

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему **«ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ
РЕБРИСТОГО ДОЗУВАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-з-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Євгеній РОКОТЯНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
 Спеціальність 208 Агроінженерія
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Андрій ВОЙТІК
 “ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

- Рокотянському Євгенію Сергійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи «Обґрунтування конструкції та параметрів ребристого дозувального апарату зернової сівалки»
 керівник роботи Войтік А.В., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу від
 “14” листопада 20 24 р. № 01-06/261
2. Строк подання студентом роботи 30.11.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості зернових культур як об'єкту висіву; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для висіву зернових культур.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз існуючих способів та засобів для сівби зернових культур, огляд попередніх досліджень з даного питання; дослідження потоку посівного матеріалу; обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів висівного апарату; дослідження якісних показників роботи висівного апарату; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	02.12.2023 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2024 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2024 р.	

Студент

_____ Євгеній РОКОТЯНСЬКИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Андрій ВОЙТІК
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Рокотянський Є.С. Обґрунтування конструкції та параметрів ребристого дозувального апарату зернової сівалки (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 55 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для висіву зернових культур.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів висівного апарату на показники якості висіву зернових культур.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу висіву насіння зернових культур шляхом обґрунтування параметрів та технологічного процесу висівного апарату.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для висіву зернових культур. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено вплив конструктивних параметрів висівного апарату на якісні показники його роботи. Визначено оптимальні технологічні режими роботи висівного апарату. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи висівного апарату під час сівби насіння зернових культур.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: катушка, насіння, зерновий, потік, висівний апарат, конструкція.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ЗЕРНОВИХ РЯДКОВИХ СІВАЛОК	6
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВНУТРІШНЬОРЕБРИСТОГО АПАРАТУ	13
2.1. Порівняльний аналіз формування потоку посівного матеріалу в котушковому та внутрішньоребристому висівних апаратах	13
2.2. Обґрунтування конструктивних та технологічних особливостей запропонованого висівного апарату	19
Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1. Опис об'єкту дослідження.....	31
3.2. Формування потоку і характер руху насіння в корпусі внутрішньоребристого висівного апарата	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	42
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	45
5.1. Обґрунтування зміни конструктивної схеми сівалки та обладнання її внутрішньоребристими висівними апаратами	45
5.2. Дослідження працездатності експериментальних сівалок ЗС-3,6 та ЗС-4,2 в лабораторних і польових умовах	48
Загальні висновки.....	53
Список використаної літератури.....	54

ВСТУП

Підвищення технічного рівня зернових рядкових сівалок передбачає зростання їх продуктивності, надійності, універсальності та використання світових досягнень у розробці й створенні уніфікованих складальних одиниць (висівних апаратів, механізмів приводу, сошників та ін.).

Зернові культури в сільському господарстві України займають провідну роль. Площа їх посівів становить більш ніж 15 мільйонів гектарів. Врожайність зернових культур, в основному, визначається технологією посіву та якістю виконаних робіт.

Вітчизняне виробництво випускає більше сорока видів та модифікацій різноманітних сівалок. Великий внесок в їх розробку й впровадження зробили ряд науково-дослідних та конструкторських організацій: ВІСГОМ, ВІМ (м.Москва), ВАТ ПКІ “Почвопосівмаш” (м.Кіровоград), ІМЕСГ (с.м.т. Глеваха, Київської обл.), УкрНДІПВТ (с.м.т. Дослідницьке, Київська область) Укр.НДІСГОМ (м.Харьков), Кіровоградський національний технічний університет (КНТУ), ВАТ “Червона Зірка” (м.Кіровоград).

На даний час основними конкуруючими висівними апаратами для зернових сівалок залишаються катушкові та внутрішньоребристі. Внутрішньоребристі висівні апарати мають значні переваги у порівнянні з серійними катушковими. Вони є більш універсальними, забезпечують стійкий висів на звичайних і підвищених робочих швидкостях руху сівалки, практично відсутнє пошкодження насіння.

Враховуючи підвищення вимог до продуктивності та якості рядкового висіву зернових, великі площі їх вирощування в Україні, економічно доцільне обладнання зернових сівалок внутрішньоребристими апаратами. У зв’язку з цим удосконалення конструкції внутрішньоребристого апарату, визначення його оптимальних технологічних та конструктивних параметрів для підвищення якісних показників висіву зернових культур є безумовно актуальним.

Розділ 1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ЗЕРНОВИХ РЯДКОВИХ СІВАЛОК

Удосконалення висівних апаратів рядкових сівалок в основному проводиться за конструктивними та технологічними параметрами. При цьому підвищуються якісні показники їх роботи. Визначні результати досліджень в цьому напрямку були отримані засновником науки про сільськогосподарські машини академіком В.П. Горячкіним. Велике практичне значення мають роботи академіків М.Н. Летошнєва і А.Н. Карпенко, докторів наук А.А. Будагова, П.В. Савіча, В.С. Басіна, Ф.Г. Гусінцева, проф. А.Н. Семенова, проф. П.В. Сисоліна, канд.техн.наук А.Н. Поліщука, С.І. Шмата, Е.А. Беляєва та ін.

В 1948 році співробітниками ВІСГОМ [2] проведено цілий комплекс досліджень по висівним апаратам зернових сівалок, які випускалися заводами “Червона Зірка” ,”Сибсільмаш”, “Ростсільмаш” та фірмами Мак-Кормік, Кокшут та Джон-Дір. При цьому була зосереджена увага на якісних показниках роботи апаратів, таких як — повздовжня та поперечна рівномірність висіву, стійкість висіву та ступінь пошкодження насіння. За результатами досліджень встановлено, що у всіх апаратів стійкість висіву приблизно однакова, а пошкодженість насіння різна і залежить від зазору між катушкою та денцем коробки апарата.

Вченими кафедри сільськогосподарського машинобудування Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування (КІСГМ) під керівництвом проф. Комаристова В.Ю.[3] на протязі 1968-73 років проведені широкі дослідження експериментальних та виробничих катушкових висівних апаратів. Були виявлені закономірності висіву різних культур зазначеними апаратами, причини пошкодження насіння та визначено вплив деяких конструктивних і технологічних факторів на якісні показники висіву.

Через відсутність критеріїв порівняння продуктивності і якості висівних апаратів неможливо співставити характеристики апаратів різноманітних за конструкцією. Про це свідчать дані літературних джерел. Наприклад, болгарські вчені Д.Атанасов, К.Васильєв та Й.Молнар [6] досліджували роботу трьох катушкових висівних апаратів: жолобчастого (з паралельними та гвинтовими жолобками) та штифтового. Оскільки показники якості визначались на різноманітних нормах висіву насіння, то порівняльний аналіз значень показників між собою — був неможливим. Разом з тим, в цих роботах наведено обґрунтування того, що катушковий апарат з гвинтовими жолобками має переваги перед звичайним катушковим та штифтовим апаратами, як за

стійкістю висіву, так й за чутливістю до повздожних нахилів. Але висловлене ними твердження потребує експериментальної перевірки.

Проф. М.Н.Летошнєв в роботі[7] відмічає, що жоден з висівних апаратів типу Гуз'єра (котушковий жолобчастий), ложковий та внутрішньоребристий в основному не забезпечують однозерновий та рівномірний висів. Проте, він приводить дані по висіву насіння катушковим жолобчастим апаратом з зсувною катушкою та апаратом з штифтовою катушкою [8], які свідчать що апарат з штифтовою незсувною катушкою забезпечує більш високу рівномірність висіву, ніж з зсувною.

Основним напрямком досліджень акад. А.Н. Карпенка[5] були дослідження технологічного процесу роботи катушкових висівних апаратів з зсувними катушками. Ним встановлено, що зі збільшенням глибини жолобків погіршуються умови випадання насіння, тобто, стає неможливим процес висіву дрібного насіння малими нормами. За його рекомендаціями конструкція катушки повинна мати найменшу глибину жолобків, щоб зерна найбільш крупного насіння повністю заходили в них. Він зазначає, що випорожнення жолобків відбувається періодично. Це обумовлює значну пульсацію висіву насіння. Для зниження пульсації та виключення пропусків зерен у рядках А.Н.Карпенко рекомендує збільшувати частоту обертання катушки та зменшувати товщину ребер її жолобків.

П.П. Карпуша в кандидатській дисертації[3] підтверджує висновки А.Н. Карпенка про причини пульсації висіву і пропонує зкошувати кромки поріжка коробки апарату або застосовувати похилі жолобки до твірних катушки. За його даними, найкраща рівномірність висіву насіння в рядках досягається при нахилі насіннепроводу під кутом $25...45^{\circ}$ до вертикалі. Однак, за експериментальними даними проф. В.Ю.Комаристова [10], поліпшення розподілу насіння на площі живлення спостерігається при нахилі насіннепроводів вперед за ходом сівалки, оскільки в цьому випадку збільшується кількість ударів насіння о стінки насіннепровода. При цьому порції насіння, що викидаються катушкою, ніби-то “розтягуються” в насіннепроводі, що і призводить до більш рівномірного розподілення насіння в рядках. Разом з тим виявлено, що при заданих швидкості руху сівалки і частоті обертання катушки висіяні окремими жолобками порції насіння не перекриваються між собою і з'являються пропуски в рядку, або ділянки з невеликою кількістю насіння. Великі пропуски можуть виникати під дією випадкових факторів (різки поштовхи, довге сковзання колеса і т.і.) При нормальних умовах, ділянки рядка, що незасіяні насінням поданого жолобками катушки, покриваються насінням, яке висіяне активним шаром. Вплив активного шару насіння на його розподіл є істотним, через те, що при

роботі катушкового апарату частка активного шару, при висіву за один оберт катушки, досягає 45% і більше.

У роботі [11] розкрито причини зниження показників якості розподілення насіння при верхньому висіві катушковим жолобчатим апаратом. У цьому випадку насіння спочатку виходить з поверхні шару, заповнюючи жолобки, а потім при подальшому обертанні катушки, повністю висипається з нього. Оскільки експериментально більш точно можна визначити подачу, тобто масу насіння висіяного катушкою за один оберт в грамах, ніж об'єм висіяного насіння, то технологічний розрахунок висівних апаратів зернових сівалок можна проводити, використовуючи експериментальні дані за значенням подачі насіння робочим органом апарату, тобто жолобковою або штифтовою катушками, кільцем внутрішньоребристого апарату, шнеком [10].

Різноманітні експериментальні та теоретичні дослідження катушкових висівних апаратів наведено в роботах. Поряд з дослідженнями конструкцій та технологічного процесу висіву, значна увага приділялась і вивченню причин пошкодження посівного матеріалу. Результати досліджень показують, що катушкові апарати в основному подрібнюють крупне насіння (горох, сою та інші). Але при дотриманні відповідних технологічних режимів можна зменшити ступінь подрібнення. Так, Н.І. Любушко та Л.Н. Таран [12] встановили, що при висіву насіння гороху подрібнення катушковими жолобчатими апаратами є незначним і складає 0,12...1,3%. Вони також спостерігали, незначне подрібнення насіння середніх розмірів при висіву катушковим та штифтовим апаратами, які обладнано катушкою діаметром 60 мм з 24-а штифтами.

Причини подрібнення насіння стандартним катушковим апаратом сівалки СЗ–3,6 досліджував проф. П.В. Сисолін [14], використовуючи, при цьому метод тензометрування апаратів. Було встановлено, що при висіві насіння гороху і сої, подрібнення проходить у зоні максимального звуження зернового потоку в коробці апарату. Пошкодження насіння відбувається в процесі їх зачеплення і затиснення між ребрами жолобків та напрямними ребрами муфти.

Дослідження М.С.Хоменка, В.А. Зирянова та А.В.Насонова[15] показали, що використання у висівному апараті капронових або металевих деталей з полімерним покриттям замість чавунних, дозволяє зменшити пошкодження насіння і добрив в 1,5...2 рази. При цьому покращується рівномірність висіву. Але це твердження потребує ретельних польових випробувань. До того ж, порівнюючи результати проведених експериментальних досліджень катушкових жолобчатих висівних апаратів

з чавунними та капроновими котушками проф. В.Ю. Комаристов [16] приходить до висновку, що по якості роботи капронові котушки не мають переваг перед чавунними і за ступенем пошкоджуваності насіння і гранул мінеральних добрив майже однакові.

Важливим напрямком підвищення якості показників зернових рядкових сівалок є створення принципово нових конструкції висівних апаратів. Так, Н.Є.Кудрявцев [17] запропонував і дослідив човниковий висівний апарат (рис. 1.1).

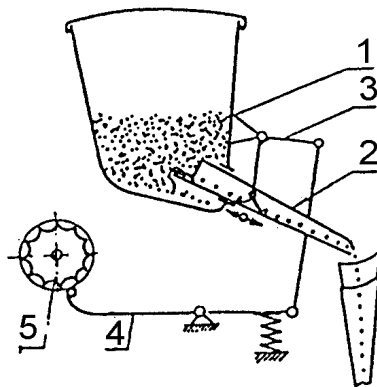


Рисунок 1.1 – Човниковий висівний апарат: 1-насіннєвий ящик; 2- висівна трубка; 3,4- приводні важелі; 5- кулачок (чарунковий диск)

Висівним органом човникового апарата є порожниста трубка 2, один кінець якої знаходиться всередині насіннєвого ящика, а другий виведений зовні. За допомогою чарункового диску кулачка 5, ролика 4 та важелю 3 трубка приводиться в коливальний рух, під дією якого насінини переміщуються по її внутрішній поверхні та викидаються у насіннєпровід.

За даними автора [17], рівномірність висіву у човникового апарату вища ніж котушкового. Для висіву насіння різних розмірів пропонується змінювати наконечник трубки. Окрім цього, апарату властиві й інші недоліки, які не дали можливість його використання на сівалках. До них можна віднести: вплив на норму висіву кута нахилу трубки, частоти її коливання при висіві зі зміною швидкості сіялки, а також інші фактори.

П.В.Сисолін, К.Г. Іваниця, А.В. Ліккей запропонували висівний апарат цівкового типу (рис.1.2), в якому висівним органом є барабан з дротяними скобами [18]. Шість скоб розташовані на діаметрі в 40 мм.

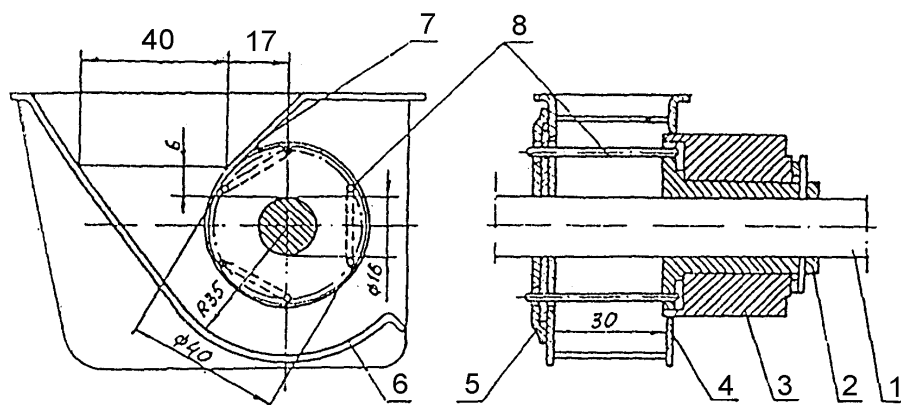


Рисунок 1.2 – Цівковий висівний апарат: 1- вал; 2- втулка; 3- муфта; 4- коробки; 5- розетка; 6- дно коробки; 7- поріжок; 8- з’ємні двоподібні дужки

Апарат практично не пошкоджує насіння і за даними авторів має більш високу стійкість висіву, ніж катушковий. Однак цей висівний апарат, також не одержав застосування.

В УНІМЕСГ Н.А.Манойлом [20] проведені дослідження відцентрового висівного апарату (А.С. №195742) з метою заміни катушкового. За принципом дії цей апарат аналогічний до висівного апарату Стокланда [27]. Запропонований апарат, також не був впроваджений у виробництво.

В зарубіжній науковій літературі порівняно мало публікацій по дослідженню висівних апаратів зернових сівалок. Так, В.Мартенс[13] досліджував закономірності витікання насіння крізь отвори в дні шухляди та в висівних апаратах різної конструкції. Він визначив, що для забезпечення руху насіння під дією власної ваги, кут нахилу стінок шухляди повинний бути не менше 60° . На його думку, насіннепровід повинен бути виключений з системи “висівного приладу”, якщо висівний апарат досконалий. В усіх інших випадках насіннепровід є корисним органом сівалки, оскільки, проходячи крізь нього, потік насіння вирівнюється. В.Мартенс, також встановив, що зі збільшенням робочої довжини жолобчастої катушки, її жолобки більш рівномірно заповнюються насінням.

Проф. Беллоу [12] вивчаючи робочий процес зернових сівалок, встановив, що гладкі і рівні стінки телескопічних насіннепроводів менш сприятливо впливають на розподіл зерен у рядку, ніж ланки насіннепроводу, складеного з окремих лійок, а насіннепровід зі спіральної стрічки займає середнє положення.

За результатами досліджень Ж.Фішера [18] і В.Мартенса [14] висота шару насіння у зерновій шухляді не впливає на кількість насіння, що надходить у коробку висівного апарату. Цей висновок підтверджують всі дослідники, що працювали в цьому напрямку.

Ж.Фішер отримав експериментальну залежність маси висіяного насіння від діаметра котушки, робочої довжини жолобків та інших факторів. Ці результати можна використовувати тільки для певного виду посівного матеріалу. В даних роботах для дослідження рівномірності розподілу насіння у рядку в лабораторних умовах він вперше застосував липку стрічку.

Удосконаленням конструктивних та технологічних характеристик внутрішньоребристого висівного апарату займалися Ф.Г.Гусінцев [13-16], П.В.Сисолін [14-19], В.Ю.Комаристов [12-17] та ін. В своїх роботах автори стверджують, що внутрішньоребристі апарати, які точно виготовлені, мають високий ступінь стійкості, рівномірності висіву та володіють рядом позитивних якостей, до яких, в першу чергу, відносять простоту конструкції та високі якісні показники висіву.

Робочий процес внутрішньоребристого висівного апарату у порівнянні з катушковим досліджував проф. Ф.Г.Гусінцев [13-15]. Він вважає, що внутрішньоребристий апарат більш універсальний, ніж катушковий і може якісно висівати різноманітні норми насіння. За даними Ф.Г. Гусінцева кути нахилу внутрішньоребристого апарату на 10° вперед, назад, вліво і вправо не впливають на якість та норму висіву насіння. Незначний вплив на дозуючу здатність цього апарату здійснює, також і частота обертання висівного кільця. Однак, окремі питання конструктивних і технологічних характеристик внутрішньоребристого апарату вимагають подальших досліджень. Зазначимо, що автор досліджував внутрішньоребристий апарат з регульованою шириною висівного кільця.

Дослідження якості роботи внутрішньоребристого висівного апарату конструкції ВІМ і ГСКБ Посівмаша проведені на кафедрі сільськогосподарського машинобудування КДТУ В.Е. Комаристовим і М.М. Косіновим [20]. Було встановлено, що ці апарати не подрібнюють насіння і забезпечують високу рівномірність висіву. Апарат простий в експлуатації і крім зміни частоти обертання висівного кільця для керування нормою висіву не потребує інших регулювань. Внутрішньоребристі апарати, встановлені на експериментальній зерновій сівалці СРВ-3,6 [21], пройшли польові випробування на Армавірській дослідницькій станції ВІМ. Аналіз результатів випробувань показав, що якість розподілу насіння в рядках за інтервалами, при висіві нормами від 2 до 6 млн. шт. насіння на гектар внутрішньоребристими і катушковими висівними апаратами, приблизно однакова. На думку проф. П.В. Сисоліна [16], конструкція внутрішньоребристого апарату вигідно відрізняється від катушкового. Апарат характеризується простотою у виготовленні і експлуатації, меншою кількістю деталей, поліпшенням якості висіву за рахунок створення безперервного і рівномірного потоку насіння.

Напрямок удосконалення висівних апаратів пов'язаний з методикою технологічного розрахунку також потребує розвитку. Особливо це стосується методики розрахунку внутрішньорєбристих апаратів, оскільки методика розроблена професором Лур'є А.Б.[12], стосується апарату зі сталим робочим об'ємом. Для апарату з керованим робочим об'ємом вона відсутня.

Таким чином, аналіз досліджень висівних апаратів рядкових сівалок показує, що їх удосконалення проводиться в наступних напрямках:

1. Створення принципово нових апаратів в основі роботи, яких лежать процеси формування і переносу потоку посівного матеріалу.
2. Створення та удосконалення методів розрахунку апаратів.
3. Удосконалення конструктивних параметрів конкретних апаратів.
4. Удосконалення технологічного процесу висіву.
5. Оптимізація конструктивних і технологічних параметрів існуючих висівних апаратів.
6. Виявлення причин пошкодження посівного матеріалу та розробка заходів по їх подоланню.
7. Дослідження закономірностей руху потоку посівного матеріалу на вході, в середині та на виході з корпусу апарата.
8. Створення математичних моделей функціонування апаратів.
9. Пошук критеріїв порівняння продуктивності і якості висівних апаратів.
10. Дослідження експлуатаційної надійності і довговічності апаратів.

Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВНУТРІШНЬОРЕБРИСТОГО АПАРАТУ

2.1. Порівняльний аналіз формування потоку посівного матеріалу в котушковому та внутрішньоребристому висівних апаратах

В процесі аналізу формування потоку сипкого матеріалу в апаратах порівнювали їх продуктивність, характер силового впливу на активні шари потоку, поле швидкостей шарів, умови, що заважають безперервному просуванню зернового потоку, а також вплив факторів на пошкодження посівного матеріалу. Розглянемо зазначені характеристики на прикладі котушкового і запропонованого внутрішньоребристого висівних апаратів.

Дослідження процесу формування потоку посівного матеріалу в котушкових висівних апаратах свідчать про те, що дозування ними здійснюється за рахунок захоплення зерен пошаровим тертям (активний потік) в обертальний рух і за рахунок утворення додаткового робочого об'єму між котушкою і жолобками, або іншими елементами. Маса матеріалу, винесеного з апарату за один оберт котушки, визначається за формулою:

$$q_k = q_a + q_p, \quad (2.1)$$

де q_a, q_p — відповідно винесена маса матеріалу за рахунок активного потоку та за рахунок робочого об'єму котушки.

Враховуючи конструктивні параметри жолобчастих котушкових висівних апаратів, вираз (2.1) набуває вигляд:

$$q_k = L_k \cdot \gamma \cdot D_k \pi \cdot C_{зв} + L \cdot \gamma \cdot S \cdot Z \cdot \mu, \quad (2.2)$$

де $C_{зв}$ — зведена товщина активного потоку; L_k — робоча довжина котушки; γ - об'ємна маса матеріалу; D_k — зовнішній діаметр котушки; S — площа поперечного перерізу жолобка котушки; Z — кількість жолобків котушки; μ — коефіцієнт заповнення жолобків.

В роботах, присвячених експериментальним дослідженням технологічного процесу роботи котушкових висівних апаратів. Зазначається, що рух шарів в активному потоці з віддаленням від робочої поверхні котушки, поступово уповільнюється. Тому, припустивши, що рух шарів сипкого матеріалу в апараті має сталу швидкість, активний потік можна розглядати, як поле швидкостей (рис. 2.1).

Врахувавши, що $V_k = \pi d_k n / 60$, маємо:

$$q'_a = (\pi d_k n / 60) L_k \gamma V_k (1 - \exp(-b_{0k} C_{1k})) / b_{0k}, \quad (2.6)$$

де n — частота обертання котушки; d_k — зовнішній діаметр котушки.

Вираз (2.6) дає можливість визначити масу матеріалу, висіяного за один оберт котушки активним потоком:

$$q_a = L_k \cdot \gamma \cdot \pi \cdot d_k (1 - \exp(-b_{0k} C_{1k})) / b_{0k}. \quad (2.7)$$

З виразів (2.2) та (2.7), порівнянням їх правих частин, можна визначити зведену товщину активного шару:

$$C_{зв} = (1 - \exp(-b_{0k} C_{1k})) / b_{0k} \quad (2.8)$$

Зазначимо, що мінімальне значення величини вихідного вікна за висотою C_{1k} з умов, неушкодженості сипкого матеріалу в апараті при його можливому затисненні.

Затиснення насіння між денцем і котушкою, спостерігається у випадку коли сила тертя F насіння о денце буде більшою за зсувне зусилля P , тобто $F > P$.

З рисунку 2.1 можна визначити, що

$$F = f N \cos \alpha_k; P = N \sin \alpha_k, \quad (2.9)$$

де N — зусилля затиснення; $f = \tan \varphi$ — коефіцієнт тертя насіння о поверхню денця; α_k — кут між напрямом сили тиску котушки на насіння та прямою, проведеною з центра котушки через точку контакту насіння з денцем.

Враховуючи малість кутів φ і α_k ($\tan \varphi \approx \varphi$; $\cos \alpha_k \rightarrow 1$; $\sin \alpha_k \rightarrow \alpha_k$).

Умову затиснення можна подати у вигляді:

$$\alpha_k < \varphi, \quad (2.10)$$

де φ — кут тертя насіння об денце.

У випадках, коли затиснення мало імовірно зазор C_1 між площиною жолобків котушки і денцем можна визначити із співвідношення:

$$C_{1k} > 2d_k, \quad (2.11)$$

де d_k — максимальна ширина насіння, а для плоского насіння — його товщина.

Крім цього, відомо, що в процесі висіву котушковим апаратом спостерігаються значні пульсації, які обумовлені характером захоплення насіння жолобками з активного потоку. Пульсуючий потік є нестабільним і погіршує якість висіву.

На сьогодні відсутня загальна теорія формування потоку у внутрішньоробристу апараті. Оскільки характер виведення апаратом матеріалу з корпусу цього випадку суттєво відрізняється від котушкових і має природу вільного винесення матеріалу. Характерним є те, що при формуванні

суцільного активного потоку у таких апаратах, посівний матеріал виноситься робочою, ребристою поверхнею диска.

За характером формування потоку сипкого матеріалу можна прослідкувати використавши прозору бічну стінку й за фіксування за допомогою цифрової камери. Для зручності інформацію слід вивести на монітор ПЕОМ [14].

Внутрішньоребристі висівні апарати запропонованої конструкції характеризуються, як конструктивними так і технологічними параметрами. До конструктивних параметрів належать діаметр диску D_δ (на практиці $D_\delta=90\ldots105\text{мм}$) і відстань h від вала котушки до дна бункера ($h = (0,3\text{—}0,4) D_\delta$). До технологічних параметрів відносять: форму і розміри ребер, кількість ребер, ширину робочої частини диску $b_{l\delta}$ та $b_{2\delta}$, висоту висівного вікна, розмір l_d нижнього порізка, розміри вхідного вікна l_2 .

Аналіз даних спостережень дає можливість встановити, що посівний матеріал у корпусі апарату може перебувати в трьох стадіях: статичної, початкової фази руху та сталого руху потоку. У статичній ребриста поверхня диску нерухома, матеріал у корпусі нерухомий, а біля висівного вікна створюється похиле обсіпання по лінії OA (рис.2.2) під кутом α природного укосу. Причому самовисипання відсутнє, якщо точка A знаходиться на дні корпусу диска і на лінії природного укосу. Якщо ж точка A буде за лінією природного укосу, то відбувається самовисипання матеріалу з бункера через висівне вікно.

На початку руху ребриста робоча поверхня починає переміщуватися, виносячи через висівне вікно практично без опору частину сипкого матеріалу з роздільними частками формою у поперечному перерізі у вигляді трикутника OAB з кутами в основі α_δ та ε , причому кут ε менший за кут природного відкосу. При цьому між матеріалом у бункері та лінією відривання OB утворюється порожнина, як а за такою самою формою схилу відразу ж заповнюється матеріалом із загальної маси, за якою також утворюється порожнина, що також заповнюється, і таке інше. А в самому торці бункера, де входить в нього висівний диск, матеріал обсіпається отримуючи рух від обертання робочого органу і таким чином формується фаза руху потоку матеріалу в корпусі апарата.

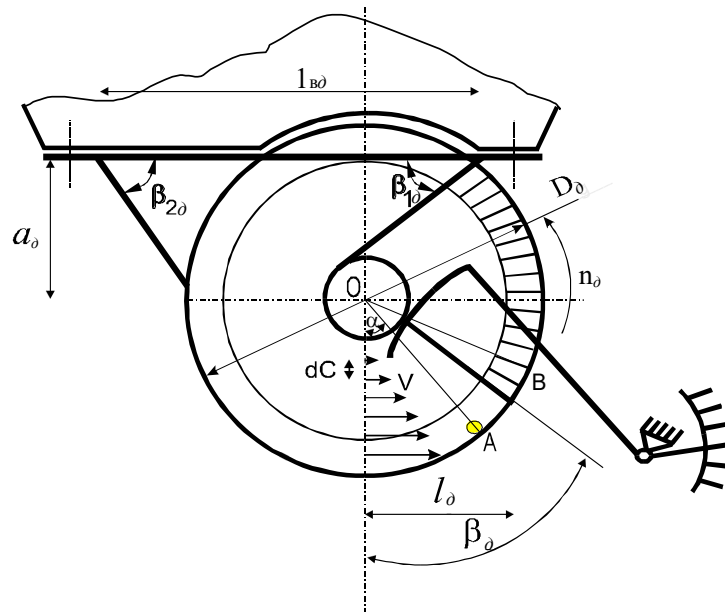


Рисунок 2.2 – Схема роботи та основні параметри внутрішньоробристого висівного апарата

Рух потоку, що встановився, можливий і за наявності нерухомого стовпа матеріалу в корпусі шириною і без нього. Це залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, довжини контакту, розмірів робочого органу та величини C_1 відкриття висівного вікна.

У загальному випадку рух матеріалу, що встановився у корпусі, складається із зони формування потоку довжиною l та зони транспортування, довжиною l_g . Зона формування має трикутну форму з кутом в основі ε_1 від якого залежить його довжина l . Експериментально встановлено, що величина кута ε_1 залежно від впливу різноманітних факторів і становить $6...12^\circ$.

Кількість насіння, висіяного за один оберт висівного диску можна визначити за виразом:

$$q_{00} = 10^{-3} \pi \cdot C_{10} \cdot b_0 \cdot \gamma \cdot \mu (D_0 - C_{10}) \quad (2.12)$$

де C_{10} , b_{10} — відповідно висота та ширина висівного вікна ($b_0=b_{10}$, або $b_0=b_{20}$), м; D_0 — діаметр диску, м; μ — коефіцієнт заповнення висівного вікна ($\mu = 0,6...0,8$); γ — об'ємна маса посівного матеріалу, кг/м^3 .

Відомо, що для стійкого винесення матеріалу з апарату, необхідно забезпечити виконання умови для шару, прилеглого до робочої поверхні:

$$F > F_1, \text{ де } F = S \gamma (H + C_{10}) \text{tg} \varphi_1; \quad F_1 = S \gamma H \text{tg} \varphi,$$

де φ_1 — кут тертя рухомого матеріалу по нерухомому; φ — кут тертя матеріалу по робочій поверхні диску; S — площа контакту матеріалу з робочою поверхнею диска; H — висота стовпа матеріалу; C_{10} — величина відкриття висівного вікна; γ — об'ємна маса посівного матеріалу.

Тоді
$$S(H + C_{1\delta})\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 > S \cdot \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

звідки:
$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \left(1 + \frac{C_{1\delta}}{H}\right) > \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.13)$$

Під час руху посівного матеріалу по різноманітних поверхнях між ними спостерігаються незначне зовнішнє тертя спокою і руху. Відомо, що коефіцієнт тертя спокою на 5...25% більший за коефіцієнт тертя руху.

Отже, при використанні формули (2.13), слід враховувати відповідні види коефіцієнтів тертя. Безумовно, процес виведення матеріалу з апарату буде стабільнішим, якщо довжина контакту матеріалу з робочою поверхнею не перевищуватиме довжини l_δ зони формування потоку (рис. 2.2). Крім того, коли вибирають мінімальне значення $C_{1\delta}$ відкриття висівного вікна, слід враховувати умови, за яких у ньому можливі затори або подрібнення насіння між заслінкою і робочою поверхнею диска. Тому мінімальне відкривання вікна повинне відповідати тим же умовам, що й для катушкових апаратів, тобто $C_{1\delta} \geq 2d$.

У внутрішньоребристих апаратах, спостерігається деяка специфіка формування і виведення потоку посівного матеріалу. Для запобігання довільному витіканню посівного матеріалу через висівне вікно визначають довжину l_δ краю відкриття корпусу таким же способом, як і для визначення передньої частини денця катушкових висівних апаратів (рис. 2.1). Тому після висівного вікна, розмір якого по висоті регулюється заслінкою, необхідно підняти матеріал кільцем на певний кут β_δ до краю корпусу, де він скидається у лійку насіннепроводу. Як видно, з рис., сформований після висівного вікна шар матеріалу виноситься з корпусу шаром $ABCD$, який утворюється всередині апарата за рахунок обертання кільця (диску).

Якщо ж розглядати потік посівного матеріалу як дискретні частки, які вільно лежать на робочій поверхні диску, то умовою підймання їх до краю корпусу, тобто на кут β_δ , буде

$$\begin{aligned} & \left(mg \cos 2\pi n_\delta t + m 4\pi^2 n_\delta^2 D_\delta / 2 \right) \cos \theta_\delta \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 / \cos(\alpha_\delta - \theta_\delta) > \\ & > \left(mg \cos 2\pi n_\delta t + m 4\pi^2 n_\delta^2 D_\delta / 2 \right) \sin \alpha_\delta \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 / \cos(\alpha_\delta - \theta_\delta) + mg \sin 2\pi n_\delta t \end{aligned} \quad (2.14)$$

де m — маса насінини; g — прискорення вільного падіння; n_δ — частота обертання диску; α_δ — кут конуса робочої поверхні диска; θ_δ — кут конуса вихідного каналу корпусу; φ_1 , φ_2 — відповідно кути тертя ковзання або кочення по поверхні диску та корпусу, залежно від виду посівного матеріалу.

Враховуючи незначні колові швидкості висівного диска та його невеликий діаметр відцентровими силами можна знехтувати. Тоді згідно з

рівнянням (2.14) умовою підймання частки внутрішньою робочою поверхнею диска буде:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 > \operatorname{tg} \beta_\delta \frac{\cos(\alpha_\delta - \theta_\delta)}{\cos \theta_\delta} + \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{\sin \alpha_\delta}{\cos \theta_\delta}, \quad (2.15)$$

У реальних обставинах цієї умови (2.15) досягти практично неможливо. Тому для забезпечення надійного технологічного процесу висівання на робочій поверхні диска необхідно наносити невеликі ребра, відстань між якими більша за максимальну довжину насіння, що висівається або дорівнює їй.

При виході з корпусу насіння пошарове зсипається у лійку насіннепроводу утворюючи площину зсуву. Причому кожний шар зсувається з наступного, як з похилої площини, яка рухається разом з диском. Так утворюється розтягнута зона зсипання, величина якої визначається кутом ψ . Виходячи з цього, необхідно вибрати такі конструктивні та кінематичні параметри апарата, які б забезпечили своєчасне зсипання посівного матеріалу з конічної поверхні диска для стабільного його виходу.

Максимальне значення цього кута підйому $\delta_{\max} = \beta_\delta$ спостерігається при максимальному ступені відкриття заслінки:

$$\delta_{10} = 360^\circ \cdot n_\delta \sqrt{2C_{10} \cdot \cos \varphi / g \cos(\delta_{\max} + \varphi)} + 2 \arcsin \frac{C_{\max}}{D_\delta} < 90^\circ - \beta_\delta, \quad (2.16)$$

де $C_{\max}$ — максимальна ширина насінини; φ — кут внутрішнього тертя насіння.

Конструктивні особливості запропонованого апарату обумовлюють стабільний безперервний характер потоку. За аналізом результатів спостережень ребриста поверхня висівного диска не розриває, а навпаки стабілізує активний потік, оскільки є несучою робочою поверхнею, що має максимальну лінійну швидкість.

2.2. Обґрунтування конструктивних та технологічних особливостей запропонованого висівного апарату

Робочий об'єм висівного апарату є його основною характеристикою. Для розрахунку робочого об'єму внутрішньоребристого апарата, можна використати методику проф. А.Б.Лур'є [21].

Розглянемо спочатку площу перерізу робочої частини апарату, для розрахунку якої використано схематичне уявлення зображене на рис.2.3

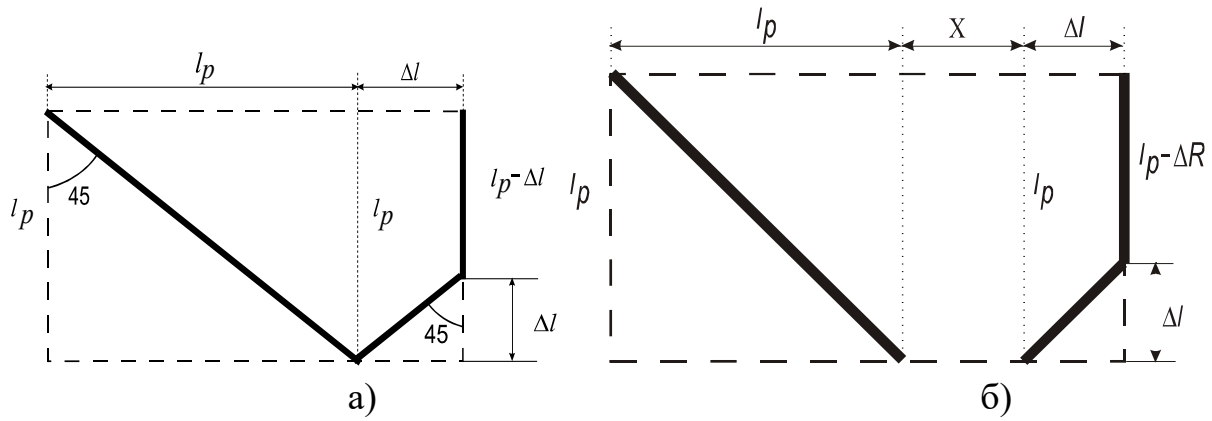


Рисунок 2.3 – Схема регулювання робочого об'єму внутрішньорєбристого апарата: а) контакт висівного диска з корпусом; б) збільшення об'єму переміщенням диску вздовж приводного валу

Виходячи з геометричних співвідношень, та рис. 2.3 а, б, площу перерізу можна описати виразом:

$$S = \left((l_p + \Delta l + x)l_p - \frac{1}{2}l_p^2 - \frac{1}{2}\Delta l^2 \right) = \left(l_p^2 + \Delta l \cdot l_p + xl_p - \frac{1}{2}l_p^2 - \frac{1}{2}\Delta l^2 \right) =$$

$$= l_p^2 + \Delta l \left(l_p - \frac{1}{2}\Delta l \right) + xl_p, \quad (2.17)$$

де l_p - глибина корпусу; Δl - глибина висівного диску; x - відстань зміщення висівного диску від корпусу.

У випадку контакту висівного диску з корпусом ($x = 0$) вираз (2.17), набуває вигляду:

$$S = \frac{l_p}{2}(l_p + 2\Delta l - \Delta l^2) \quad (2.18)$$

Якщо прийняти, що v - швидкість руху активного шару сипкого матеріалу, то при цьому робочий об'єм можна розрахувати за виразом:

$$V = \int_0^v S dv = v \left(l_p^2 + \Delta l \left(l_p - \frac{1}{2}\Delta l \right) + xl_p \right) \quad (2.19)$$

де $dv = \omega dh$; $\omega = 2\pi n$; n - частота обертання приводного вала.

Враховуючи те, що швидкості шарів висівного матеріалу відрізняються між собою, швидкість руху активного шару можна оцінити за виразом:

$$v = \int_0^{R_\partial - h_1} \omega dh = \omega (R_\partial - h_1), \quad (2.20)$$

де R_∂ – радіус висівного диску;

$$h_1 \approx R_\partial (1 - \cos \alpha_\partial). \quad (2.21)$$

Використавши вираз (2.5) в (2.4), маємо:

$$v = 2\pi R_{\partial} \cos \alpha_{\partial}, \quad (2.22)$$

де α - кут підйому насіння висівним диском.

Враховуючи в (2.19) вирази (2.20)-(2.21), отримаємо загальний вираз для розрахунку регульованого робочого об'єму внутрішньоребристого апарату:

$$V = 2\pi R_{\partial} \left(\frac{l_p^2}{2} + \Delta l \left(l_p - \frac{1}{2} \Delta l \right) + x l_p \right) \cos \alpha_{\partial} \quad (2.23)$$

Якщо вважати, що наближено $l_p \approx R_{\partial} - \Delta l$,

то вираз (2.23) набуває вигляду:

$$V = 2\pi R_{\partial} \left(\frac{R_{\partial}^2}{2} + x(R_{\partial} - \Delta l) - \Delta l^2 \right) \cos \alpha_{\partial} \quad (2.24)$$

Вираз (2.24) свідчить про те, що робочим об'ємом внутрішньоребристого апарату можна керувати, тобто змінювати на необхідну величину для висіву насіння великих розмірів.

За один оберт приводного вала диску робочий об'єм дорівнює:

$$V_o = 2\pi R_{\partial} \left(\frac{R_{\partial}^2}{2} + x(R_{\partial} - \Delta l) - \Delta l^2 \right) \cos \alpha_{\partial}. \quad (2.25)$$

Виходячи з результатів роботи [10] норма висіву оцінюється за виразом:

$$Q = \frac{10^3 V_o \gamma_n i (1 - \varepsilon)}{b \cdot 2\pi R_c} \quad (2.26)$$

де b – ширина міжряддя, см; ε - коефіцієнт ковзання приводного колеса, %; i – передаточне число від колеса до приводного валу; R_c - статичний радіус пневматичного колеса сівалки, м; γ_n – об'ємна маса висівного матеріалу, г/см³.

Для експериментальної сівалки ЗС-3.6 : $b = 15$ см, $\varepsilon = 5 \dots 10\%$, $R_c = 0,59$ м.

Враховуючи вираз (2.25) у вирази (2.26) можна бачити, що діапазоном норми висіву можна керувати, як ступенем відкриття заслінкою апарату, так і передаточним відношенням.

Маса насіння, що висівається за один оберт, дорівнює:

$$\bar{q}_o = 2\pi R_{\partial} \left(\frac{R_{\partial}^2}{2} + x(R_{\partial} - \Delta l) - \Delta l^2 \right) \gamma_n \cos \alpha_{\partial} \quad (2.27)$$

Таким чином, запропонована конструкція внутрішньоребристого апарату дозволяє керувати робочим об'ємом, враховуючи розміри зерен посівного матеріалу. Окрім цього з'являється можливість керувати і нормою висіву, змінюючи величину висівного вікна положенням дозуючої заслінки.

Для визначення кута відриву окремого зерна від поверхні диска розглянемо основні співвідношення між параметрами внутрішньоребристого висівного апарату (рис.2.4).

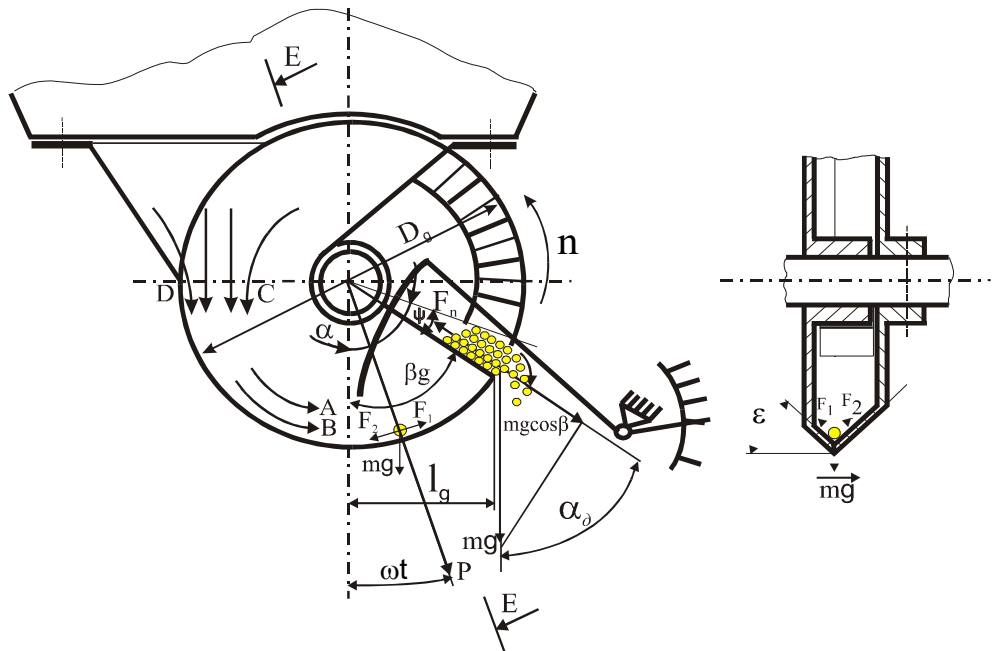


Рисунок 2.4 – Силова картина та схема руху потоку насіння у внутрішньоребристому висівному апараті

Нехай на ребристій поверхні висівного диску знаходиться, прилеглий до неї, шар насіння масою m .

На цей шар насіння діють такі сили: mg – сила ваги; $m \frac{V^2}{r} = mr(\alpha)^2$ – відцентрова сила; fN – сила тертя, яка тримає шар насіння на поверхні висівного диску й забезпечує його переміщення на деякий кут α .

Враховуючи характер дії сил, рівняння руху матиме вигляд:

$$mr\alpha''_{\delta} = fN - mg \sin \alpha_{\delta}, \quad (2.28)$$

$$\text{де} \quad N = mr(\alpha'_{\delta}) + mg \cos \alpha_{\delta} \quad (2.29)$$

Підставимо (2.29) в (2.28), після деяких перетворень отримаємо:

$$\alpha''_{\delta} - f(\alpha'_{\delta})^2 + \frac{g \sin(\alpha_{\delta} - \varphi_{\delta})}{r \cos \varphi_{\delta}} = 0, \quad (2.30)$$

де α_{δ} – кут відриву зерна від поверхні диску висівного апарату; φ_{δ} – кут тертя зернини по стінці корпусу апарату;

Розв'яжемо диференціальне рівняння (2.30), застосувавши підстановку:

$$\alpha'_{\delta} = \sqrt{Z}; \quad \alpha''_{\delta} = \frac{1}{2} \frac{dZ}{d\alpha}, \quad \text{маємо:}$$

$$Z = \frac{2g \cos \varepsilon}{r \cos \varphi} \cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) + C \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi_\partial) \quad \text{або}$$

$$\frac{r(\alpha'_\partial)^2}{g} = \frac{2 \cos \varepsilon}{\cos \varphi} \cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) + C \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi), \quad (2.31)$$

де ε – кут нахилу стінки корпусу апарату до горизонту.

Враховуючи, що α_∂ — кут конуса робочої поверхні диска; θ_∂ — кут конуса вихідного каналу корпусу $\operatorname{tg} \varepsilon = 2 \operatorname{tg} \varphi_\partial$, а також початкові умови - $\alpha_\partial = \alpha'_\partial = 0$; $t = 0$, визначемо сталу інтегрування C :

$$C = \frac{2 \cos \varepsilon}{\cos \varphi_\partial} \cos(\varphi_\partial + \varepsilon); \quad (2.32)$$

Підставимо вираз (2.32) в рівняння (2.31), отримаємо:

$$\frac{r(\alpha'_\partial)^2}{g} = \frac{2 \cos \varepsilon}{\cos \varphi_\partial} [\cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) - \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi_\partial) \cos(\varphi_\partial + \varepsilon)]; \quad (2.33)$$

З умови відриву: $N = m[g \cos \alpha_\partial + r(\alpha'_\partial)^2] = 0$, знайдемо:

$$(\alpha'_\partial)^2 = -\frac{g}{r} \cos \alpha_\partial. \quad (2.34)$$

Підставимо вираз (2.34) в рівняння (2.33), маємо:

$$-\cos \alpha_\partial \cos \varphi - 2 \cos \varepsilon \cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) = -2 \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi) \cos \varepsilon \cos(\varphi_\partial + \varepsilon)$$

або

$$\cos \alpha_\partial \cos \varphi - 2 \cos \varepsilon \cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) = 2 \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi) \cos \varepsilon \cos(\varphi_\partial + \varepsilon) \quad (2.35)$$

Оскільки рівняння (2.35) неможливо розв'язати відносно α_∂ в аналітичній формі, то величину кута відриву можна знайти графічно. При цьому рівняння (2.35) подають як систему функцій:

$$\begin{aligned} y_1 &= \cos \alpha_\partial \cos \varphi_\partial + 2 \cos \varepsilon \cos(\alpha_\partial - \varphi_\partial - \varepsilon) \\ y_2 &= 2 \exp(2\alpha_\partial \operatorname{tg} \varphi_\partial) \cos \varepsilon \cos(\varphi_\partial + \varepsilon) \end{aligned} \quad (2.36)$$

Графічна інтерпретація дає можливість теоретично визначити величину кута α_∂ , при якій відбувається відрив насіння від поверхні висівного диску внутрішньоребристого апарата, при цьому оптимальним є значення кута $\alpha_\partial = 53^\circ$. В роботі величини кута α_∂ для номенклатури деяких культур визначено експериментально на лабораторному стенді [54, 59] з прозорою площиною корпусу апарата.

Проведений теоретичний аналіз діючих сил на зерна, що знаходяться на робочій поверхні диску дав змогу визначити наступні аналітичні вирази кута підйому зерна:

$$\alpha_\Gamma = \varphi_\partial + \arcsin(k \sin \varphi_\partial) \quad \text{- для гладкої поверхні}; \quad (2.37)$$

$$\alpha_\rho = \varphi_\partial + \lambda + \arcsin(k \sin(\varphi_\partial + \lambda)) \quad \text{- для ребристої поверхні}; \quad (2.38)$$

де φ_0 – кут тертя зерна по робочій поверхні; λ – кут між дотичною площиною ребра та напрямком нормальної сили; k – кінематичний показник режиму роботи апарату. Вирази (2.37), (2.38) узгоджуються з одержаними результатами експериментальних випробувань висівних дисків внутрішньоребристих апаратів, проведених на лабораторному стенді.

Нехай сферична частка радіусом r і масою m_r переміщується разом із внутрішньою поверхнею обертання циліндра радіусом R .

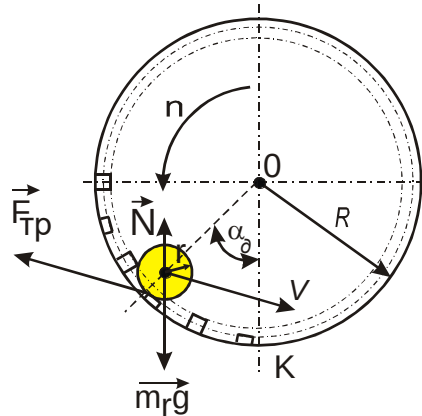


Рисунок 2.5 – Рух сферичної частки по внутрішній поверхні обертового циліндра та визначення швидкості точки контактів

Запишемо систему диференціальних рівнянь, що описують рух часток:

$$m_r(R-r)\ddot{\alpha} = -P \sin \alpha - F_{mp}, \quad (2.39)$$

$$m_r(R-r)\ddot{\alpha}_\delta^2 = N - P \cos \varphi_\delta, \quad (2.40)$$

$$m\rho_r^2\delta_\theta = F_{mp} \cdot r, \quad (2.41)$$

де δ_θ — кут повороту часток відносно своєї осі, перпендикулярній площині руху частки; ρ — радіус інерції $\rho = \frac{r}{\sqrt{2}}$; $F_{\delta\delta}$ — сила тертя; N - сила нормального тиску до частки з боку циліндричної поверхні; $P = mg$ — сила тяжіння; α_δ — кут, на який відхиляється площина, що проходить через центр частки, відносно вертикальної площини.

$$v_c = 2\pi nR. \quad (2.42)$$

За формулою, що пов'язує лінійні швидкості двох точок твердого тіла, що рухається плоскопаралельно, маємо

$$v_0 = v_c + r\delta v = 2\pi nR + r\delta v, \quad (2.43)$$

з іншого боку, швидкість точки С (центр мас частки) визначається за виразом:

$$v = v_0 = (R-r)\dot{\alpha}_\delta. \quad (2.44)$$

Підставляючи (2.43) і (2.44) приходимо до рівняння зв'язку:

$$2\pi nR + r\dot{\delta v} = (R - r)\dot{\alpha}_\delta. \quad (2.45)$$

Враховуючи, що $n = \text{const}$, знаходимо

$$r\ddot{\delta v} = (R - r)\ddot{\alpha}_\delta. \quad (2.46)$$

підставимо (2.46) в (2.41) і проведемо співставлення:

$$m \frac{\rho^2}{r} (R - r) \ddot{\alpha} = F_{mp},$$

тобто
$$\frac{r^2 F_{mp}}{\rho^2} = -P \sin \alpha_\delta - F_{mp}.$$

звідси:
$$F_{mp} = -\frac{\rho^2}{r^2 + \rho^2} P \sin \alpha_\delta = -(1 - \lambda) P \sin \alpha;$$

де
$$\lambda = \frac{r^2}{r^2 + \rho^2} \quad (2.47)$$

Підставимо (2.47) в (2.39), отримаємо

$$m(R - r)\ddot{\alpha} = -\lambda P \sin \alpha_\delta. \quad (2.48)$$

Вважаємо $\dot{\alpha}_\delta$ функцією параметра α_δ , тоді (2.48) представиться у вигляді:

$$\frac{1}{2} m(R - r) \frac{d\dot{\alpha}_\delta^2}{d\alpha_\delta} = \lambda P \sin \alpha_\delta. \quad (2.49)$$

Розділяючи змінні та інтегруючи (2.49), маємо:

$$m(R - r) \frac{\dot{\alpha}_\delta^2 - \alpha_\delta^2(0)}{2} = -\lambda(1 - \cos \alpha_\delta)P. \quad (2.50)$$

За умовою задачі $\delta v(0) = 0$, при $t = 0$

$$(R - r)\dot{\alpha}_\delta(0) = 2\pi nR. \quad (2.51)$$

З (2.50) і (2.51) випливає, що

$$m(R - r)\dot{\alpha}_\delta^2 = m(R - r)\dot{\alpha}_\delta^2(0) - 2\lambda(1 - \cos \alpha_\delta)P = m \frac{R^2}{R - r} 4\pi^2 n^2 - 2\lambda(1 - \cos \alpha_\delta)P. \quad (2.52)$$

З (2.52) можна оцінити на скільки підіймається куляста частка.

Оскільки:

$$m \frac{R^2}{R - r} 4\pi^2 n^2 - 2\lambda G(1 - \cos \alpha_\delta) > 0$$

звідки:

$$(1 - \cos \alpha_\delta) < \frac{2R^2 \pi^2 n^2}{(R - r)g\lambda} \text{ і } \cos \alpha_\delta > 1 - \frac{2R^2 \pi^2 n^2}{(R - r)g\lambda}. \quad (2.53)$$

якщо параметр n задовольняє нерівності:

$$1 - \frac{2R^2\pi^2 n^2}{(R-r)g\lambda} < -1,$$

тобто

$$n > \frac{\sqrt{(R-r)g\lambda}}{\pi R}, \quad (2.54)$$

то нерівність (2.53) виконується при всіх значеннях параметру ω :

$$n < \frac{\sqrt{(R-r)g\lambda}}{\pi R},$$

то граничний кут визначається співвідношенням

$$\alpha_\delta^* = \arccos \left(1 - \frac{R^2 \omega^2}{2(R-r)g\lambda} \right). \quad (2.55)$$

Підставимо (2.52) в (2.40), знайдемо $N = N(\varphi)$:

$$N = P \cos \alpha_\delta + m(R-r)\alpha_\delta^2 = P(1+2\lambda)\cos \alpha_\delta + \frac{mR^2}{R-r}4\pi^2 n^2 - 2\lambda P. \quad (2.56)$$

Запишемо умову при якій не спостерігається прослизання частки:

$$N > \frac{|T|}{f}. \quad (2.57)$$

Підставимо її в співвідношення (2.47) і (2.56), отримаємо:

$$(1+2\lambda)\cos \alpha_\delta + \frac{R^2}{g(R-r)}4\pi^2 n^2 - 2\lambda > \frac{1-\lambda}{f}|\sin \alpha_\delta|. \quad (2.58)$$

Розглянемо (2.58) при $0 < \alpha_\delta < \pi$ (при $|\sin \alpha_\delta| = \sin \alpha_\delta$):

$$(1+2\lambda)\cos \alpha_\delta - \frac{1-\lambda}{f}\sin \alpha_\delta > -\frac{R^2}{g(R-r)}4\pi^2 n^2 + 2\lambda. \quad (2.59)$$

Визначимо кут ψ_0 співвідношенням

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \psi_0 &= \frac{1-\lambda}{f(1+2\lambda)} \\ \psi_0 &= \operatorname{arctg} \frac{1-\lambda}{f(1+2\lambda)}. \end{aligned} \quad (2.60)$$

При цьому ліва частина (2.59) набуде вигляду:

$$(1+2\lambda)\cos \alpha_\delta - \frac{1-\lambda}{f}\sin \alpha_\delta = \left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2} \right)^{\frac{1}{2}} \times$$

$$\times \left[\frac{1+2\lambda}{\left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \cos \alpha_\partial - \frac{1-\lambda}{f \left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \sin \alpha_\partial \right], \quad (2.61)$$

з врахуванням (2.61) нерівність (2.59) приводиться до вигляду

$$\cos(\alpha_\partial + \psi_0) > - \frac{4\pi^2 n^2 R^2}{g(R-r) \left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2} \right)^{\frac{1}{2}}} + \frac{2\lambda}{\left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2} \right)^{\frac{1}{2}}}. \quad (2.62)$$

$$\text{Якщо } \frac{4\pi^2 n^2 R^2}{g(R-r)} > 2\lambda + \sqrt{(1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2}}, \quad (2.63)$$

$$\text{то } n > \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g(R-r)}{2\lambda} \left(2\lambda + \sqrt{\frac{(1+2\lambda)^2}{R^2} + \frac{(1-\lambda)^2}{R^2 f^2}} \right)}, \quad (2.64)$$

і нерівність (2.62) виконується при всіх $0 < \alpha_\partial < \pi$, оскільки $\cos(\alpha_\partial + \psi_0) > -1$.

Якщо нерівність (2.64) не виконується, то з (2.62), маємо:

$$\alpha_\partial + \psi_0 < \arccos \left[\frac{2\lambda - \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{g(R-r)}}{\sqrt{(1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2}}} \right]. \quad (2.65)$$

Враховуючи (2.60), матимемо:

$$\alpha_\partial < \arccos \frac{2\lambda - \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{g(R-r)}}{\sqrt{(1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2}}} - \arctg \frac{1-\lambda}{f(1+2\lambda)}. \quad (2.66)$$

Порівняємо (2.54), (2.64), граничний кут (2.55) і кут $\alpha_{\ddot{a}}$, визначається правою частиною нерівності (2.66):

$$\alpha_\partial = \arccos \frac{2\lambda - \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{g(R-r)}}{\sqrt{(1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2}}} - \arctg \frac{1-\lambda}{f(1+2\lambda)}. \quad (2.67)$$

Оскільки $4\lambda < 2\lambda + \left((1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f} \right)^{1/2}$, то виконання нерівності

(2.64) тягне за собою виконання нерівності (2.54). Таким чином, якщо частота зовнішнього циліндра задовольняє нерівність (2.64), то зернина рухається без прослизання, здійснюючи обертальний рух навколо своєї центральної осі.

Якщо n задовольняє нерівність (2.54), але не задовольняє нерівність (2.64):

$$\frac{2\sqrt{g\lambda(R-r)}}{R} < n < \frac{\sqrt{\frac{g(R-r)}{2\lambda}} + \sqrt{(1+2\lambda)^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{f^2}}}{R}, \quad (2.68)$$

то можна твердити, що зернина, піднявшись на кут α'_δ почне прослизати і подальший рух потребує залучення виразів (2.40 - 2.42), але при умові $|T| = fN$, а не умові зв'язку (2.45).

Якщо ж параметр n не задовольняє нерівності (2.54), то слід порівняти кути α'_δ і α_δ^* .

Враховуючи, що α_δ^* є розв'язком рівняння (2.52):

$$\frac{4\pi^2 n^2 R^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha_\delta^*), \quad 0 < \alpha_\delta^* < \pi \quad (2.69)$$

а кут α_1^* є розв'язком рівняння (2.68), маємо:

$$(1+2\lambda)\cos \alpha_1^* + \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda = \frac{1-\lambda}{f} \sin \alpha_1. \quad (2.70)$$

Подамо рівняння (2.70) у вигляді:

$$\frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha_1) = \frac{1-\lambda}{f} \sin \alpha_1 - \cos \alpha_1. \quad (2.71)$$

Оскільки ліві частини (2.69) і (2.70) однакові, то позначимо вираз через функцію:

$$\xi(\alpha) = \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha), \quad 0 < \alpha < \pi \quad (2.72)$$

Якщо права частина рівняння (2.71)

$$\frac{1-\lambda}{f} \sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 > 0, \quad (2.73)$$

то має місце нерівність:

$$\frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha^*) = 0 < \frac{1-\lambda}{f} \sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 = \frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha_1). \quad (2.74)$$

Отже в наслідок монотонності функції $\xi(\varphi)$: $\alpha^* > \alpha_1$

Якщо ж має місце нерівність:

$$\frac{1-\lambda}{f} \sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 < 0, \quad (2.75)$$

$$\text{то} \quad \alpha^* < \alpha_1.$$

З виразу (2.67) можна бачити, що кут α_1 монотонно зростає зі зростанням n . Функція $\operatorname{ctg} \alpha_1$ монотонно спадає при зростанні α_1 . Тому при малих n і до значень n , при яких :

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{1-\lambda}{f}, \quad (2.76)$$

буде мати місце нерівність

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 > \frac{1-\lambda}{f}, \quad (2.77)$$

тобто нерівність (2.74) і в кінцевому рахунку, нерівність (2.75).

Якщо n більше критичного значення, то

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 < \frac{(1-\lambda)}{f} \quad \text{і, отже, } \alpha^* > \alpha_1.$$

Визначимо критичне значення параметра n . При α_1 , що є розв'язком (2.76), рівняння (2.71), набуває вигляду:

$$\frac{4\pi^2 R^2 n^2}{(R-r)g} - 2\lambda(1 - \cos \alpha_1) = 0 \quad (2.78)$$

Помітно, що

$$\cos \alpha_1 = \frac{\operatorname{ctg} \alpha_1}{\sqrt{1 - \operatorname{ctg}^2 \alpha_1}} = \frac{1-\lambda}{\sqrt{f^2 + (1-\lambda)^2}}. \quad (2.79)$$

Підставивши (2.79) в (2.78), знайдемо ω :

$$\frac{4\pi^2 R^2 n^2}{g(R-r)} = 2\lambda \left[1 - \frac{1-\lambda}{\sqrt{f^2 + (1-\lambda)^2}} \right],$$

$$\text{звідси} \quad n = \frac{\sqrt{2g(R-r)\lambda \left(1 - \frac{1-\lambda}{\sqrt{f^2 + (1-\lambda)^2}} \right)}}{2\pi R}. \quad (2.80)$$

Отже, при

$$n \leq \frac{\sqrt{2g(R-r)\lambda \left(1 - \frac{1-\lambda}{\sqrt{f^2 + (1-\lambda)^2}}\right)}}{2\pi R}, \quad (2.81)$$

частка перекочується, піднімаючись максимально на кут α^* (2.55), при чому рух відбувається без прослизання.

Інтервал

$$\sqrt{2g(R-r)\lambda \left(1 - \frac{1-\lambda}{\sqrt{f^2 + (1-\lambda)^2}}\right)} < n \leq \frac{2\sqrt{g(R-r)\lambda}}{R}. \quad (2.82)$$

доповнює інтервал (2.68). При цих значеннях параметра n частка почне прослизати в процесі руху, піднявшись на кут $\alpha = \alpha_1$ (2.67).

Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Опис об'єкту дослідження

У відповідності з розробленою програмою досліджень в якості об'єктів дослідження обрано модернізовані внутрішньоребристі висівні апарати (рис.3.1), якими були обладнані експериментальні сівалки ЗС-3,6 та ЗС-4,2.

На запропоновану конструкцію внутрішньоребристого висівного апарату (рис.3.1) отримано патент України [27]. Апарат дозволяє розширити універсальність зернових сівалок за якістю висіву насіння не тільки дрібних та середніх розмірів, але й великих, а також в забезпеченні фіксації висівного диску на валу без перекосів, щоб він міг щільно прилягати до корпусу, або забезпечувати щілину постійної ширини.

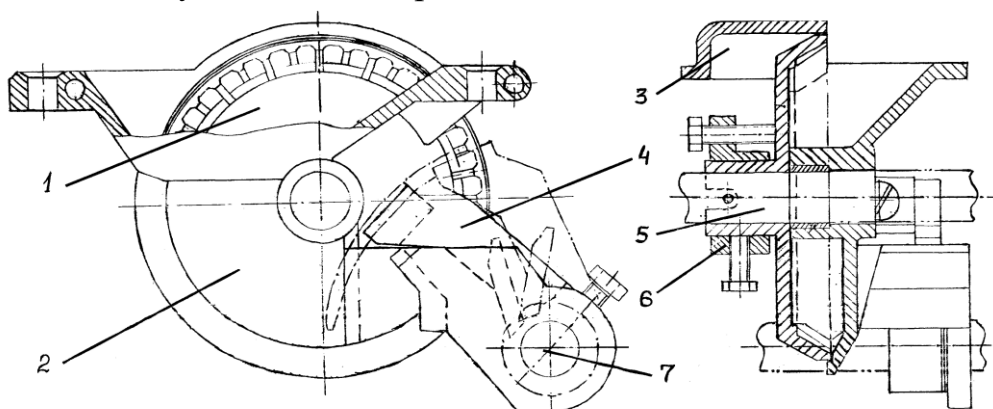


Рисунок 3.1 – Загальна схема внутрішньоребристого висівного апарату модернізованої конструкції: 1-реберчатий висівний диск; 2-корпус; 3-кришка; 4-дозуюча заслінка; 5-вал приводу висівного диску; 6-втулка кріплення висівного диску; 7-вал приводу заслінки

Проблема вирішується завдяки тому, що привідний вал диску з'єднано через втулку, яка шарнірно закріплена на валу, та важіль з штирьовим фіксатором. Конструкція апарату дає можливість забезпечувати необхідні умови для висіву насіння великих розмірів за рахунок збільшення ширини висівного каналу. Збільшення робочого об'єму апарату виконується шляхом відведення висівного диску з приводним валом від корпусу на величину, яка забезпечує запобігання процесу витікання насіння з апарату і менше чи дорівнює мінімальній товщині насінин, що висіваються.

В конструкції апарата також передбачено фіксацію диску на певній відстані від корпусу: для збільшення ширини висівного вікна і виконання процесу висіву, а також функції групового спорожнення.

Крім цього нова конструкція кріплення забезпечує фіксацію диску без перекосів, щоб він мав змогу щільно та надійно прилягати до корпусу, або утворювати щілину постійної ширини (рис.3.2, рис.3.3).

Зазначимо, що висівний диск, ширина робочої частини якого 12мм, відлито з матеріалу АЛ-2 (ГОСТ 2685-75).

Внутрішньорєбристий висівний апарат складається з корпусу 1, висівного диску 2, механізму регулювання норми висіву, виконаного у вигляді заслінки 3, які утворюють висівне вікно А. У підшипнику встановлено приводний вал 4 висівних котушок апаратів, який за допомогою втулки 5, шарнірно закріпленої на приводному валу, здійснює фіксацію котушок важелем 6 з штирьовим фіксатором 7, що обладнано мірною шкалою, на певній відстані від корпусу.

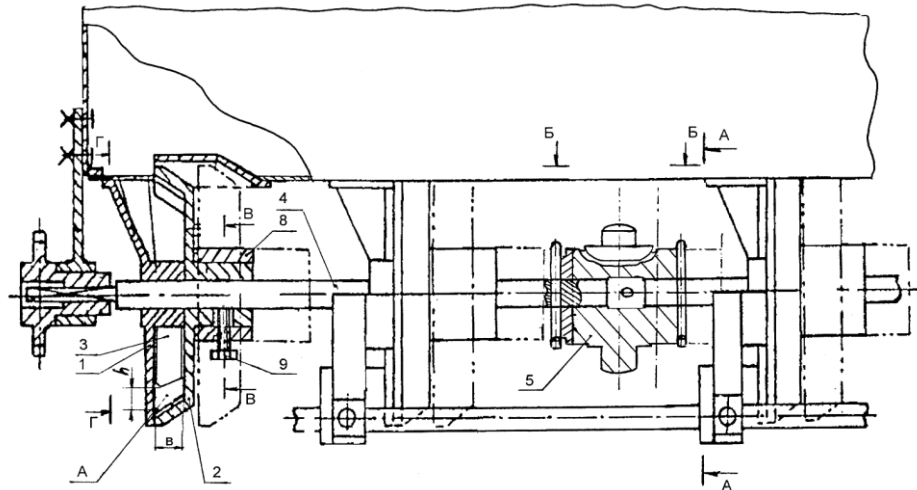


Рисунок 3.2 – Частина висівної системи, що обладнано внутрішньорєбристими апаратами та фіксатором вала приводу

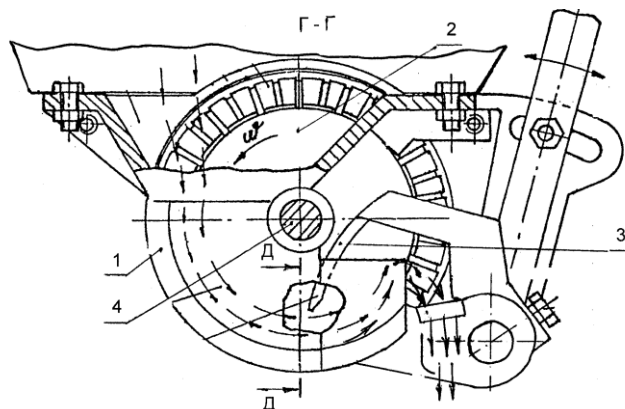


Рисунок 3.3 – Загальний бічний вигляд внутрішньорєбристого висівного апарату

На хвостовик висівного диску зовні надіте кільце 8 з гвинтом 9, який проходить крізь отвір у хвостовику диска, діаметр якого більший за діаметр гвинта, і впирається в поверхню приводного валу котушки. Заслінка апарата введена робочою частиною у зону висівного вікна, та закріплена на поворотному валу 10.

Працює висівний апарат таким чином. Розмір ширини b_d висівного вікна А, для збільшення універсальності внутрішньоребристого висівного апарату за висівом різного за розмірами насіння, вибирають по насінню, розмір якого найбільший по ширині С. Відомо також, що мінімальний розмір ширини b_d висівного вікна повинен бути більшим за дві ширини максимального по розмірах насіння, тобто $b_{\min d} > 2d$. Однак відомо також і те, що чим більше значення розміру b_d , тим доводиться значно зменшувати висоту C_{1d} відкриття висівного вікна А заслінкою 3 (рис.3.2) для забезпечення висіву мінімальних норм дрібного насіння. Але мінімальна величина висоти C_{1d} відкриття висівного вікна теж обмежена, щоб уникнути пошкодження насіння. Тому при висіві дрібного насіння необхідну мінімальну норму висіву отримують ще й за рахунок значного зменшення частоти обертання котушки, що негативно впливає на якість висіву.

Виходячи з наведеного вище, для забезпечення необхідної якості висіву як насіння дрібних, так й великих розмірів пропонується розмір ширини b_d висівного вікна вибирати за насінням з середнім розміром. А для висіву насіння великих розмірів диск 2 (рис.3.3 та рис.3.4) відсувати від корпусу 1 апарата на величину Δb , яка менша за мінімальну товщину d насінин, що висіваються і надійно фіксувати котушку у цьому положенні, тобто $\Delta x < d_{\min}$, щоб вони не просипалися у створену щілину.

Завдяки цьому збільшується ширина $(b_d + x)$ висівного вікна, що зменшує вірогідність пошкодження насіння великих розмірів і покращує якість його висіву. Вал 4 (рис.3.2) висівного апарату, на якому закріплена котушка 2, через втулку 5 та важіль 6 з'єднано з штирьовим фіксатором 7 (рис.3.5 та рис.3.6), який дозволяє надійно та точно фіксувати вал 4 а відповідно й котушку 2 на необхідній відстані x від корпусу апарата.

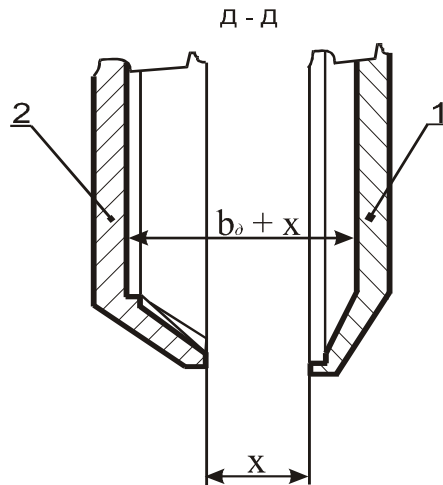


Рисунок 3.4 – Схема фіксації висівної котушки апарату на певній відстані від його корпусу

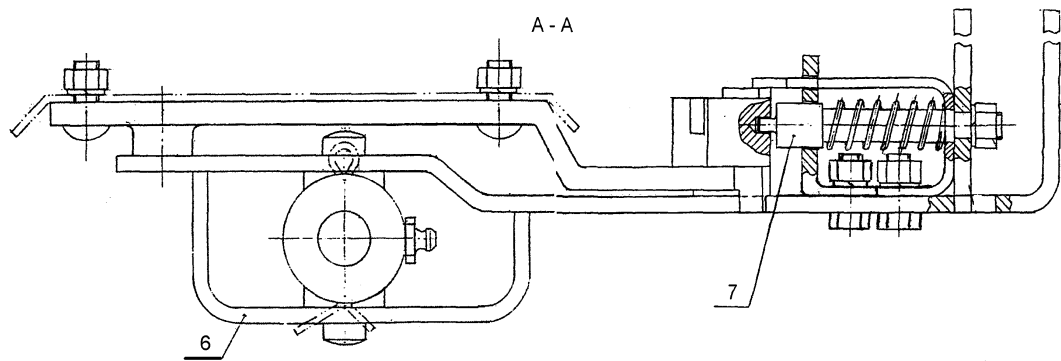


Рисунок 3.5 – Бічний вигляд фіксатора вала приводу

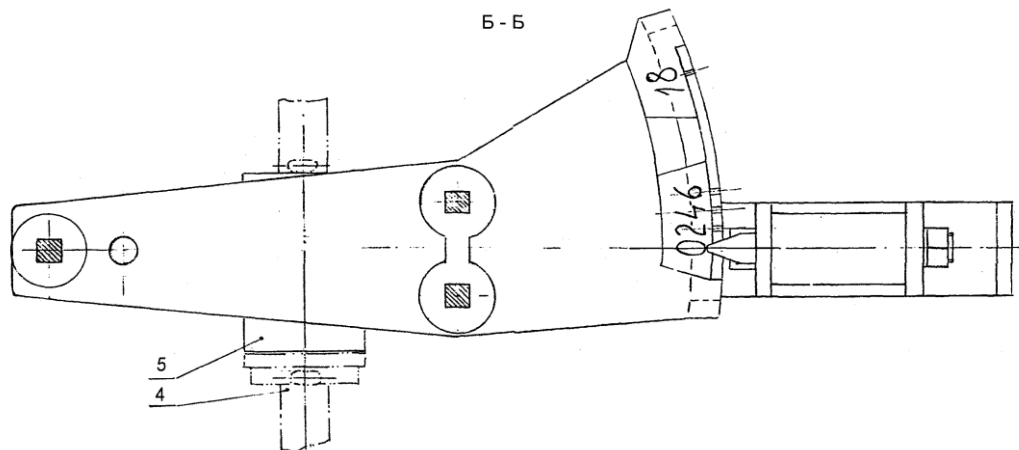


Рисунок 3.6 – Вигляд фіксатора вала приводу зверху

Для забезпечення фіксування котушки на валу без перекосів, щоб вона мала змогу щільно прилягати до корпусу, або забезпечувати щілину постійної ширини Δb , кріплення котушки 2 виконується за допомогою кільця 8 з

гвинтом 9 (рис.3.2), яке надіте на хвостовик котушки. Гвинт 9 проходить крізь отвір у хвостовику котушки, діаметр якого більший за діаметр гвинта (рис.3.7).

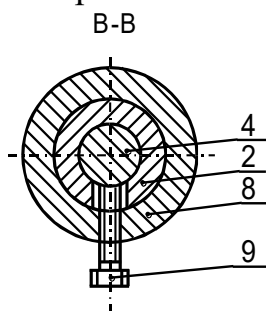


Рисунок 3.7 – Переріз конструкції кріплення висівної котушки апарата

При загвинчуванні гвинта 9 кільце 8 своїм протилежним боком від боку з гвинтом щільно притискує хвостовик котушки до поверхні вала 4, що й забезпечує надійний контакт котушки з корпусом апарата та закріплення її на валу без перекосів.

Для розширення номенклатури висіву апаратами насіння великих розмірів розроблено і було використано пристосування, яке фіксує приводний вал конічного висівного диску на певній відстані від корпусу. Це дає змогу розширити на потрібну величину робочий об'єм апаратів для забезпечення необхідних умов протікання технологічного процесу висіву насіння середніх та великих розмірів і виконання функції групового спорожнення апаратів від насіння.

В якості посівних матеріалів для дослідження було використано насіння таких сипких культур: квасоля, горох, кукурудза, соя, пшениця, ячмінь, овес, соняшник, просо, рапс,

Вологість насіння на час проведення дослідів знаходилась в межах 8...12%.

Як відомо, основною характеристикою насіння є його міцність, тому що при роботі сівалки зерно піддається різноманітним навантаженням в середині корпусу висівного апарата, а також ударним навантаженням при падінні в насіннепровід, сошник та борозну.

Різним сортам пшениці відповідають різні навантаження руйнування зерна, які в свою чергу залежать від орієнтації зерна в момент сприйняття навантаження. Максимальні зусилля руйнування стосовно скловидних сортів пшениці досягають $P \leq 200\text{Н}$, а мінімальні - для м'яких сортів досягають від 30 до 40Н на одне зерно. Найбільш стійким насінням з ряду зернових є насіння кукурудзи ($P \leq 400\text{Н}$), найменш стійке насіння жита – $P \leq 50\text{ Н}$ [19].

3.2. Формування потоку і характер руху насіння в корпусі внутрішньоребристого висівного апарата

Аналіз візуальних спостережень та комп'ютерної обробки відеозйомки показав, що насіння в апараті рухається разом з висівним диском в декілька шарів, число яких залежить від розмірів зерен культури.

Заповнення корпусу внутрішньоребристого висівного апарата відбувається за рахунок самовитікання насіння з бункера сівалки.

Розрізняють наступні види витікання сипкого матеріалу: нормальне, гідравлічне і змішане [7, 19, 20]. При гідравлічному витіканні, рух сипкого матеріалу відбувається аналогічно витіканню рідини з посудини. При нормальному – над отвором у днищі бункера сівалки утворюється рухомий стовп сипкого матеріалу, а на вільній його поверхні виникає воронка. Відмінність між цими двома рухами насіння полягає в тому, що при гідравлічному витіканні рух потоку відбувається в об'ємі, що обмежений стінками бункера, а при нормальному – в оточенні нерухомих частинок. Змішаний вид витікання сипкого матеріалу містить в собі два попередніх види.

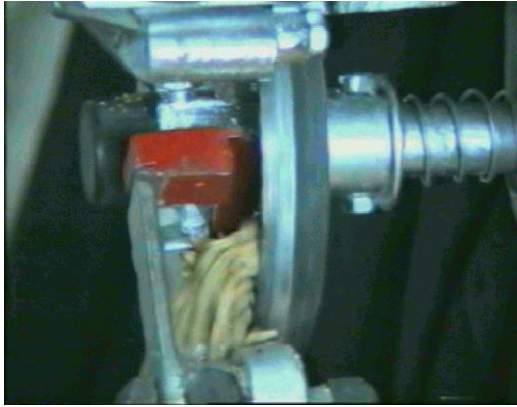
Початок формування зернового струменю всередині корпусу апарата відбувається в його приймальній частині, де насіння завдяки обертання висівного диску затягуються в корпус.

Сформований потік насіння проходить крізь корпус й виноситься з апарата. При протіканні цього процесу, насіння виноситься, як за допомогою ребер внутрішньої конічної частини висівного диску, так й за рахунок формування так званого активного шару, який утворюється завдяки дії сил пошарового, сухого тертя між насінинами. Слід зазначити, що активний шар являє собою суму окремих шарів насіння, яке рухається по концентричним колам відносно площин диску та корпусу апарата. По мірі віддалення від поверхні диску швидкість цих шарів зменшується. Кожний окремий шар складається з зерен, які рухаються безперервним потоком з певною для даного шару швидкістю. Такий рух є аналогічним до ламінарного руху рідини, якщо виключити факт окремих переходів зерен у сусідні шари за рахунок дії неоднакових ребер робочої частини висівного диску апарата.

При русі насіння між окремими зернами спостерігалися пустоти, які потім заповнялися сусідніми зернами. Візуальне спостереження, а також використання пакету програми Adobe PHOTOSHOP[] показали, що відносний вміст пустот в різних частинах корпусу апарата різний: на вході – 10 %, в середній частині – 15 %. Отримані дані говорять про те, що при точних розрахунках апарату потік насіння доцільно розглядати з позицій механіки

гранульованих середовищ [20], як сукупність дискретних часток, кожна з яких має границю розділу фаз (див. п. 2.3.).

Насіння, що знаходиться на висівному диску рухається з однаковою або близькою швидкістю з ним, тобто з коловою швидкістю внутрішньої ребристої поверхні диску. Швидкість верхніх шарів поступово зменшується і на верхній площині вихідного вікна стає мінімальною (рис.3.8).



а)



б)

Рисунок 3.8 – Процес руху зерен насіння на виході з корпусу внутрішньоребристого висівного апарата: а) – овес; б) – горох

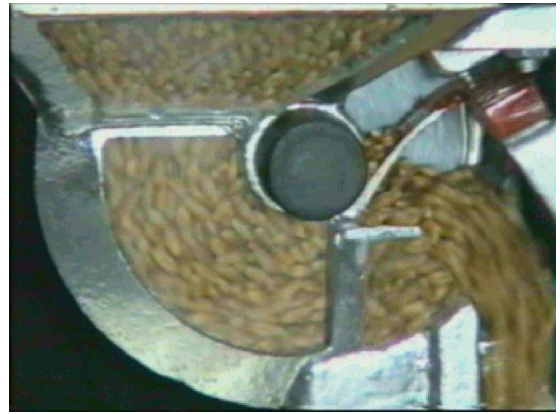
Для вивчення характеру руху насіння в корпусі апарата використовували закономірності ламінарного та турбулентного рухів рідини. Під “ламінарним” рухом насіння розуміли такий процес, при якому насіння в шарі рухається рівномірно, без затримування та змішування, а під “турбулентним” - рух, при якому насіння у шарі змішується або розташовується хаотично.

На фотографіях та на моніторі з малою періодичністю (1...250с. та менше) фіксувалося взаємне розташування насінин в рухомих та нерухомих шарах, а на фотографіях з великою періодичністю (1...4с.) - за “розмитим” зображенням рухомого шару насіння визначали його дійсні розміри.

Приклади фрагментів процесу руху насіння в корпусі внутрішньоребристого висівного апарата наведені на (рис.3.9).



1 a



1 б



2 a



2 б



3 a



3 б



4 a



4 б



5 а



5 б

Рисунок 3.9 – Фрагменти процесу заповнення (а) та руху (б) насіння в корпусі внутрішньоребристого висівного апарата: 1) – пшениця; 2) – овес; 3) – горох; 4) – кукурудза; 5) – просо

Можна бачити, що активний шар (рис.3.9) проса, гречки, гороху має ламінарний характер руху, а пшениці, вівса, кукурудзи – турбулентний. Для усіх культур характерно те, що активний шар, примикаючий до ребер висівного диску має найбільшу швидкість, яка за параболічним законом зменшується до центра диску.

При зміні частоти обертання висівного диску (при сталих розмірах висівного вікна) швидкість активного шару змінюється. Слід зазначити, що для кожної культури існує певна частота обертання висівного диску, при збільшенні якої швидкість активного шару вже не збільшується.

При мінімальних відкриттях заслінки перед нею спостерігається зона з дуже повільною рухливістю насіння (рис.3.10). Для кожної культури існує своя величина відкриття дозуючої заслінки де ця зона зникає.

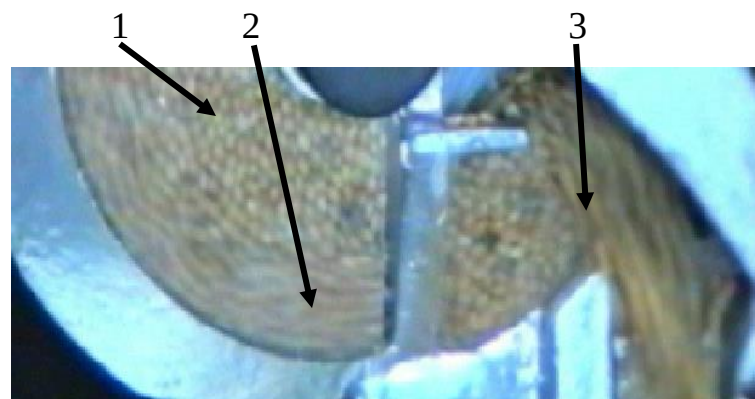


Рисунок 3.10 – Характер руху шарів насіння проса в корпусі апарата: 1-зона застою насіння; 2-зона руху насіння; 3-зона зсипання насіння

Зона застою зменшується за розміром зі збільшенням розміру висівного вікна (ступеню відкриття заслінки). При повному відкритті заслінки ця зона зникає.

Змінюючи робочий об'єм апарата відведенням диску від корпусу (рис.3.11) і дотримуючись умови неперосипання насіння в утворену щілину, спостерігали наступну картину.

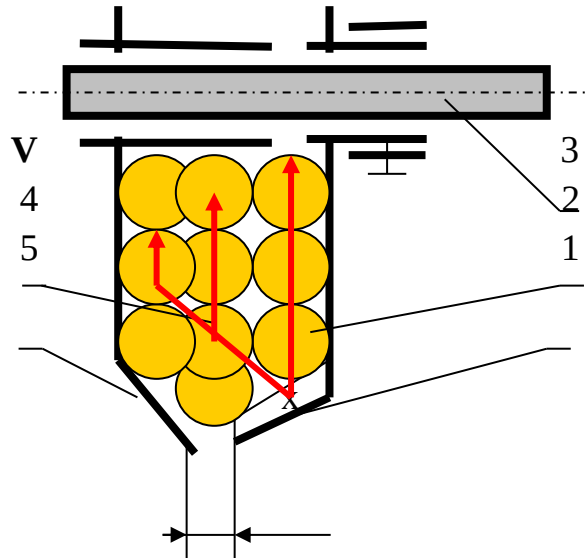


Рисунок 3.11 – Розподіл швидкостей шарів насіння при збільшенні об'єму корпусу апарата: V-швидкість шарів насіння; x-величина розміру відведення висівного диску; 1-висівний диск з ребрами; 2-висівний матеріал; 3-приводний вал; 4-поле швидкостей; 5-корпус

При русі шарів насіння, шари, що знаходяться в зоні контакту з висівним диском мають швидкість більшу ніж шари, що прилягають до корпусу. При контакті висівного диску з корпусом суттєвої різниці в швидкостях шарів не спостерігали.

На виході з апарату (рис.3.12) формується конусоподібне скупчення насіння, яке стікає у верхній частині прохідного вікна корпусу. При цьому кожний шар насіння зсувається з наступного під гострим кутом до горизонту.



Рисунок 3.12 – Ілюстрація процесу виходу насіння пшениці з апарата

При підйомі шарів насіння ребристою поверхнею диска на максимальний критичний кут, при цьому кожний верхній шар підіймається на більший кут, зерна зупиняються і утворюють похилу площину по якій вони поступово зсуваються в лійку насінєпровода. Зсув зерен насіння при цьому відбувається з меншої висоти шарів, що розташовані bliще до бічної стінці корпусу апарата. Описаний характер руху зерен має місце для всіх культур, що були використані у експериментах. Максимальні кути підйому насіння спостерігали у зерен які знаходились безпосередньо на диску та в контактi з його бічною поверхнею, оскільки вони мають найбільшу швидкість.

Витікання насіння з корпусу апарата починається з моменту утворення напівконічної поверхні зсуву під дією безперервного підпору зерен шарів, що транспортуються диском.

Окрім цього, було зафіксовано, що конусоподібна робоча поверхня висівного диска надавала активним шарам насіння в момент виходу з корпусу апарата циклічний характер руху, який покращує умови просування зерен насіння в насінєпроводі, що в свою чергу обумовлює рівномірність і нерозривність ланцюгу зерен в потоці. Цей ефект має найбільш виражений характер, якщо кут нахилу робочої ребристої поверхні диску знаходиться в межах $45 \pm 5^\circ$.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Весняно-польові роботи – напружений етап річного циклу агропромислового виробництва. Зокрема, у березні – квітні сільськогосподарськими підприємствами виконується біля 35 % річного обсягу польових тракторних і, майже, така ж частка транспортних робіт. Зростає, в порівнянні із зимовими місяцями, кількість зайнятих на ручних роботах працівників, у першу чергу, на технологічному обслуговуванні та забезпеченні роботи посівних та інших машино–тракторних агрегатів.

Все це об’єктивно збільшує вірогідність травматизму, особливо при недотриманні правил техніки безпеки та охорони праці і внаслідок неналежної організації робіт.

Головними причинами аварій та нещасних випадків при проведенні весняно–польових робіт є:

- технічна несправність сільськогосподарських машин;
- порушення технологічного процесу;
- не проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці працівникам господарств;
- порушення трудової і виробничої дисципліни;
- невиконання працівниками інструкцій з охорони праці;
- не проведення медичних оглядів.

Понад 30% усіх нещасних випадків виникає під час ремонту техніки, тому з боку інженерно-технічного персоналу повинен бути належний контроль за безпечним виконанням робіт та забезпечення своєчасного проведення навчання і перевірки знань з охорони праці у працівників.

Нагадуємо, що Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва (НПАОП 01.41-1.01-01) поширюються на підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування та форми власності, на підприємців та інших юридичних і фізичних осіб, які займаються технічним обслуговуванням і ремонтом машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Ремонтні роботи у стаціонарних умовах повинні проводитись у пристосованих для цього приміщеннях та виконуватись працівниками, що мають відповідну кваліфікацію. Робочі місця з ремонту та технічного обслуговування техніки повинні бути обладнані підйомними механізмами. Захаращування проходів і робочих місць вузлами та деталями машин, що ремонтуються, матеріалами і відходами забороняється.

Технічне обслуговування і ремонт машин слід проводити тільки при непрацюючому двигуні, за винятком операцій, які потребують його роботи.

Оглядові канали й естакади повинні мати направляючі для коліс машин, а також бути обладнані драбинами з двох боків для спуску до ями.

Перед зняттям двигуна та інших агрегатів і деталей, зв'язаних із системами охолодження, змащування та живлення двигуна, необхідно попередньо злити масло, охолоджувальну рідину і паливо в спеціальні резервуари, не допускаючи їх проливання.

Забороняється: виконувати будь-які роботи з машиною, вивішеною тільки на одних підйомних механізмах (домкратах, телях тощо); встановлювати машину на випадкові предмети замість спеціальних підставок; знімати і ставити ресори на машинах (причепях) усіх конструкцій і типів без надійних підставок.

Причіп та навіску машин і обладнання на трактор необхідно виконувати удвох. Робітник, який здійснює зчіпку (навіску), не повинен стояти на шляху руху трактора до машин, а зчіпку починати тільки після сигналу тракториста. Тракторист повинен вести трактор на пониженій передачі, на малих обертах двигуна, без ривків слідкувати за діями зчеплення і весь час тримати ногу на педалі головної муфти зчеплення. З'єднувати причіпну сергу з причіпним пристроєм машин потрібно тільки при зупиненому тракторі і виключеній передачі.

Сівалки і посадкові машини повинні мати справні сидіння, майданчик або підніжку з дошки і поручні, ширина підніжної дошки повинна бути не менше 350 мм, поручні повинні бути гладкими зашліфованими, перила за спиною сівальника - на висоті 1 метра, якщо причіплені борони котки, шлейфи і т. д.

Завантаження сівалок посівним матеріалом та добривами повинне виконуватись тільки при допомозі механічної заправки. При застосуванні гербіцидів та пестицидів для обробітки безпосередньо в полі необхідно обов'язково пересвідчитись, що в зоні роботи агрегату та на прилеглих полях не працюють люди, а в разі виконання на цих полях агротехнічних операцій, в подальшому витримати карантинні строки, які встановлені на певний вид пестицидів.

На навісних сівалках робота сівальника забороняється. Обслуговування одним працюючим більше однієї сівалки забороняється. Забороняється сівальнику під час руху агрегату переходити з сівалки на сівалку, сидіти на насінневих ящиках, працювати при знятих огорожах, очищати руками робочі органи.

Весняно-польові роботи мають свої особливості, оскільки в основному вони виконуються на значній відстані від центральної садиби і тракторної бригади. Через це знижується контроль за безпекою працюючих зі сторони адміністрації господарства. У цих умовах підвищується особиста відповідальність механізаторів за безпеку проведення робіт. Тому звертаємо увагу роботодавців, керівників сільськогосподарських підприємств, фермерських

господарств, інженерів з охорони праці щодо посилення профілактичної роботи по запобіганню виробничого травматизму та дотриманню нормативних актів з охорони праці, для цього потрібно:

- організувати навчання і перевірку знань працюючих безпечним методам роботи;
- провести цільовий інструктаж з охорони праці з усіма працівниками, зайнятими на виробничих процесах;
- забезпечити працюючих спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту, аптечкою, питною водою та засобами пожежогасіння;
- ознайомити під розписку всіх водіїв та механізаторів із безпечними маршрутами руху транспортних засобів;
- відвести місце для відпочинку, споживання їжі та паління;
- не допускати до роботи осіб, які не пройшли медичний огляд;
- не допускати до роботи осіб хворих, перевтомлених, тих, які знаходяться в нетверезому стані, або тих, що не пройшли інструктаж з охорони праці;
- провести заходи щодо зміцнення трудової та виробничої дисципліни;
- не допускати для виконання технологічних процесів машини і обладнання, які мають технічні несправності;
- не допускати експлуатацію машин без передбачених конструкцією огорож рухомих елементів;
- під час агрегування трактора з причіпними машинами необхідно зашплінтувати з'єднувальний пристрій. Агрегати, до складу яких входять причіпні машини, з робочим місцем, обладнати двосторонньою сигналізацією;
- причепа до трактора і навіска сільськогосподарських машин повинні виконуватись особами, які обслуговують дану машину, із застосуванням інструменту підйомних пристосувань, які гарантують безпечне виконання операцій.

При підготовці поля до посіву:

- вибрати і вивезти каміння, засипати ями та інші перешкоди;
- встановити вішки в небезпечних місцях;
- проробити контрольні борозни;
- відбити поворотні смуги;
- відзначити місця для відпочинку.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1. Обґрунтування зміни конструктивної схеми сівалки та обладнання її внутрішньоребристими висівними апаратами

Для розвитку виробництва у ринкових умовах на Україні необхідно створювати нові, конкурентноздатні конструкції сільськогосподарських машин.

ВАТ «Червона Зірка» з 1972 року виробляє сівалки типу СЗ-3,6. Зазначимо що, в конструкціях сівалок за цей період практично нічого не змінювалось, а отже вони за своїми експлуатаційними характеристиками не можуть конкурувати на ринку поряд зі світовими зразками, оскільки мають багато конструктивних та технологічних недоліків.

Серед основних недоліків конструкції сівалки можна зазначити наступні:

- опорно-привідні колеса розташовані за шириною захвата сівалки, що приводить до неможливості складати шеренгові посівні агрегати з кількох сівалок, а також під час роботи одне колесо сівалки завжди котиться по засіяному полю і залишає на ньому утрамбований слід;
- на сівалці відсутні маркери, що змушує механізаторів застосовувати маркери власної конструкції, або (і це частіше має місце на практиці) виконувати сівбу з перекриванням, що зменшує ширину захвата сівалки на 1...2 рядки (тобто 0,15...0,30 м), і приводить до перевитрати посівного матеріалу;
- у транспортному положенні сошники надійно не фіксуються, це приводить до самоопускання їх під час руху на ґрунт і пошкоджень.

На базі сівалки СЗ-3,6 на ВАТ „Червона Зірка” розроблена високоуніфікована широкозахватна сівалка СЗ-5,4, яка має наступні удосконалення:

- встановлено маркери;
- ширина захвата збільшена з 3,6 до 5,4 м, що дещо покращило використання тяги трактора.

Разом з тим, сівалка СЗ-5,4 крім успадкованих набула і власних недоліків:

- вона не може бути вже комбінованою, тому що при повному завантаженні бункерів туками та зерном вісі опорно-привідних коліс будуть підлягати деформації (згинатись);

- для дальнього транспортування на сівалці встановлено пристосування з чотирма колесами, які під час роботи є зайвим баластом на сівалці.

Аналогічні недоліки було виявлено ще у 70-х роках, коли співробітники ВІМ намагалися збільшити у 1,5 рази об'єм зернотукових ящиків сівалок СЗ-3,6. При випробуваннях вісі коліс не витримували і згинались.

Зазначені сівалки обладнанні катушковими висівними апаратами суттєвими недоліками яких є:

- апарат з нижнім висівом і малою відстанню між катушкою і донцем створює жорсткі умови утворення зернового потоку для великого насіння, чим зменшує його можливості для висіву насіння, що легко пошкоджується;
- якість висіву дрібного насіння та малих норм цим апаратом практично не були задовільними;

Як показав аналіз режимів роботи агрегатів, що агрегуються з трактором класу 1,4 та зернотукових сівалок у різноманітних ґрунтових умовах [19], оптимальної ширини захвату не можна досягти, оскільки оптимально використати тягове зусилля трактора (на 85-90%), залежно від цих умов, може сівалка з шириною захвату від 4 до 8м.

Тому головним критерієм при виборі ширини захвату нової сівалки були прийняті умови збереження безпечного її транспортування – допустима максимальна ширина у фронтальному положенні, тобто ширина сівалки, яка не повинна перевищувати дозволеної величини у 4,4м.

При виборі колісного ходу для причіпної сівалки з жорстким кріпленням коліс до рами слід враховувати ті обставини, що вона працює на обробленому полі, яке являє собою поверхню з своїми мікро – та макронерівностями. Тому для уникнення “пікових” перевантажень на колесо під час роботи, а отже, й на раму, забезпечення безперервного контакту опорно-приводних коліс з поверхнею поля, було вибрано триточкову схему колісного ходу, при якій незалежно від характеру нерівностей поля, колеса навіть короткочасно не будуть втрачати контакту з ґрунтом.

Для забезпечення надійної стійкості сівалки під час роботи конструктивно вибрано чотириколісний хід, у якого колеса попарно (флюгерне, що попереду і заднє опорно-приводне) закріплені на повздовжніх каретках, одна з яких жорстко закріплюється до рами сівалки, друга – шарнірно, завдяки поперечній осі коливання, чим і забезпечується триточкова схема цього колісного ходу.

Щоб забезпечити шеренгового з'єднання сівалок у дво- і трисівалкові агрегати, коретки з колесами розміщені в середині захвату сівалки.

Сівалка обладнана маркерами, механізмом підймання і опускання сошників, який приводиться в дію від вала підймання сошників, щоб не застосовувати допоміжного гідроциліндра.

Надійну фіксацію сошників у транспортному положенні здійснює спеціальний запірний важільний механізм, який працює від гідроциліндра підймання сошників.

Щоб запобігти утворення на засіяному полі ущільнених слідів від коліс сівалки, за ними встановлені розпушувачі, які підіймаються разом з сошниками в транспортне положення.

Творчому колективу КНТУ при сприянні ВАТ “Червона Зірка” вдалось розробити конструкції сівалок ЗС-3,6 (рис. 5.1) та ЗС-4,2, на які встановлено, ними ж розроблені, внутрішньоребристі висівні апарати нової конструкції, що мають високу якість дозування як дрібного, так й крупного насіння.

Після вибору конструктивних рішень та допоміжних вузлів було розроблено схему сівалки ЗС-3,6 (рис.5.1).

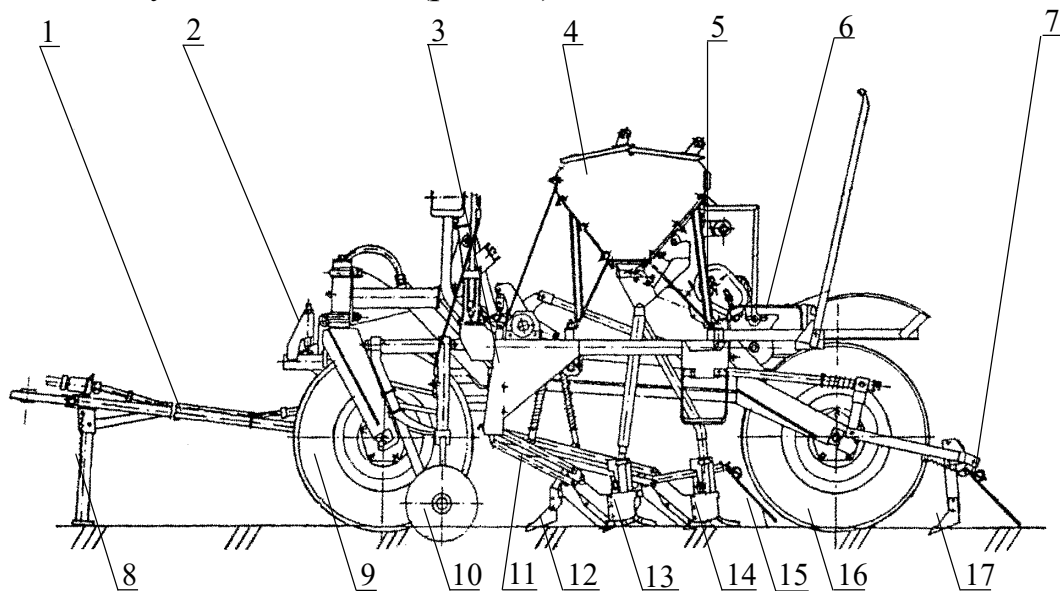


Рисунок 5.1 – Схема зернотукової сівалки ЗС-3,6 конструкції КНТУ та ВАТ “Червона Зірка”: 1 – причіп; 2 – гвинт регулювання глибини ходу сошників; 3 – рама; 4 – ящики зернотукові; 5 – редуктор; 6 – підніжка; 7, 15 – загортачі пружинні; 8 – підставка; 9 – флюгерне опорне колесо; 10 – маркер; 11 – начіплювачі паралелограмні; 12, 17 – розпушувачі; 13, 14 – сошники полозкові; 16 – опорно-приводне колесо

Загальний вигляд розробленого зразка сівалки подано на рис. 5.2.



Рисунок 5.2 – Загальний вигляд зернотукової сівалки ЗС-3,6 конструкції КНТУ та ВАТ “Червона Зірка”

5.2. Дослідження працездатності експериментальних сівалок ЗС-3,6 та ЗС-4,2 в лабораторних і польових умовах

Для проведення польових випробувань у реальних умовах експлуатації ВАТ “Червона Зірка” зроблені зразки зернотукових сівалок ЗС-3,6 та ЗС-4,2 з внутрішньорєбристими апаратами та іншими новими рішеннями. До корпусу кріпляться дві траверси, два опорних та два опорно приводних колеса, сошники з валами їх підняття, сніці, маркери, ланцюговий загортач, гідросистема, механізм передач.

Загальний вид сівалки ЗС-3,6 з внутрішньорєбристими висівними апаратами представлений на рис. 5.3.



Рисунок 5.3 – Загальний вид сівалки ЗС-3,6, обладнаної внутрішньоребристими висівними апаратами запропонованої конструкції

Основними конструктивними особливостями нових сівалок у порівнянні з сівалками сімейства СЗ-3,6 є наступні:

- для більш рівномірного висіву насіння з широким діапазоном норм висіву та виключення його дроблення застосовані внутрішньоребристі апарати нової конструкції;
- для більш рівномірного загортання насіння на задану глибину і укладання його на ущільнене ложе застосовані полозкові сошники;
- в конструкції маркерів для одночасного їх переключення на поворотах з підняттям і опусканням сошників одним гідроциліндром застосовано механізм автоматичного керування ними;
- для забезпечення постійного контакту з ґрунтом всіх чотирьох опорних коліс сівалки з метою виключення можливості просіву і порушення загортання насіння на задану глибину застосована балансірна підвіска;
- застосоване шеренгове конструкційне виконання сівалки.
- передбачена можливість заміни дискового бороздоутворюючого робочого органа на килевидний або полозовидний (полозковий).

Випробування проводили за програмою Українського науково-дослідного інституту по прогнозуванню і випробуванню техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва в НВБ “Дослідницьке” (с.м.т. Дослідницьке Київська область).

Технологічний процес, що виконується сівалкою, полягає в наступному: посівна секція на рамі під дією сили ваги і пружини притискається сошником до поверхні ґрунту. Бороздоутворюючі корпуси сошників, переміщуючись, формують у ґрунті на відстані міжрядь борозди в які потрапляє насіння та загортається ланцюговим шлейфом; насіння з бункера потрапляє в корпуса висівних апаратів та виноситься ребрами висівного диску до площини зсіпання у лійки насіннєпроводів по яких надходить у борозди, сформовані полозковими сошниками. При проведенні випробувань запропонованої сівалки ЗС-3,6 використовували дводискові серійні сошники для забезпечення однакових умов дослідів та можливості порівняння отриманих результатів.

Коротка технічна характеристика експериментальної та серійної сівалок наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Коротка технічна характеристика експериментальної сівалки ЗС – 3,6 і серійної СЗ – 3,6А

Назва показників	Експериментальна сівалка ЗС – 3,6	Серійна сівалка СЗ – 3,6А
Тип сівалки	Причіпна	Причіпна
Агрегатується з трактором класа	1,4	1,4
Робочі швидкості, км/год	9-12	10,4
Транспортна швидкість, км/год	до 20	до 20
Робоча ширина захвата, м	3,6	3,6
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Габаритні розміри, мм		
Довжина	4700	4300
Ширина	3700	3670
Висота	1800	1430
Маса сівалки з повним комплектом робочих органів, кг	1665	1650
Об'єм бункера, дм ³	453	450
Тип висівного апарата	механічний (внутрішньоребрист .)	механічний (котушковий)
Кількість апаратів в, шт	24	24
Тип сошника	дисковий	дисковий
Кількість сошників, шт	24	24
Ширина міжряддя, мм	150	150

Характеристика матеріалу, що висівається та умови висіву при випробуваннях представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Характеристика посівного матеріалу і стану ґрунту при проведенні лабораторно-польових досліджень

Назва показників	Значення показників
Культура	Озима пшениця
Сорт	“Полесская-70”
Чистота насіння, %	98,68
Дроблене насіння, %	0,32
Енергія проростання, %	97,0
Схожість насіння, %	96,7
Посівна придатність, %	96,0
Маса 1000 шт. насіння, %	43,46
Натура, г/л	11,3
Передпосівний обробіток	765,8
Тип ґрунта і назва за механічним складом	чорнозем глибокий середньосуглинковий
Структура	дрібнокомкова
Рельєф	рівний
Вологість ґрунту в шарі, %	
0-5 см	11,3
5-10 см	18,9
10-15 см	20,6
Твердість ґрунту в шарах, мПа	
0-5	0,42
5-10	1,04
10-15	1,43
Глибина розрихленого шару, см	7,5
Середнє квадратичне відхилення, см	2,0
Коефіцієнт варіації, %	27,2
Попередня обробка	Луціння стерні в два сліда ЛДГ - 10, культивация КПС - 4

Результати випробувань сівалок ЗС-3,6 та СЗ-3,6А, наведених в таблиці 5.3, дозволили встановити, що якісні показники роботи експериментальної сівалки ЗС-3,6 значно вищі, ніж у серійної СЗ-3,6А.

Таблиця 5.3

Результати лабораторно-польових випробувань сівалок ЗС-3,6 та СЗ-3,6А на посіві озимої пшениці “Полесская-70”.

Назва показників	Значення показників					
	Експериментальної сівалки ЗС – 3,6			СЗ –3,6А		
Норма висіву:						
Всхожого насіння, млн. шт./га	2,04	2,73	3,87	2,78	4,33	5,3
ц/га	1,02	1,28	1,61	1,27	1,98	2,44
Рівномірність глибини заробки насіння:						
а) середня глибина, мм	53,8	54,1	54,9	58,8	48,9	41,5
б) середньоквадратичне відхилення, мм	10,1	11,6	12,7	10,9	12,3	12,2
в) коефіцієнт варіації, %	37,1	38,2	38,8	39,2	45,2	49,4
г) відсоток в шарі середньої глибини ± 1 см	88,7	84,3	84,1	77,9	68,4	76,3
Рівномірність розподілення всходів по довжині рядка:						
а) середня відстань, см	3,12	3,06	3,24	3,93	3,26	2,43
б) коефіцієнт варіації, %	52,52	54,27	56,31	112,5	132,3	105,8
Кількість всходів на 1 м ² , шт	229	334	409	202	293	392
Відносна польова всхожість, %	77,3	81,7	82,9	72,7	73,2	73,4

При лабораторно-польових випробуваннях практично близькі дані отримано, як за якісними показниками висіву, так й за характеристиками хлібостою та врожайності.

По рівномірності глибини загортання насіння не на всіх нормах висіву забезпечуються агротехнічні вимоги сівалок, що випробуються. Коефіцієнт варіації рівномірності розподілу сходів на близьких нормах у експериментальної сівалки ЗС-3,6 складає 52,52; 54,27 і 56,31%, у серійної сівалки СЗ-3.6А — 112,56; 132,35 105,84%. Відносна польова всхожість коливалася в діапазоні 72...83 %.

Таким чином, проведені дослідження дозволили встановити, що для висіву насіння зернових культур перспективним є застосування в сівалках внутрішньорєбристих висівних апаратів нової конструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Порівняльний аналіз існуючих конструкцій висівних апаратів зернових сівалок показав, що насьогодні основними конкуруючими апаратами є котушкові та внутрішньоребристі. Обладнання зернових сівалок внутрішньоребристими апаратами є перспективним напрямком підвищення їх універсальності і якості висіву.

2. Виходячи з механіки сипкого середовища та моделі зернового потоку показано, що на виході з корпусу апарату створюються сприятливі умови для переміщення і плинну шарів потоку, визначено кінематичні характеристики насіння в шарі підчас його зсипання з корпусу апарата та отримано співвідношення між параметрами потоку, при якому не відбувається затору посівного матеріалу. Визначено, що для кожної культури існує свій критичний кут підйому шарів, при якому зерна, зсипаючись з корпусу апарата, утворюють похилу площину по якій поступово зсуваються в лійку насінєпровода.

3. Конструктивно вирішено питання регулювання норми висіву в апараті та розширення універсальності за допомогою зміни розміру висівного вікна дозуючою заслінкою та групового спорожнення апаратів від залишків насіння.

4. Експериментально та теоретично доведено, що в діапазоні частот обертання висівного диску 5...35 об/хв., дозуюча здатність практично не змінюється для кожної з досліджуваних культур (відхилення подачі складало 3...5%). Встановлено, що дозуюча здатність кожного виду насіння змінюється прямопропорційно ступеню відкриття висівного вікна, а мінімально допустимий ступінь відкриття заслінки визначається можливістю висіву насіння без його затиснення між ребрами висівного диску та кромкою заслінки.

10. Випробування на дослідних зразках внутрішньоребристих апаратів, встановлених на експериментальних сівалках ЗС-3,6 та ЗС-4,2, показали, що при висіві насіння різних культур запропонований апарат не має пульсації потоку, дає зменшення показника нерівномірності дозуючої здатності у порівнянні з виробничими у 1,5...2,5 рази і забезпечує зниження коефіцієнта варіації, що характеризує нерівномірність розподілу насіння у рядку, на 15...20%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Звіт за держбюджетною темою 8/43-2000 /Розробка нової зернотукової сівалки ЗС-3,6 та оснащення для її серійного виробництва. -Кіровоград: РВЛ. КДТУ, 2003. – 165с.
2. Катеринич С.Є. Дослідження характеру руху насіння в корпусі внутрішньоребрчатого висівного апарата // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КДТУ. -2004. – Вип. 33.– С. 358-363.
3. Катеринич С.Є., Аулін В.В. Визначення технології та конструктивних особливостей внутрішньо ребристих висівних апаратів //Вісник Харківського держ. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 24. /Техн. сервіс АПК, техніка та техн. у сільськогосподарському машинобудуванні/. – Харків, – 2004.-С.68-73.
4. Катеринич С.Є., Солових Є.К., Аулін В.В. Фізична картина руху потоку насіння на виході з корпусу внутрішньоребристого висівного апарата // 36. наук. праць КДТУ. – Вип.14. – 2004. – С.52-61.
5. Катеринич С.Є., Солових Є.К., Аулін В.В., Свірень М.О. Вплив форми робочої поверхні висівного диску внутрішньоребристого апарату на якість висіву насіння // Матеріали III-Международной научно-практической конференции «Современные проблемы земледельческой механики» Посвященная памяти акад. П.М.Василенко. 17 – 18 октября 2002года. - Николаев, -2002. – С. 168-172.
6. Катеринич С.Є., Свірень М.О., Аулін В.В., Солових Є.К. Дослідження кута підйому насіння робочим органом внутрішньоребристого висівного апарата. // Збірник наукових праць КДТУ. Вип. 11. /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/. – Кіровоград: КДТУ.– 2002. – С 36-41.
7. Пат. 54898А, А01С7/12. Внутрішньоребристий висівний апарат / Сисолін П.В., Свірень М.О., Катеринич С.Є., Ляшенко А.С., Аулін В.В., Солових Є.К., Харьковський І.С.. - № 2002053721; заяв. 07.05.2002; опубл. 17.03.2003; Бюл. № 3.
8. Свірень М.О., Солових Є.К., Катеринич С.Є. Способи сівки та стан сучасного рівня розвитку конструкцій висівних апаратів // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КДТУ. 2001р. – Вип. 31.– С. 97-100.
9. Свірень М.О., Солових Є.К., Катеринич С.Є., Сабірзянов Т.Г., Косінов М.М. Результати експериментальних досліджень внутрішньоребристих висівних апаратів // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. /Техніка в сільськогосподарському виробництві,

галузеve машинобудування, автоматизація/. – Кіровоград: КДТУ. – Вип. 10. – 2001р. –С. 132-136.

10.Сисолін П.В., Свірень М.О., Солових Є.К., Катеринич С.Є. Розробка конструкції лабораторної установки для дослідження внутрішньоребристих висівних апаратів // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства.«Підвищення надійності відновлюємих деталей машин». – Харків., 2001р.– Вип.8: Том 1. – С. 111-114.

11.Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. – К.: Урожай,- 2001. - 382с.

12.Claude Culpin. Fare Machinery. Oxford, London, Edinburgh, 1986. –435p.

13.Dr. Below. Untersuchungen für Frage der Maschinllen Dunn-und Einrelromnanssaat. Die Technik in der Landwirtschaft. 1924. –267p.

14.G. Fischer. Versuche un Drillmaschinen Schubradern.-Mach. id. Landw. 1920. - s.157-196.

15.Irshad Ali. Farm Power Machinery and Surveying. -Allahabad, India, 1983.- 438p.

16.K. Mc Colly, I.W. Martin. Introduction to Agricultural Engineering. -New York, 1955. –286p.

17.R.A. Kepner, Roy Bainer, E.L. Barger, Principles of farm machinery First Indian Edition, 1987. -124p.

18.Roy Beiner, R.A.Kepner, B.L.Barger. Principles of farm machinery (Chapter 2.Crop planting). -New York, 1955. –219p.

19.T.M. Shippen, C.R. Elin and C.H. Clover. Basic Farm Machinery. -Oxford, New York, Toronto, Sydney, Frankfurt, 1980. –375p.

20.W. Martens. Zur Kenntnis der Ausstreu Vorgange bei Mitnehmerrad und Schubrd drillmaschinen. -Landmasch.,1925. -s. 298-341.