добрив не повинно перевищувати $\pm 10\%$ від маси [14].

Потрібно відзначити, що відомі конструкції висівних апаратів серійних кукурудзяних і бурякових сівалок ще повністю не задовольняють агротехнічні вимоги на сівбу кукурудзи і цукрових буряків, що є причиною неперервної інтенсивної роботи науково-дослідних організацій, конструкторських бюро і окремих дослідників в цій галузі сільськогосподарського машинобудування.

1.2. Аналіз конструкцій висівних апаратів

В даний час у багатьох країнах випускається дві основні групи сівалок для просапних культур: кукурудзяні і бурякові. Для точного висіву насіння просапних культур використовується більше різноманіття конструкцій висівних апаратів. За принципом дії всі апарати можна розділити на три групи: механічні, пневмомеханічні і пневматичної дії (рис. 1.1).

З подачею в середині барабана	Дискові	Вакумні
З надлишковим тиском і пневмоблоками	З надлишковим тиском і пневмоблоками	Надлишкового тиску
З подачею ззовні диска	Барабанні	
З подачею ззовні диска	Дискові з видуванням	
З подачею ззовні диска	Барабанні	
З подачею ззовні диска	Човниково-штокові	
З присмоктуючими отворами	Дискові	Групового відбору
З ніпелями	Барабанні	Групового відбору
Комбінований диск з камерами	Двохдискові Стрічкові	Одинарного відбору
З подачею ззовні диска	Ложечні	Одинарного відбору

Найбільше поширення у всіх країнах отримали апарати механічної дії: комірково-дискові з різним розміщенням осі обертання висівного диска (горизонтальним, похилим, вертикальним) і комірково-стрічкові. З апаратів механічної дії в ряді країн також застосовуються апарати котушкового і ложечкового типу.

Апарати пневмомеханічної дії з пристосування насіння до отвору диска сошника отримали, в основному, поширення в європейських країнах. Пневмомеханічні висівні апарати з використанням надлишкового тиску мають деяку перевагу перед вакуумними апаратами, так, як в процесі роботи комірки за рахунок продування їх не забивається, внаслідок чого виключені просіви.

Пневматичні висівні апарати, які працюють без обертаючих деталей, являють певну цікавість, оскільки дозволяють виключити дроблення насіння. Конструкції цих апаратів в даний час знаходяться в дослідженні.

Не дивлячись на порівняну однотипність висівних апаратів, конструктивне їх виконання різне. Це відноситься до параметрів висівних дисків, форми комірок, типам очисних і виштовхуючи пристроїв, форми і розмірів бункерів і так далі [1-14].

Рівномірність розподілу рослин вздовж осі рядка залежить від конструкції робочих органів сівалки, ґрунтово-кліматичних умов, стійкості рослин проти хвороб, технології обробки сходів і так далі. Технологічний процес висіву насіння просапними сівалка складається з поштучного відбору насіння з бункера комірковими дисками, який складається з проходу насіння у вхідну фаску і попередньої орієнтації його в певне положення, підходу насіння до комірки, проходу його до комірки і вкладання в ній, транспортування насіння висівним диском до викидного вікна, транспортування насіння від висівного апарата по насіннепроводу до сошника, утворення борозни і заробки насіння ґрунтом [10-15].

Дослідженням технологічного процесу відбору насіння з бункера засмались багато вчених. Дослідним шляхом з допомогою кіно і фотозйомки вони вивчали рух насіння в бункері бурякової сівалки. В результаті ним визначено шість зон руху насіння в бункері і зусилля, які впливають в певних зонах при запуску апарата, які змінюються з часом. Пропонується дослідний бункер із збільшеним на 50 мм сектором заповнення комірок і більш широкою боковою кришкою, який дає кращі показники по заповненню комірок і рівномірності розподілу насіння при висіві на липку стрічку [11-15].

Крім того, ми аналітично на основі теорії напруженого стану сипучого середовища визначили розміри щілинного отвору бункера насіння цукрових буряків, що забезпечують відсутність вільноутворень. Встановлено, що існуючі отвори шириною 20 мм у бурякових сівалок необхідно розширити до 40 мм, а також збільшити сектор заповнення до 240 мм (проти 187 мм).

В результаті дослідження розроблені практичні рекомендації з покращення якості роботи висівних апаратів вітчизняних сівалок ССТ-12А і СДН-12. Визначені оптимальні параметри комірок для висіву бурякового насіння: одноросткового, гібридного і напівгібридних сортів, а також дражованих. Встановлені межі точності калібрування насіння за товщиною і дані рекомендації по їх виконанню. Запропоновано вдосконалення сівалки (типу ССТ) для висіву дражованого насіння шляхом використання еластичного ролика-відбивача [10-11].

Якщо насіння має здатність заповнити комірку (це залежить від факторів), то це - вимога на обслуговування, якщо ні, то спостерігається відсутність такої потреби. Чергування вимог підкоряється закону Пуассона [5]:

$$Vk(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} l^{-\lambda t}, \quad (1.1)$$

де λ - параметр потоку вимог, рівний математичному очікуванню числа вимог на одиницю часу.

Прийнята дослідником модель технологічного процесу дискового апарата точного висіву дозволяє отримати диференційне рівняння, що описує процес заповнення комірок диска і аналітичної оцінки якості роботи апарата.

Окрім того, пропонується комірки висівного диска виконувати похилими

або з фаскою і встановлювати над диском ворушилку з активним приводом для порушення динамічних зведень в товщі насіння [10].

Дослідники обґрунтовують необхідність збільшення швидкості диска до 0,5-0,8 м/с за рахунок застосування похилої комірки із задньою стінкою, закругленою вверху по мінімальному радіусу, що забезпечує попадання насіння в комірку після відбивання від кромки комірки. Визначені параметри раціональної комірки, величина критичної швидкості V_0^{np} , при якій задовільно заповнюються комірки і запропонована нова технологія сівби.

В дослідженнях [10-15] розглядається питання про те, як краще регулювати подачу насіння дисковим висівним апаратом - розміром комірок (тобто застосовувати комірки, які вміщують по дві, три і більше насінин) або швидкість обертання диска, зберігаючи однонасінні комірки. Дослідним шляхом встановлено, що регулювати подачу краще швидкістю обертання диска, ніж зміною розмірів комірок, оскільки в останньому випадку зростає дроблення насіння. При јднонасінних комірках подача насіння рівномірніше, ніж при порційних [1, 7, 8].

На основі дослідних даних [10] приводить результати досліджень по запропонованим новим висівним пристроям: пневмомеханічному апараті на базі сівалки СКПІ-6, пневматичному барабанного типу і вертикально-дисковому висівному апараті на базі сівалки 2СТСН-6, даються формули для розрахунку розмірів комірок висівного диска [10].

Процес заповнення комірок висіваю чоґо диска ним розділявся на три фази: підхід насіння до комірки, прохід його в комірку і укладка в комірці. Визначена необхідна довжина комірки, а також її глибина в залежності від розмірів насіння, вертикального і бокового тиску в бункері. Відносної швидкості руху насіння по диску. Виведені ймовірні умови западання насіння в комірку 0, 1, 2 і так далі в залежності від радіуса диска, швидкості обертання і кута обхвату диска насінням. Експериментально визначені дослідні значення коефіцієнтів μ і ϵ , які показують співвідношення вертикальних і бокових тисків. Крім того, приведені дослідні данні по заповненню і розміщенню насіння цукрових буряків висівним апаратом сівалки 2СТС-6 з висівним диском, на якому урівень з його робочою поверхнею встановлені гумові кільця для

покращення щеплення насіння з диском в порівнянні з висівним апаратом, обладнаним серійним висівним диском [1, 5-14].

Окрім того, для вибору оптимального співвідношення між розмірами комірок диска і фракціями насіння вивчав процес заповнення комірок висівного диска насіння кукурудзи. Запропоновані практичні рекомендації з вибору параметрів комірок висівного диска. Фіксуванням насіння кукурудзи в насіннєвому бункері розплавленим парафіном вивчалась увлекаємость насіння обертаючим висівним диском. Побудовані графіки дають наглядне уявлення про взаємодію висівного диска з насінням [10-17].

Для отримання необхідної густоти рослин при будь-яких схемах сівби треба знати число висіяних в букет насіння в залежності від польової схожості. Ймовірність появи пустих букетів в результаті проведення механізованих операцій, дії шкідників і хвороб може бути виражена залежністю [26]:

$$P_0 = P_0^n + \sum P_0^i P_i + P_e + P ; \quad (1.2)$$

$$P_0 \leq \Delta\pi,$$

де P_0^n - ймовірність появи пустих букетів після висіву n насінин;

$P_0^1, P_0^2, \dots, P_0^i$ - ймовірність появи пустих букетів з числом рослин 1, 2,

3... i після прорідження;

P_i - ймовірність появи в букеті i -тої рослини;

P_e, P_c - ймовірність появи пустих букетів від дії шкідників і хвороб відповідно;

$\Delta\pi$ - допуск на кількість пустих букетів на плантації.

Дані розрахунків представлені графіками, за якими можна для кожного конкретного господарства визначити в залежності від потрібної середньої відстані між коренями цукрових буряків розрахункову відстань між насінинами (норму висіву на 1 м) при відомих положеннях схожості і схемі прорідження.

Питаннями пошуків і дослідження висівного апарата для точного висіву бавовнику на підвищених робочих швидкостях займався С.А. Ма. Ним розроблена теорія процесу висіву, розглянутий процес руху насіння в бункері, попадання і укладка його в комірки висівного диска, транспортування насіння комірчастим диском і вигризка їх з комірок [26].

Наводяться дослідні дані, які характеризують роботу цього апарата і серійного висівного апарата СКНК-6. В якості безумовних для точного розміщення насіння вздовж рядка висунуті вимоги:

- а) висота падіння насіння на дно борозни повинна бути мінімальною;
- б) горизонтальна швидкість насіння в момент виходу з комірки повинна бути рівна швидкості агрегату і мати зворотний напрям, тобто по відношенню до землі горизонтальна абсолютна швидкість насіння повинна бути рівна нулю.

Пропонується використовувати висівний апарат сівалки СТСН-6 для висіву насіння кукурудзи та інших крупнонасінних культур. Обґрунтовані кінематичні і розмірні характеристики комірок висівного диска, розглянута робота роликового відбивача. При збільшенні колової швидкості V_0 висівного диска розміри комірок необхідно збільшити, а при коловій швидкості висівного диска $V_0 = 0,3$ м/с можна забезпечити високу швидкість руху посівного агрегата. Розрахунки показують, що при 2-х рядному розміщенні комірок на диску (24×2) та інтервалах між насінням 200 мм - швидкість сівалки може бути 4,25 м/с.

Послідовний аналіз процесу сівки по запропонованій моделі дозволить виявити ступінь впливу на рівномірність розподілу насіння різних випадкових факторів, а також вибрати режим роботи досліджуваних апаратів і їх конструктивних параметрів, що забезпечують кращі результати [29].

На основі аналізу літературних даних [10-15] висновки: а) опір

повітря треба враховувати при відносній швидкості вище 1 м/с;

б) рекомендацію про викид насіння з апарату назад із швидкістю, близькою до швидкості агрегату, треба рахувати недостатньо обґрунтовано, оскільки збільшена відносна швидкість насіння приведе до збільшення розсіювання насіння вздовж рядка;

в) висоту установки апарату над дном борозни треба збільшувати, але в розумних межах.

В технологічному процесі роботи висівних апаратів сівалок просапних культур звичайно застосовується транспортування насіння після вивантаження його з комірок висівного диска на дно борозни [15-19].

Розглядається технологічний процес висіву у взаємозв'язку роботи висівного апарата з транспортуванням насіння в насіннепроводі і кінцевим розподілом їх в борозни. В його дослідженнях відмічається, що насіннепроводи зменшують нерівномірність розподілу насіння, викликану нерівномірністю їх подачі висівним апаратом і поштовхами сівалки під час її руху, тому швидкість руху сівалки не робить помітного впливу на рівномірність розподілу насіння вздовж осі рядка.

Для зменшення розсіювання насіння при русі їх по насіннепроводу параметри висівного апарата і насіннепроводу необхідно підбирати з умови, щоб при русі по насіннепроводу не було ударів в стінки. Умовою цієї вимоги можливо при розміщенні точки викиду насіння з комірок висівного диска на поперечному діаметрі висівного апарата. Точку викиду насіння треба розміщати з правої сторони по ходу руху посівного агрегату. При такому розміщенні точки викиду довжина траєкторії насіння відносно землі буде коротше, ніж у випадку розміщення її з лівої сторони апарата. За рахунок цього зменшується розсіювання насіння з врахуванням парусності. Разом з тим для виключення ударів насіння в стінки насіннепроводу його форма повинна відповідати траєкторії руху насіння. Без врахування сили опору повітря траєкторія руху насіння в поздовжній вертикальній площині буде направлена по параболі [2, 3]

$$y = -\frac{gx^2}{2V_0^2} \quad (1.3)$$

де x, y - відповідно абсциса і ордината траєкторії руху насіння;

V_0 - колова швидкість висівного диска;

g - прискорення сили тяжіння.

Відповідно, насіннепровід повинен мати форму параболи, направленої назад по ходу руху посівного агрегату. Дані аналітичні умови виникнення інверсії при висіві насіння в борозну. Інверсія проходить за рахунок розбіжності в швидкостях окремих насінин. Умова утворення інверсії

$$t_2 > t_3 + t_0, \quad (1.4)$$

або
$$t_2 - t_3 > t_0, \quad (1.5)$$

де t_2, t_3 - час падіння попереднього і наступного насіння;

t_0 - час між виходом з висівного апарата двох сусідніх насінин.

Приведені графіки з дослідними даними, які носять загальний характер; описаний аналітичний метод визначення числа інверсійних інтервалів. Автори рахують, що інверсії негативно впливають на розподіл насіння. Для зменшення інверсії матеріал необхідно розділити на 3-4 фракції по швидкості живлення, або по кутах тертя руху.

Розроблена методика розрахунку безударного насіннепроводу для відомого діапазону швидкостей руху сівалки. З метою зменшення ширини насіннепроводу пропонується два висівних диска з попереднім виштовхуванням насіння з верхнього диска на підході до висівного вікна, що забезпечує вільне розміщення насінин в комірці нижнього диска і випадання з неї без дії виштовхувача, чим виключається його негативний вплив на рівномірність подачі насіння. Автори прийшли до висновку, що повітряне середовище істотно на розподіл насіння не впливає, а сівалка СКПН-6 дає порівняно гірший розподіл через удари насіння до стінок насіннепроводу.

Теоретичні та експериментальні дослідження руху насіння в насіннепроводі виконані [18-20]. Наведенні рівняння руху насіння в насіннепроводі з врахуванням ударів їх в стінки насіннепроводів. Виконана швидкісна кінозйомка руху насіння кукурудзи в стандартному насіннепроводі сівалки СКПН-6, а також в скляному насіннепроводі діаметром $D = 20$ мм і висотою $H = 420$ мм. Встановлено, що із збільшенням швидкості насіння при виході з висівного апарата число ударів насінин в стінки насіннепроводу збільшується, а в скляному насіннепроводі насіння ковзає по стінках вже після 1-2 ударів. Для покращення розподілу насіння пропонується мати висівний апарат, що забезпечує викидання насінин з постійною швидкістю і напрямом, насіннепровід не повинен забезпечувати постійний час руху насіння в його зоні.

Використовуючи розраховані ЕВМ безрозмірні траєкторії, дослідники визначили параметри руху тіла у повітряному середовищі. Приводяться рівняння руху тіла з розрахунком опору повітря і номограми для визначення параметра подоби траєкторії руху тіла.

1.3. Аналіз досліджень висівних апаратів

При роботі сівалок для висіву просапних культур насіння після виходу з висівного апарата падає на дно борозни і це падіння супроводжується підскакуванням його і переміщенням разом з ґрунтом під час закриття борозни. Параметри сошників і заробляючих органів сівалки впливає на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка.

Оцінкою якості роботи сошника в своїх дослідженнях займались [9-14]. Ними доказано, що для оцінки заробки насіння просапних культур по глибині можна застосувати ймовірність попадання насіння в певний інтервал глибини $\mu+\Delta$ або $\mu-\Delta$ (μ - встановлена (бажана) глибина заробки насіння, Δ - допустиме відхилення від бажаної глибини заробки) [9, 14].

При русі вертикального клина з кутом β загострення з швидкістю V в ґрунті проходить сколювання стружки в дві сторони з певним кроком

$$l_{cmp} = - \frac{0,5 \cos \phi}{\sin^2 \beta}, \quad (1.6)$$

де h - глибина ходу;

ϕ - кут тертя ґрунту по сталі;

β - кут загострення.

Для зменшення розрихлювання ґрунту треба збільшити крок, тобто зменшити кут β . Дослідним шляхом для підготовленої до сівби сіроземноговажко суглинкового ґрунту визначені кут тертя ґрунту по сталі і кут між напрямом руху і вертикальною площиною зсуву ґрунту.

Для сошників з радіальною і паралелограмною підвіскою виведено диференційне рівняння руху сошника по висоті (при умові, що брус сівалки не робить коливань). Приведені значення коефіцієнтів цих рівнянь, отримані експериментальним шляхом, а також дослідні і теоретичні криві розкодування (відхилення сошника від заданої траєкторії), які співпадають з точністю до 15%.

Розроблена схема механізму автоматичного коректування ходу сошника. Цей механізм краще копіює нерівності при русі сошника по западинам і випуклостям, рівномірність ходу сошника по глибині покращується при цьому на 61%. Приводиться опис механізму автоматичної корекції ходу сошника по глибині і даний порядок визначення його параметрів [9, 10, 17].

1.4. Висновки до розділу, мета і задачі досліджень

З врахуванням викладеного:

Мета дослідження: підвищення ефективності сівби просапних культур шляхом обґрунтування параметрів висівного агрегату. в даній дипломній роботі ставились такі основні задачі:

- обґрунтувати принципову схему висівного апарата для точного висіву насіння просапних культур на основі аналізу існуючих конструкцій;
- теоретично дослідити і обґрунтувати конструктивно - технологічні параметри висівного апарату;
- визначити закономірності процесу висіву насіння різних просапних культур з метою забезпечення його універсальності.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВИСІВНОГО АГРЕГАТУ

2.1. Оцінка впливу форми і типу комірок висівного диска на якість дозування насіння

В конструкції вітчизняних і зарубіжних однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки здійснюється під дією сили тяжіння, що обумовлює порівняно низьку продуктивність апаратів. Підвищення швидкості руху комірок під шаром насіння обмежується погіршенням їх заповнення через зменшення часу контакту між насінням і коміркою.

В апаратах з горизонтальною віссю обертання диска і зовнішнім заповненням комірок при збільшенні частоти обертання диска різко збільшується відцентрова сила, яка протидіє руху насіння в комірку. Тому в цих апаратах задовільне заповнення дотримується лише на швидкостях обертання диска, що не перевищують 0,2-0,3 м/с. В таких апаратах диск є і вибираючим і висівним органом, що затримує підвищення якості розподілу насіння в борозні, так, як швидкість V_c викиду насіння повинна бути близька до швидкості V_a посівного агрегату, тобто насіння до точки викидання на дно борозни повинно підводитися зі швидкістю, рівною по модулю і протилежною по напрямком швидкості руху сівалки. Внаслідок цього насіння падає в борозну з нульовою швидкістю відносно поверхні поля. При цьому збільшується стабільність траєкторії польоту насіння в борозну. Ці умови висіву забезпечуються в апаратах вертикально-дискового типу шляхом застосування внутрішнього заповнення комірок, коли насіння подаються у внутрішню порожнину диска (рис. 2.1).

В конструкціях цих апаратів заповнення комірок диска здійснюється під дією відцентрової сили $F_{ц}$ і сили тяжіння G . Насіння в порожнині висівного диска рухається до внутрішньої комірчастої поверхні диска по лопастях крильчатки. При цьому колова швидкість обумовлює незалежність приводу диска і крильчатки.

Рис. 2.1. Висівний апарат з внутрішнім заповненням комірок диска насінням:

1 - насінневий бункер; 2 - корпус; 3 - висівний диск; 4 - крильчатка; 5 - виштовхувач.

2.2 Обґрунтування принципової схеми висівного апарату

При роботі експериментального висівного апарата насіння з бункера під дією сили тяжіння поступає в порожнину висівного диска через круглий отвір M (рис. 2.2) в корпусі апарата. Діаметр D_1 отвору насінневого каналу приймається рівним 35 мм з умови [18], слідує, що потік насіння проходить без особливих затримок, якщо

$$\frac{r_1}{4\sqrt{BC}} \geq 1, \quad (2.1)$$

де r_1 - половина радіуса отвору;

B - ширина насіння;

C - товщина насіння.

При цьому переріз отвору має знаходитися в межах 624-1134 мм². В розглянутому апараті площа поперечного перерізу насіннєвого каналу рівна 961,6 мм², що забезпечує вільне поступання насіння. Крім того, насіння кукурудзи має властивість переміщатися поздовжньою віссю по напрямку руху і має при цьому можливість займати більш вигідне положення для проходу через вузький отвір.

Рис. 2.2. Схема технологічного процесу роботи експериментального висівного апарата.

Зовнішній діаметр D_2 втулки крильчатки 35 мм; висота h_1 розміщення центру вхідного отвору насіннєвого каналу прийнята такою, що величина $\Delta h = 0$. Колова швидкість V крильчатки менша колової швидкості V_0 висівного диска на [18]

що забезпечує ковзання насіння по внутрішній комірчастій поверхні диска. Зовнішній радіус R_1 крильчатки прийнятий рівним 85 мм (без врахування монтажного зазору $a = 1$ мм між кінцем лопаті і внутрішньою поверхнею диска). Товщина d висівного диска для насіння кукурудзи прийнята рівною 6 мм; довжина l комірки - 10 мм.

В таблиці 2.1 представлені параметри швидкісного режиму роботи експериментального висівного апарата.

Таблиця 2.1.

В таблиці 2.1 позначено:

n_0 - частота обертання висівного диска;

ω_0 - кутова швидкість висівного диска;

V_0 - колова швидкість висівного диска;

n - частота обертання крильчатки;

ω - кутова швидкість крильчатки;

V - колова швидкість крильчатки.

Після виходу з насіннєвого каналу насіння попадає під дію лопатей обертаючої крильчатки, яка виконує дві функції: передає насінню відцентрову

силу і відповідно швидкість ΔV ковзання по комірчастій поверхні диска, величину якої можна регулювати; всі ці фактори складають благочинні умови для западання насіння в комірки диска. При теоретичному аналізі роботи необхідно розглядати рух насіння по лопаті крильчатки, що дає можливість визначити основні параметри його роботи.

2.3. Обґрунтування принципової схеми висівного апарату

Насіння після западання в комірку висівного диска транспортується останнім до висівного вікна, притискаючись при цьому відцентровою силою F_u до внутрішньої поверхні корпусу апарату.

Після виходу з комірки висівного диска насіння проходить у висівне вікно (рис. 2.3) корпусу апарату. Для визначення довжини L висівного вікна складаємо диференціальне рівняння руху насіння в комірці, спроектувавши діючі сили на вісь Y_1 (рис. 2.3) [37]

$$0 \quad 1 \quad (2.2)$$

Скоротивши ліву і праву частину рівняння (2.2) на m , отримаємо

$$0 \quad 1 \quad (2.3)$$

Далі інтегруємо рівняння (2.3) двічі по t

$$\dot{y}_1 = k_1 t_1 + C_3, \quad (2.4)$$

$$y_1 = 0,5 k_1 t_1^2 + C_3 t_1 + C_4, \quad (2.5)$$

де $k_1 = g + \omega_0^2 R_1$.

Рис. 2.3. Схема сил, що діють на насіння при русі і виході його з комірки висівного диска:

1 - корпус; 2 - висівний диск; 3 - відбивний ролик; 4 - комірка; V_0 - колова швидкість; ω_0 - кутова швидкість висівного диска; R_1 - радіус крильчатки; R_2 - радіус висівного диска; l - довжина комірки; L - довжина висівного вікна; mg - сила тяжіння; $m\omega_0^2 R_1$ - відцентрова сила; X_1 - вісь абсцис; Y_1 - вісь ординат.

Постійні C_3 і C_4 визначаємо за початковими умовами: при $t_1 = 0$, $y_1 = 0$ і $\dot{y}_1 = 0$. З урахуванням початкових умов величини $C_3 = 0$, $C_4 = 0$. Тоді рівняння (2.4) і (2.5) запишуться:

$$(2.6)$$

$$1 \quad 1 \quad (2.7)$$

Зважаючи на мізерність величини O_1A нехтуємо зміною відцентрової сили і вираховуємо її за виразом [37]

$$(2.8)$$

де $R_1 = O'O_1 + 0,5O_1A = 102,18 + 0,5 \cdot 2,82 = 103,59$ мм.

(точка O_1 - початок координат - розміщена посередині глибини комірки).

Насіння вийде з комірки, якщо опуститься на половину її глибини, тобто

$$(2.9)$$

де C - розмір насіння (товщина насіння), $C = 4,65$ мм.

Визначаємо швидкість y_1 і час t виходу насіння з комірки з рівнянь (2.6) і (2.7). Горизонтальна швидкість по модулю буде рівна

$$(2.10)$$

де $R_2 = O'A$ - радіус висівного диска.

Швидкість x_1 перпендикулярна до $O'A$; кут $\Delta\alpha = \omega_0 t_1$.

Якщо $y_1 = C$, то отримуємо

$$(2.11)$$

Довжина висівного вікна рівна

$$(2.12)$$

Підставивши значення у формулу (2.12), знаходимо

$$\underline{\underline{c}}$$

Алгоритм розрахунку складових швидкостей виходу насіння з комірки диска і довжини висівного вікна представлений в таблиці 2.2.

Насіння виходить з комірки, маючи складові швидкості по осях x і y (рис. 2.4). Силу опору повітря не враховуємо. Система xOy зв'язана з рамою сівалки.

Рис. 2.4. Схема руху насіння у висівному вікні:

1 - корпус; 2 - висівний диск; 3 - відбивний ролик; 4 - сошник;
 V_a - швидкість руху посівного агрегату; ω_0 - кутова швидкість висівного диска;
 L - довжина висівного вікна; mg - сила тяжіння; X_1 - вісь абсцис; Y_1 - вісь ординат.

Довжину L_c сошника вираховуємо, склавши систему диференціальних рівнянь відносно осей абсцис і ординат

$$\{ \quad (2.14)$$

Після зменшення на m рівняння (2.14) приймає вид

$$\{ \cdot \quad (2.15)$$

Інтегруємо систему рівнянь (2.15) двічі по t :

$$\{ \quad (2.16)$$

$$\{ \quad (2.17)$$

де C_5, C_6, C_7 і C_8 - постійні інтегрування.

Задавшись початковими умовами: при $t = 0, x_0 = 0$.

$x_0 = x_1, y_0 = 0$ (x_1 - визначається за таблицею 2.2, рядок 7);

$y_0 = y_1$ (y_1 - визначається за таблицею 2.2, рядок 6); знаходимо значення

постійних з формул (2.16) і (2.17) $C_5 = y_1; C_6 = 0; C_7 = x_1; C_8 = 0$.

Рівняння (2.16) і (2.17) з врахуванням постійних набувають вигляд:

$$\{ \quad (2.18)$$

$$\begin{cases} y \\ x = x_1 t \end{cases} \quad (2.19)$$

Із системи рівнянь (2.19) рахуємо рівняння

$$(2.20)$$

відносно t

$$(2.21)$$

Скорочуємо (2.21) на величину $0,5g$ і отримуємо

$$t^2 + \frac{y_1}{0,5g} t - \frac{y}{0,5g} = 0. \quad (2.22)$$

Проводимо заміну:

$$p = \frac{y_1}{0,5g}; \quad q = -\frac{y}{0,5g}. \quad (2.23)$$

Після проведеної заміни по (2.23) рівняння (2.22) запишемо

$$t^2 + pt + q = 0. \quad (2.24)$$

Рішаємо рівняння (2.24) і отримуємо

$$t = t_2 = -0.5p + \sqrt{0.25p^2 - q}. \quad (2.25)$$

Припускаючи $y = 80$ мм, визначаємо з рівняння (2.18) і (2.19) довжину L_c сошника

$$L_c \geq x = x_1 t_2. \quad (2.26)$$

Алгоритм розрахунку довжини L_c сошника представлений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

2.4. Висновки до розділу

1. З теоретичних посилань покращення заповнення комірок висівного диска і рівномірності розподілу насіння вздовж осі рядка впливає, що в існуючих конструкціях однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки здійснюється, в основному, під дією сили тяжіння, що обумовлює порівняно низьку їх продуктивність. Висів цукрових буряків і кукурудзи на високих робочих швидкостях з рівномірним розподілом насіння можливий шляхом застосування внутрішнього заповнення комірок, при якому насіння подається у внутрішню порожнину вертикального диска, при цьому насіння западає в комірки не тільки під дією сили тяжіння, але й відцентрової сили.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика проведення досліджень

В результаті теоретичного дослідження технологічного процесу роботи швидкісного висівного апарата насіння просапних культур розроблені схеми апаратів точного висіву (табл. 3.1).

3.2. Результати досліджень

Програмою дослідження роботи швидкісного висівного апарата ставилась задача визначення найбільш перспективної технологічної схеми цього апарата, що зумовлюється поєднанням конструктивних елементів (табл. 3.1).

Вибрана перспективна схема апарата потім піддавалась дослідженню за методикою однофакторного експерименту. Крім того, в програму пошукових дослідів були включені такі фактори, як розміри і форма комірок висівного диска, що зумовлюють спосіб западання насіння кукурудзи в комірку: плазом, на ребро чи торчком. Розміри комірок при цьому визначались за відомими рекомендаціями. Комірки виготовлялись з врахуванням западання дрібного і крупного насіння кукурудзи.

При однофакторному дослідженні перевірялась якість поздовжнього розподілу насіння при змінні параметрів лопатевої крильчатки, клинового виштовхувача, висівного диска, корпусу, а також при зміні висоти установки апарата на стрічкою стенда. При вивченні роботи лопатевої крильчатки досліджувався вплив на розподіл насіння числа n лопатей, зазору a між кінцями лопатей і внутрішньою комірчастою поверхнею диска, а також довжини l_1 і l_2 вирізу на лопатях крильчатки (рис. 4.1).

Рис. 4.1. Схема досліджуваних параметрів швидкісного висівного апарата

При дослідженні процесу виходу насіння з комірок вивчався вплив на розподіл насіння вздовж стрічки кута α нахилу робочої грані клинового виштовхувача і довжини L висівного вікна.

Досліджувані параметри варіювалися по п'яти рівнях. (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Частота обертання висівного диска контролювалась при допомозі імпульсного лічильника.

При допомозі процесу заповнення комірок диска насіння з допомогою імпульсного лічильника фіксувалась кількість комірок які пройшли і підраховувалась кількість висіяних цими комірками насінин. При цьому висівалось більше 200 насінин. Після чого визначався коефіцієнт заповнення комірок диска, важений в долях одиниці

$$k = \frac{N_c}{N}, \quad (4.1)$$

де N_c - кількість висіяних насінин, шт.;

N - кількість насінин які пройшли, шт.

При дослідженні впливу конструктивних і режимних параметрів експериментального висівного апарата на дроблення насіння останнє висівалось масою від 0,05 кг до 0,10 кг. З маси висіяних насінин вибиралось все дроблене насіння і зважувалось. Зважувалось і ціле (не пошкоджене) насіння. Кожний дослід виконувався в трикратній послідовності, після чого визначався відсоток дроблення насіння для різних рівнів варіювання факторів

$$D = \frac{m}{M_c} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

де m - маса пошкодженого насіння, кг;

M_c - маса пошкодженого і цілого насіння, кг.

Дослідний стенд (рис. 4.3) складається з рами 1, на якій змонтовано приймальний ланцюгово-стрічковий транспортер 2 і спеціальна рамка 3 для встановлення і кріплення дослідного висівного апарата 4, рідинного реостата 5, електродвигуна 6, електродвигуна постійного струму 7, черв'ячного редуктора 8 і вала контрприводу 9 досліджуваного висівного апарата. Приймальний транспортер складався з двох безкінечних ланцюгів 10, до спеціальних лапок 11 яких прикріплена стрічка 12. Регулювання натягу приймального транспортера здійснювалось за допомогою болтів 13 натяжного пристрою веденого вала 14.

Рис. 4.3. Стенд для дослідження висівних апаратів.

Електрична схема стенда (рис. 4.4) включала реверсивний магнітний пускач ПМЕ-211; асинхронний електродвигун з фазним ротором МІ-ІІІ-6 (напруга 220/380 В, потужність $N + 3,5$ кВт, частота обертання $n = 915$ хв⁻¹); рідинний реостат, призначений для плавної зміни частоти обертання електродвигуна; пристрій для визначення середньої швидкості руху приймального транспортера при встановленому режимі (електромагніт РВП22-32, два мікровимикачі МП-110, секундомір С-11-16) і кнопку управління КМЗ-3В.

Рис. 4.4. Електрична схема стенда.

На рисунках 4.7 - 4.13 розміщені графіки залежності середньо-арифметичного значення v_1 інтервалів між насінинами, середнього квадратичного відхилення σ інтервалів між насінинами і коефіцієнта варіації v від способу заповнення комірок висівного диска насінинами різних фракцій, колової швидкості V_0 обертання диска, різниці колової швидкостей ΔV обертання диска і крильчатки, кута α нахилу робочої грані клинового виштовхувала, висоти H установки висівного апарата над стрічкою прийомного транспортера, числа n лопатей крильчатки, а також зазору a між кінцями лопатей крильчатки і внутрішньою комірчастою поверхнею диска.

а)

б)

Рис. 4.7. Вплив способів заповнення комірок висівного диска насінням кукурудзи на рівномірність їх розподілу вздовж рядка при висіві різних сортів і фракцій:

а) насіння сорту Дніпропетровський 247 МВ третя фракція; б) насіння сорту ВИР-42 перша фракція.

З графіків (рис. 4.7) видно, що середнє квадратичне відхилення σ і коефіцієнт варіації v мають явно виражений мінімум при заповненні комірок висівного диска насінням кукурудзи, коли вони западають в комірки плашлія. Середнє арифметичне значення v_1 інтервалів близьке при цьому до розрахункового значення (210 мм). При заповненні комірок диска на ребро і торчком σ і v значно зростають, а величина v_1 суттєво відрізняється від розрахункового в більшу сторону.

Із збільшенням колової швидкості V_0 обертання диска, а відповідно, і швидкості стрічки приймального транспортера до 3,0 м/с (рис. 4.8) при висіві насіння кукурудзи величини σ і ν порівняно невеликі. Подальше збільшення швидкості висівного диска і стрічки (до 4-5 м/с) веде до деякого росту нерівномірності розподілу насіння.

а) б)

Рис. 4.8. Залежність рівномірності розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка від колової швидкості V_0 обертання висівного диска при висіві різних сортів і фракцій:

а) насіння сорту Дніпропетровський 247 МВ третя фракція; б) насіння сорту ВІР-42 перша фракція.

Зв'язок між різницею колових швидкостей ΔV обертання висівного диска і крильчатки та рівномірністю розподілу насіння кукурудзи вздовж осі рядка представлено на графіку (рис. 4.9).

Рис. 4.9. Зв'язок між різницею колових швидкостей ΔV обертання висівного диску і крильчатки та рівномірністю розподілу насіння кукурудзи вздовж осі рядка.

Аналіз графіків (рис. 4.9) показує, що із збільшенням різниці колових швидкостей ΔV обертання висівного диска і крильчатки до 0,15-0,20 м/с якість розподілу насіння вздовж рядка і заповнення комірок висівного диска покращується. При подальшому збільшенні ΔV рівномірність розподілу насіння погіршується.

Певний вплив на якість висіву насіння має кут α нахилу робочої грані клинового виштовхувача (рис. 4.10).

Рис. 4.10. Вплив кута α нахилу робочої грані клинового виштовхувача на рівномірність розподілу насіння кукурудзи вздовж осі рядка.

Так, при значенні кута α нахилу робочої грані клинового виштовхувача близькому до нуля, спостерігається більш рівномірний розподіл насіння вздовж осі рядка. Це пояснюється тим, що при цьому швидкість виходу насіння з комірок диска рівна швидкості руху агрегату і протилежно напрямлена. Із збільшенням кута α до 0,35 рад. якість розподілу насіння погіршується. При подальшому збільшенні кута α (до 0,70 рад) рівномірність розподілу насіння ще більше погіршується.

Із збільшенням висоти H_k установки висівного апарата над липкою стрічкою транспортера рівномірність розподілу насіння значно погіршується (рис. 4.11), що пояснює збільшення часу руху насіння до дна борозни.

Рис. 4.11. Залежність між рівномірністю розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка і висотою H_k установки висівного апарата над стрічкою приймального транспортера.

Зв'язок між кількістю n лопатей крильчатки і рівномірністю розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка подано на рисунку 4.12.

Рис. 4.12. Зв'язок між кількістю n лопатей крильчатки і рівномірністю розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка.

Як видно з графіків (рис. 4.12), збільшення кількості n лопатей крильчатки (до чотирьох) приводить до деякого покращення рівномірності висіву, оскільки при збільшенні кількості лопатей швидкості окремих насінин, які рухаються по внутрішній комірчастій поверхні диска, вирівнюється між собою і це сприяє стабілізації процесу висіву.

Вплив зазору a між кінцями лопатей крильчатки і внутрішньої комірчастої поверхні висівного диска на рівномірність розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка показано графічно на рисунку 4.13.

Рис. 4.13. Вплив зазору a між кінцями лопатей крильчатки і внутрішньої комірчастої поверхні висівного диска на рівномірність розподілу насіння кукурудзи вздовж рядка.

При порівняно малих зазорах a між кінцями лопатей крильчатки і внутрішньою поверхнею диска (до 5 мм) якість висіву кукурудзи гірша, ніж при зазорі, рівному 7,0 мм (рис. 4.13). Це пояснюється тим, що при малому зазорі лопать крильчатки діє на насіння під час його западання в комірку чим погіршується заповнення окремих комірок. Подальше збільшення зазору приводить до погіршення заповнення комірок насінням.

Розрахунок техніко-економічної ефективності

Для розрахунку техніко-економічної ефективності була прийнята методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій, а також рекомендації інших авторів [27, 32].

Визначались наступні основні вартісні натуральні показники, що враховують виробництво і експлуатацію серійної та експериментальної сівалки: економія експлуатаційних витрат, економія витрат праці, річна економія, окупність додаткових витрат, рентабельність вирощування кукурудзи, металоємність процесу та інше.

Технологічна оцінка машин приведена в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

Техніко-експлуатаційна характеристика посівних агрегатів

Розраховані дані продуктивності посівного агрегату, що записані в таблиці 6.2, визначалися за формулою [5, 20, 28, 32. 36]

$$W = 0,36 \cdot V \cdot T \cdot B \cdot \tau, \quad (6.1)$$

де W - змінна продуктивність, га/зміну;

V - робоча швидкість посівного агрегату, м/с;

T - тривалість часу зміни, год;

B - ширина захвату агрегату, м;

τ - коефіцієнт використання часу зміни.

Змінна продуктивність експериментального кукурудзяного посівного агрегату склала

$$W = 0,36 \cdot 5,6 \cdot 2,91 \cdot 7 \cdot 0,8 = 32,85 \text{ га/зміну.}$$

Для серійного кукурудзяного посівного агрегату змінна продуктивність визначалась аналогічно.

Вихідні данні для розрахунку виробничих витрат подані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3.

Вихідні техніко-економічні данні

Розрахунок амортизаційних відрахувань, відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування виконувалось окремо для трактора і сівалки. Амортизаційні відрахування (на реновацію і капітальний ремонт) трактора і сівалки визначалися за формулою [5, 20]

$$A = \frac{Ba}{100A_3}, \quad (6.2)$$

де A - відрахування на амортизацію, грн.;

B - балансова вартість, грн.;

A_3 - річне завантаження, год.

Сума амортизаційних відрахувань по базовому посівному агрегату склала

$$A_6 = \frac{113160 \cdot 17,5}{100 \cdot 1800} + \frac{75000 \cdot 14,2}{100 \cdot 50} = 224 \text{ грн./год.}$$

Визначення відрахувань на амортизацію по експериментальному посівному агрегату проводилось аналогічно. Результати визначення амортизаційних відрахувань приведені в таблиці 6.4.

Розрахунок відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора і сівалки проводилось за формулою [20, 32]

$$R = \frac{Ba'}{100A_3}, \quad (3.3)$$

де R - відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.;

a' - норми відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, %.

Тоді відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування по новому посівному агрегату будуть рівні:

- на годину роботи

$$R = \frac{113160 \cdot 8}{100 \cdot 1800} + \frac{75000 \cdot 18}{100 \cdot 50} = 275 \text{ грн./год.};$$

- на 1 га посівів

$$R'_n = 275 : 4,69 = 58.64 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування по базовому посівному агрегаті вираховувалось аналогічно, значення їх представлені в таблиці 3.4.

Прямі виробничі витрати на експлуатацію посівних агрегатів, що змінювались в залежності від застосованої сівалки, визначались за формулою [20, 32]

$$U = Z + A' + C_2 + x, \quad (6.4)$$

де U - прямі виробничі витрати з експлуатації агрегатів, грн.;

Z - заробітна плата робочих, які обслуговують агрегат, грн/га;

A' - сума амортизаційних відрахувань (на реновацію і капітальний ремонт), грн/га;

R' - відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

C_2 - витрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га;

X - витрати на зберігання машин, грн./га.

$$x = \frac{0,078}{W_r};$$

$$x_{\bar{o}} = \frac{0,078}{3,12} = 0,025 \text{ грн./га};$$

$$x_n = \frac{0,078}{4,69} = 0,017 \text{ грн./га.}$$

Для серійного кукурудзяного посівного агрегату прямі виробничі витрати з його експлуатації становитимуть

$$U_{\bar{o}} = 8,47 + 77,79 + 91,06 + 20,41 + 0,025 = 197,76 \text{ грн./га.}$$

Розрахунок прямих виробничих витрат експериментальної кукурудзяної сівалки посівного агрегату виконується аналогічно. Результати розрахунків поміщені в таблиці 6.4.

Питомі капіталовкладення відповідно при використанні серійної і експериментальної сівалок визначались по балансовій вартості придбання машин (відповідно існуючих каталогів на нову техніку та річним звітам господарства).

Питомі капіталовкладення визначались за формулою [20, 32].

$$K = \frac{\Sigma K}{A_3}, \quad (6.5)$$

де K - питомі капітальні вкладення, грн.;

ΣK - загальна сума капітальних вкладень, грн.

При використанні серійної бурякової сівалки питомі капітальні вкладення на один гектар посівів базовим агрегатом склали

$$K_{\sigma} = \left(\frac{113160}{1800} + \frac{75000}{50} \right) \cdot \frac{1}{3,12} = 500.12 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно визначались питомі капітальні вкладення на гектар посівів кукурудзи експериментальним посівним агрегатом (табл. 6.4).

Таблиця 6.4.

Річний госпрозрахунковий економічний ефект визначався виходячи з економії прямих виробничих витрат

$$E_x = (U_{\sigma} - U_n) \cdot A_n, \quad (6.6)$$

де E_x - річний госпрозрахунковий економічний ефект, грн.;

U_{σ} - прямі виробничі витрати з експлуатації базового посівного агрегатів, грн./га;

U_n - прямі виробничі витрати з експлуатації експериментального посівного агрегатів, грн./га;

A_n - річний виробіток експериментального посівного агрегату, га.

Затрати праці на одиницю виконуваної роботи вираховувались за формулою [20, 32]

$$Z_m = \frac{L}{W_e}, \quad (6.8)$$

де Z_m - затрати праці, год./га;

L - кількість людей, які обслуговують агрегат, чол.;

W_e - виробіток за час експлуатаційної години, га.

Затрати праці на одиницю виконуваної роботи базовим посівним агрегатом склали

$$Z_m = \frac{2}{3,12} = 0,64 \text{ год./га}$$

Аналогічно вираховувались затрати праці нового експериментального посівного агрегату.

$$Z_m = \frac{2}{4,69} = 0,43 \text{ год./га.}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 6.5.

Техніко-економічна ефективність проекту

Енергоємність визначалась за формулою [20, 32]

$$E = \frac{N_{ен}}{W_r}, \quad (6.9)$$

де E - енергоємність процесу посіву, кВт-год./га;

$N_{ен}$ - номінальна потужність трактора, кВт;

W_r - годинна продуктивність трактора, га/год.

Енергоємність процесу сівби кукурудзи базовим посівним агрегатом складала

$$E = \frac{44,13}{3,12} = 14,14 \text{ кВт-год./га}$$

Визначення енергоємності сівби новим експериментальним посівним агрегатом проводилось аналогічно, результати записані в таблиці 6.5.

Визначення металоємності проводилось за формулою [20, 32]

$$M = \frac{G_m + \frac{G_m \cdot A'_z}{A_z}}{A_n}, \quad (6.10)$$

де G_m - маса агрегатованої машини, кг;

G_m - маса трактора, кг;

A'_3 - завантаження трактора на сівбі кукурудзи, год;

A_3 - річне завантаження трактора, год;

же способом.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведене дослідження робочого процесу відцентрового висівного апарата дозволило зробити наступні основні висновки :

1. Конструкція відцентрового висівного апарата має принципову новизну, що підтверджено авторськими свідоцтвами та патентами на винаходи. В цьому апараті насіння подається до внутрішньої порожнини диска, де з допомогою лопатевої крильчатки забезпечується ковзання його з регулюємою швидкістю по внутрішній комірчастій поверхні висівного диска; в комірки диска насіння западає не тільки під дією сили тяжіння, як у серійних апаратів, але й під дією відцентрової сили.

2. Теоретичний аналіз робочого процесу дозволив визначити основні параметри швидкісного висівного апарата: переміщення x насіння по лопаті в залежності від кута a повороту лопаті W її обертання; часу t западання насіння в комірку і довжину l комірки диска у верхньому положенні; довжина L висівного вікна корпусу апарата і довжину L_c щок сошника.

3. Порівняльні польові дослідження швидкісного експериментального апарата для висіву кукурудзи і серійного апарата сівалки показали, що із збільшенням швидкості руху експериментального посівного агрегату поздовжня рівномірність розподілу сходів покращується: коефіцієнт варіації v в експериментального агрегату при цьому на 35% менше, ніж у серійного.

4. Швидкісний відцентровий однозерновий висівний апарат насіння просапних культур забезпечує більш рівномірний розподіл насіння кукурудзи і цукрових буряків вздовж рядка, при впровадженні його у виробництво затрати праці на один гектар посівів будуть зменшені; річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат складає 22516,2 грн.; вартість додатково отриманого з одного гектара зерна кукурудзи становить 1131 гривня, рентабельність вирощування кукурудзи підвищиться на 17%; а додаткові капіталовкладення окуповуються за один сезон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пневмомеханічні сівалки та їхнє використання / О. Банний., С.Карабиньощ, А. Новицький / Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу // Електронний ресурс. [Режим доступу]: <https://propozitsiya.com/ua/pnevmomehanichni-sivalki-ta-yihnie-vikoristannya>.
2. Булгаков В. М. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин / В.М.Булгаков, В.В.Адамчук // Наук. вісник Луганського нац. аграр. ун-ту. Луганськ, 2011. № 29. С. 252-260.
3. Адамчук В. В. Теоретичні передумови визначення енергетичних характеристик сошника із зубчастим диском на вібропідвісці / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.П. Горобей//Вісник аграрної науки. 2015. №2. С.45-49.
4. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1: Машини для рільництва. / [Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М.]; за ред. Черновола М.І. К. : Урожай, 2001. 384 с.
5. 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.
6. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І. К. : Урожай, 2003. 206 с.
7. Калетнік Г.М. Теорія плоскопаралельного руху удобрювально-посівного машинно-тракторного агрегату / Калетнік Г.М., Адамчук В.В., Петриченко Є.А., Булгаков В.М.// *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК»*. Вінниця: ВНАУ, 2017. №2 (97). С.6-18.
8. Сисолін П.В. Висівні апарати сівалок / П.В. Сисолін, М.О. Свірень. Кіровоград, 2004. 160 с.
9. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / [В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.]; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюк. К.: Аграрна наука, 2004.396 с.
10. Бондаренко М. Г., Деменчук В. А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві: Підручник. - К.: Вища школа. 1995. -237 с.

11. Гарькавий А.Д. Конкуренентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриченко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.

12. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко *[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . - Київ : Хай-Тек Прес, 2011. - 616 с.

13. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.

14. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков

В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

15. Ковбаса В. П. Пришляк В.М., Ярощук Р. О. Визначення впливу сільськогосподарської техніки на ґрунт. Всеукраїнський науково–технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях», Вінниця: 2019. №4 (95). С. 76–81.

16. Методика навчання і наукових досліджень у вищій школі: Навчальний посібник /С.У. Гончаренко, П.М. Олійник, В.К. Федорченко та ін.; За ред. С.У. Гончаренка, П.М. Олійника. - К.: Вища шк., 2003. - 323 с.

17. Ма С.А., Магомедов С.Д. Сочетание пунктирно-прерывчастого посева и прореживания свеклы. - Механизация и электрификация соц. сел. хоз-ва, 1975, № 6. - С. 9-11.

18. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. / Под общ. рук. Г.М. Лозы. - М.: Колос, 1980. - 112 с.

19. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т: Т. 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. - К.: Агроосвіта, 2012. - 584 с.

20. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. - К.: Агроосвіта, 2012. - 434 с.

21. Определение эффективности новой техники: определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / Под общ. рук. Н.П. Федоренко, А.В. Бачуриной. - Техника в сел. хоз.-ве, 1977, № 12. - С. 79-85.

22. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред...В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 140 с.

23. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С.

Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.

24. Пат. № 6280. Україна, АОІС 7/08. Пристрій для визначення рівномірності розподілення насіння / А.В. Рудь, І.О. Мошенко, Ю.Ф. Павельчук, В.М. Жалоба, Л.М. Михайлова. № 2003119972; Заяв. 5 листопада 2003 р. Опубліковано 16. 05. 2005. Бюл. № 5.

25. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. Мельника. - К.: Кондор. - 2004. - 284 с.

26. Булгаков В.М. Вдосконалення конструкції комбінованого дводисковоанкерного сошника/ Вісник аграрної науки /В.М.Булгаков, В.П.Горобей// Київ. «Вісник аграрної науки».2016. № 4. С. 57-64.
27. Trukhanska O. Investigation the impact of the constructive parameters of the working body the tillage machine on the energy intensity and quality of soil tillage. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2023. №1(108). С. 104-109.
28. Trukhanska O. Technological methods of increasing wear resistance and durability of details. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 4 (111). С. 109-115.
29. Sereda L., Trukhanska O., Shvets L. Investigation of the hydraulic drive of the unit for strip tillage with simultaneous application of liquid fertilizers. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 4 (99). С. 67-72.
30. Trukhanska O. Improvement of quality indicators of the process of sowing of row crops. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2021. № 2 (101). С. 124-134.
31. Shvets L., Trukhanska O. Deformation of aluminum alloys in isothermal conditions. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 3 (114). С. 68-75.
32. Серєда Л. П., Швець Л. В., Труханська О. О. Смоговий підсів трав пасовищ. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 1 (108). С. 5-13.
33. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. К.: Хай Тек-Прес, 2011. 616 с.
34. Каталог продукції ПАО «Червона зірка» (Україна) [електронний ресурс]: ПАО «Червона зірка». – Режим доступу: <http://www.chervonazirka.com/content>
35. Analysis of quality of sowing by pneumatic sowing machines for sugar beet, [B. Mursec, P. Vindis, M. Janzekovic, F. Cus, M. Brus]; *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 22/1, 2007. 85-88.

36. Bulgakov V. Theory of two-disc anchor opener of grain drill/ V.Adamchuk, V. Bulgakov, V. Gorobey/Scientific and technical union of mechanical engineering/ International scientific conference «Conserving soils and water» 31.08.-03.09.2016. Burgas, Bulgaria/ Научни известия. Year XXIV, issue 21 (207). September 2016. – P. 71-74.
37. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини посівні. Методи випробувань. СОУ 74.3-37-129:2004 / М. Собчук, В. Погорілий, Л. Шустік та ін. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 86 с.
38. Калетнік Г.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність та жорсткість. Ч.І, ІІ: Підручник / Г.М. Калетнік, М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, В.М. Пришляк та ін.; за ред. Г.М. Калетніка, М.Г. Чаусова. – К.: Хай Тек-Прес, 2011. – 616 с.
39. Калетнік Г.М. Технічна механіка [Текст] : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Калетнік Г.М., Булгаков В.М.; Черниш, О.М. та ін.. - К. : Хай-Тек Прес, 2011. - 340 с.
40. Калетнік Г.М. Теоретична механіка в прикладах та завданнях: Навч. посібник / В. М. Булгаков, Г. М. Калетнік, І. В. Гриник та ін.; За ред. : В. М. Булгакова. - К.: Аграрна наука, 2014. - 348 с.
41. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування (сільськогосподарська техніка). ДСТУ 4397:2005. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
42. Яропуд В.М., Гунько І.В., Серета Л.П., Швець Л.В., Труханська О.О. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання. Вінниця: ВНАУ, 2023. 39 с.