

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
01.08. – МЖР.1856 «С». 2020.11.25. 001. ЧІЗ

Баайбарацького Андрія Сергійовича
2021

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет конструювання та дизайну

УДК 631.331

ПОГОДЖЕНО:

Декан факультету
конструювання та дизайну
Ружилю З.В.
(підпис)

«30» листопада 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ:

Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
Чуба В.В.
(підпис)

«29» листопада 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «**ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОЇ
ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ ЗЕРНОТУКОВОЇ СТЕРНЬОВОЇ СІВАЛКИ**»

01.08. – МКР.1856 «С». 2020.11.25. 001. ЦЗ

Спеціальність - 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма - «Машини та обладнання сільськогосподарського
виробництва»

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

доктор технічних наук, професор

Ловейкін В.С.
(підпис)

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи:

канд. іст. наук, доцент

Деркач О.П.
(підпис)

Виконав:

Байбарацький А.С.
(підпис)

НУБІП України

НУБІП України

Київ-2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
Чуба В.В.
(підпис)
«29» листопада 2021 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
БАЙБАРАЦЬКОМУ АНДРІЮ СЕРГІЙОВИЧУ
Спеціальність - 133 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма - «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»

Орієнтація освітньої програми - освітньо-професійна
Тема магістерської роботи: «Обґрунтування параметрів пневмомеханічної висівної системи зерно-тукової стерньової сівалки», затверджена наказом ректора від «25» листопада 2020 р. № 1956 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру 29.11.2021 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: технічні засоби для збирання зернових та зернобобових культур.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Сучасний стан механізації сівби зернових та зернобобових культур.
2. Теоретичні дослідження процесу розподілу зерен в підсошниковому просторі при умові пневмомеханічної їх подачі..
3. Результати експериментальних досліджень.
4. Економічна ефективність використання удосконаленої сівалки-

НУБІП України

НУБІП України

культиватора.

Перелік графічних документів:

Лист 1. Сівалка-культиватор зернотукова стерньова СКП-2,1М. Складальне креслення.

Лист 2. Сівалка-культиватор зернотукова стерньова СКП-2,1М. Схема функціональна.

Лист 3. Сівалка-культиватор зернотукова стерньова СКП-2,1М. Схема кінематична механізму передач.

Лист 4. Сошник. Складальне креслення.

Лист 5. Теоретичні залежності рівномірності розподілу насіння по довжині K_{pd} і ширині K_{pu} смуги залежно від висоти підведення повітряного потоку H .

Лист 6. Теоретичні залежності рівномірності розподілу насіння по довжині K_{pd} і ширині K_{pu} смуги залежно від швидкості повітряного потоку, що подається в насіннепровід σ .

Лист 7. Графік залежності рівномірності розподілу насіння по довжині і ширині смуги залежно від способів сівби в умовах ґрунтового каналу.

Лист 8. Графік залежності рівномірності розподілу рослин по довжині і ширині смуги залежно від способів сівби :

Лист 9. Показники економічної ефективності.

Дата видачі завдання: 11.09.2020р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи:

канд. іст. наук, доцент

Деркач О.П.

Завдання прийняв до виконання:

Байбарацький А.С.

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....10

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ

НУБІП України

ТА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР.....13

1.1. Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур і вплив
рівномірності розподілу насіння за площею поля на врожайність
зерна.....13

1.2. Прикладні технології, стан і перспективи розробки машин для
посіву насіння.....19

1.3 Основні види сівалок та їх системи посіву.....25

1.4 Технологічний процес роботи розподільчі та транспортні пристрої
сівалок і їх класифікація та напрямки вдосконаленн.....35

1.5 Технологічні схеми та елементи пневматичних сівалок.....48

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ЗЕРЕН В ПІДСОШНИКОВОМУ ПРОСТОРІ ПРИ УМОВІ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОЇ ПОДАЧІ.....64

2.1. Технологічна схема роботи пристрою
для підґрунтового- розкидної сівби зернових культур
.....64

НУБІП України

2.2 Теоретичне дослідження руху зерна в системі, «насіннепровід
розподільник зерен – сошник – ґрунт» за умови пневмомеханічної
подачі.....70

2.3 Вільний рух зерна в насіннепроводі71

2.4 Рух зерна в зоні повітряного потоку83

НУБІП України

2.5 Рух зерна в підлаповому прострі.....87

2.6 Обґрунтування конструктивних параметрів пневмомеханічної
висівної системи.....94

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ...115

НУБІП України

3.1 Порівняння теоретичних та експериментальних результатів
досліджень.....115

НУБІП України

3.2 Процес розподілу насіння за харчовою зоною.....120

3.3 Процес розподілу насіння по довжині і ширині смуги при

посіві.....121

НУБІП України

3.4 Процес розподілу насіння по довжині і ширині смуги при посіві в
польових умовах.....124

3.5 Результати лабораторно-польових досліджень.....128

3.6 Визначення рівномірності рослин по довжині і ширині смуги в

полі.....129

НУБІП України

3.7 Визначення рівномірності глибини включення насіння.....133

3.8 Залежність зовнішнього вигляду розсади від способу посіву.....136

3.9 Залежність врожайності насіння зерна в польових експериментах
від способу посіву.....137

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

НУБІП України

УДОСКОНАЛЕНОЇ СІВАЛКИ-КУЛЬТИВАТОРА.....140

ВИСНОВКИ.....147

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....149

ДОДАТКИ.....159

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НУБІП України

a - ширина міжряддя, м

c_i - інтервал між i -й парою сусідніх в ряду рослин, м

$d_{\text{ч}}$ - еквівалентний діаметр частки, м

g - прискорення вільного падіння, м/с²

f - степінь розширення першої ступені

f_1 - степінь розширення другої ступені ($f_1 = F_1/F_2$)

$f_{\text{тп}}$ - коефіцієнт тертя частки

j - кількість рослин в ряду, шт.

k - показник адиабати (для повітря $k=1,4$)

k_c - безрозмірний коефіцієнт супротиву частки повітряного потоку

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт парусності, м⁻¹

m - маса частки, кг

m_1 - кількість зернопроводів в сівалці, шт.

h - кількість розподільників (друга степінь), рівна числу дозаторів, шт.

m_2 - кількість зернопроводів, які обслуговуються одним дозатором, шт.

n_y - уточнююча степінь піджаття повітряного потоку в конфузори

s - коефіцієнт питомого падіння тиску, який залежи від форми, питомої ваги, розмірів і вологості матеріалу, концентрації суміші, швидкості повітря, діаметру трубопроводу

w - швидкість зерен, м/с

НУБІП України

$w_{\text{пер}}$ - швидкість перебування частки, м/с

$w_{\text{тп}}$ - швидкість повітряного потоку, м/с

$w_{\text{п}}$ - швидкість повітря в пневмоматеріалпроводі, м/с

w_1, w_2 и w_3 - швидкість повітряного потоку в перерізі 1-1, 2-2 і 3-3 відповідно, м/с

$w_{\text{м}}$ - швидкість матеріалу повітряного потоці, м/с

НУБІП України

НУБІП України

Великі літери латинського алфавіта

A - площа проєкцій частки на площість, нормальну до потоку повітря

(міделів переріз), m^2

C, C_0, C_1 - постійні інтегрування або інші постійні

$C_2 \dots C_n$ - емпіричні коефіцієнти

D - діаметр пневматичного матеріалу, m

F_1, F_2 - площа перерізу, відповідно, вхідного і вихідного отвору конфузора, m^2

F_3 - площа, яка заповнена зерном в обмеженому шарі, m^2

$F_{тр}$ - сила тертя, H

G - сила тяжіння, H

K - коефіцієнт аеродинамічного супротиву

L - сумарна довжина рядку, m

M - загальна площа, заповнена рослинами, m^2

N - реакція зв'язку, H

ΔP - загальні втрати тиску в системі, Pa

P_1, P_2 і P_3 - статичний тиск, відповідно, в перерізах 1-1, 2-2 і 3-3, Pa

P_{PM} - втрати тиску на прискорення посівного матеріалу, Pa

$P_{ВВ}$ - внутрішня втрата тиску в живленні, Pa

$P_{вент}$ - тиск який розвивається вентилятором, Pa

$P_{тер}$ - втрата тиску на тертя, Pa

$P_{цб}$ - центробіжна сила, H

P_v - аеродинамічна сила, H

Q_M - подача матеріалу, kg/s

$Q_{заг}$ - витрати повітря які потребують в мережі, m^3/h

Q_i - витрати повітря в i -м пневмоматеріалпроводі, m^3/s

R - зовнішній радіус стінки відводу, по якій ковзає частка, m

S - площа поперечного перерізу трубопроводу, m^2

S_{ϕ} - сумарна площа умовних кругів живлення рослин, m^2

$V_{ч}$ - об'єм часток, m^3

НУБІП України

Малі букви грецького алфавіту

α_1 - кут звуження першої ступені конфузора, град

α_2 - кут звуження другої ступені конфузора, град

β - кут звуження конфузора, град

η_v - ККД вентилятора

$\eta_{пр}$ - ККД привода вентилятора

λ - коефіцієнт тертя повітря об поверхню повітропроводу

μ - вагова концентрація матеріалу у повітряному потоці, кг/кг

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с

ν_c - коефіцієнт варіації висіву матеріалу по зернопроводу

ν_1 - коефіцієнт варіації висіву матеріалу зерновими дозаторами

ν_2 - коефіцієнт варіації висіву матеріалу дозаторами добрив

ν_{2CP} - середній коефіцієнт варіації висіву матеріалу розподільником

ξ_1 - коефіцієнт аеродинамічного супротиву конфузора

ξ_2 - коефіцієнт аеродинамічного супротиву дифузора

ξ_{TP} - коефіцієнт аеродинамічних втрат на тертя

ξ_{PA} - коефіцієнт аеродинамічних втрат на розширення

$\rho_{п}$ - густина повітря, кг/м³

$\rho_{м}$ - густина матеріалу, кг/м³

ω - поточне значення кута повороту, град

Велика буква грецького алфавіту

Θ - коефіцієнт нерівномірності

Велика буква кирилецького алфавіту

Π - коефіцієнт питомого падіння тиску

Критерій схожості

Re

число Рейнольдса $Re = \frac{\rho_{ac} v_{ac} L}{\mu}$

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

18

У вирішенні проблеми забезпечення продовольчої безпеки країни зерно та продукти його переробки мають особливу важливість, так як воно є продуктом стратегічного призначення і головним джерелом харчування населення, а також забезпечення годівлі сільськогосподарських тварин і служить сировиною для промисловості [109].

Зернові культури в світі займають 35% ріллі. Це пояснюється тим, що потреба в їжі люди задовольняють в першу чергу за рахунок продуктів переробки зерна. Якщо враховувати, що на потреби тваринництва використовується фуражне зерно, то значення зернових культур значно зростає. Україна - один з регіонів, де пшениця найбільш багата білком.

Основним виробником продовольчої пшениці в Україні, поряд з Херсонською і Миколаївською областями є Дніпропетровська область. При великому обсязі площі для виробництва зерна, в західній Сибіру відносно низька врожайність. Основний причинного невисоку врожайність є те, що ці площі розташовуються в зоні ризикованого землеробства з малою кількістю опадів і несприятливої структурою і складом ґрунтів, що зумовлює велику засміченість посівів бур'янами, які в 2-3 рази активніше культурних рослин, використовують вологу і основні елементи живлення - це призводить до серйозного недобору врожаю [36].

Наукою і практикою доведено, щоб отримати більш високий урожай, необхідно добитися не максимальної кількості рослин на одиниці площі, а оптимального за густотою і рівномірності розміщення рослин по площі живлення.

З огляду на нерівномірність розміщення по посівній площі багато рослин виявляються в умовах жорстокої конкуренції з самих ранніх етапів розвитку. Це призводить до зниження польової схожості насіння і

продуктивності рослин [85, 109]. Рівномірність розподілу насіння залежить від операції посіву, а саме від висіваючої системи і сошнікова групи посівної машини

[18].

НУБІП УКРАЇНИ

Якість розподілу, і загортання насіння залежить від рівномірності їх подачі висіваючих апаратом, а також характеру їх руху в семяпровод і сошнику [49].

Виходячи з агротехнічних вимог, раціональна технологічна схема рівномірного розподілу насіння по полю і їх закладення на необхідну глибину повинна бути такою, щоб насіння вкладалися не глибше 4-7 см. Від поверхні на ущільнене ложе дна борозни. Зверху насіння повинні покриватися мультчируючим шаром ґрунту, для вільного доступу кисню і повітряно-теплого обміну [64].

У західній Сибіру посів зернових культур проводиться зернотуковою і зерновими - стерньовими сівалками вітчизняного виробництва, а також зарубіжними посівними агрегатами. Зернові сівалки мають різні висіваючі системи, які не в повній мірі відповідають пропонованим агротребованням до рівномірності розміщення насіння. Основні способи посіву, здійснювані цими сівалками - рядовий і смуговий.

Дослідження, проведені в СІБНІСХ, показують, що з різних способів посіву, найбільша врожайність була отримана при розкидному способі посіву [90].

Аналіз попередніх досліджень, дозволяє зробити висновок, що резервом підвищення продуктивності вирощуваних зернових культур є застосування розкидного або рядкового способу посіву. Такий спосіб посіву дозволить найбільш повно задовольнити агротехнічні вимоги, що пред'являються до розміщення насіння в ґрунті. Перевага даного способу перед іншими полягає в тому, що рівномірний розподіл рослин по площі, забезпечує рівне освітлення, живлення і зволоження. При такому способі посіву - практично виключається конкурентна боротьба всередині виду, що забезпечує більш повну реалізацію генетичного потенціалу кожної рослини і робить їх більш конкурентоспроможними, по відношенню до бур'янів, знижуючи загальну засміченість посівів і гербіцидну навантаження на ландшафт. У своїх висновках за результатами досліджень академік ВАСГНІЛ В.І. Едешин стверджував що більш раціональне використання площі живлення дає можливість підняти врожайність на 30 - 40% і більше, часто без додаткових витрат коштів [110].

Не дивлячись на всі переваги, посівні машини для підґрунтового - розкидного посіву ще не набули широкого поширення через слабку організацію виробництва, а

НУБІП України¹⁷

також конструктивних і технологічних недоробок. Ці обставини обумовлюють актуальність вдосконалення висівних систем для підгрунтового розкидного посіву, з метою підвищення якості роботи висівної системи, а також поліпшення рівномірності розподілу насіння по площі живлення і глибини їх закладення.

НУБІП України

Мета роботи: вдосконалення елементів висівної системи з метою збільшення рівномірності розподілу насіння по площі харчування із застосуванням пневмомеханічної подачі.

Об'єкт дослідження: технологічний процес посіву зернових з пневмомеханічної подачею насіння.

НУБІП України

Предмет дослідження: закономірності взаємодії насіння зернових з робочими поверхнями пневмомеханічної висівної системи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ ТА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

НУБІП України

1.1 Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур і вплив рівномірності розподілу насіння за площею поля на врожайність зерна

Забезпечення вологою культурних рослин в період вегетації, поживні речовини і повітря безпосередньо залежать від навколишнього середовища, дружнє середовище, до якого пред'являють певні вимоги. Найкраще поєднання факторів води, повітря і тепла проявляється рівномірним розподілом насіння по площі полів на задану (оптимальну) глибину. Вплив цих факторів на зростання, розвиток сільського господарства культур і, як наслідок, їх врожайність в достатній кількості.

Штрафи вивчали агрономічні науки. В даний час для посіву зернових культур використовується велика кількість посівних типів машин. У зв'язку з цим ми коротко розглянемо агротехнічні вимоги до посівних машин, і їх вплив на розміри врожаю.

Основні завдання, які повинна вирішити посівна машина, рівномірний розподіл насіння по площі поля теми посіву і герметизації їх на певну глибину, забезпечить тісний контакт насіння з вологим ґрунтом. У цьому випадку вони повинні дотримуватись наступних основних агротехнічних вимог [8]:

– посів слід проводити в оптимальний час: 5...7 днів

– для озимих культур, 1...4 доби – для ярих культур. Кожна людина поле слід посіяти через 1...1,5 дня;

– відхилення фактичної глибини інкорпорації насіння від заданої глибини не повинна перевищувати ± 1 см. Не менше ніж 80% повинні знаходитись на заданій глибині.

НУБІП України

– нестабільність загального посіву не повинна перевищувати 3% для

зернові культури, 5 – для бобових і 10% – для мінеральних добрив;

НУБІП України

– допустимий нерівномірний посів насіння на сошники для

зернових культур – 5%, бобові – 6, гранульовані

мінеральні добрива – 10 %;

– дроблення насіння зернових культур має бути не більше

НУБІП України

0,5 %, бобові - не більше 1,0 %;

– відхилення фактичної норми висіву від зазначеної не повинно

перевищувати $\pm 5\%$ для насіння і $\pm 10\%$ для добрив;

– відхилення фактичної ширини міжряддя від конструкції-

НУБІП України

Але не повинна перевищувати ± 5 см для прикладу і ± 2 см для основного;

– присутність неприбраного насіння на поверхні ґрунту не допускається;

– поверхня посіяного поля повинна бути вирівняна, з верхньою

розмір гряд і канавок не більше 2 см.

НУБІП України

На основі цих агротехнічних вимог розробляється система посіву зернових- та насінневисівних машин.

Одним з основних завдань посіву є забезпечення найкращих умов для проростання насіння та подальшого розвитку-

рослин, а також при отриманні їх оптимальної щільності при рівномірне

НУБІП України

розміщення рядами [9-11].

Академік Академії аграрних наук Н. А. Майсурян зазначає, що це важливо

у розвитку рослин - рівномірність їх освітленості і, як наслідок, рівномірність їх

освітленості.

НУБІП України

НУБІП України ¹⁵

використання сонячної енергії [12]. Це умова задовольняється лише рівномірному розподілу рослин на площі, що сприяє збільшенню врожайності

економія насіння [13]. Утворюється потужний корінь, рослини добре затіняють ґрунт, краще заглушають бур'яни, більш повно використовують поживні речовини і вологу [14]. Кожна культура для нормального розвитку вимагає певної продовольчої зони. Відповідно, оптимальної щільності плантації, яка враховує не тільки максимальну продуктивність, а й загальну врожайність. У роботі

[13] зазначається, що не має великого значення, що тільки розмір області живлення, але і її конфігурація. Теоретично, з урахуванням використання вологи, вуглецю повітря і поживних речовин, а також ослаблення негативна взаємодія рослин, є областю влади кожного з них, наближаючись до кола.

Як відзначив А. В. Курбатов [14], ідеальним методом посіву є, в якому область годування буде мати форму правильного шестикутника. На практиці, для виконання цієї умови при посіві зернових культур неможливо.

Найбільш прийнятним є варіант, при якому площа подачі наближається до квадрата. Агротехнічно обґрунтовані оптимальні зони годування і фактичний розподіл на ширині міжряддя 125 мм (найбільш поширені для звичайних зерновисівних машин в Республіці Білорусь), в залежності від посівних норм для основних зернових культур представлені в табл. 1.1 [15]. Таблиця аналізу даних.

1.1 згідно з тим, що навіть в ідеальному випадку насіння розташовуються в ряд на відстані 16... 23 мм один від одного, а форма силової ділянки має форму витягнутого прямокутника. Таке положення не може сприяти збільшенню врожайності через нерациональне вживання їжі, що надається рослинам.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України 16

Розподіл насіння за посівом по площі

Форма зони годування	Норма посіву різних культур, шт./м ²		
	Оптимального	Озиме жито, 350...400	Озиме пшениця, 400...450
зі звичайним посівом			

У дослідженнях [16] зазначається, що незалежно від ширини між рядами, оптимальна відстань між зернами повинна бути 3...4 см. Зменшення цієї відстані до 1 см призводить до стрибкоподібного зниження врожайності за рахунок зниження вироблення вуха і його стійкості до вилягання. При збільшенні відстані більше 6 см рослини не будуть використовувати весь стовп, продуктивного випромінювання фотосинтезу, крім того, в таких культурах поширюється бур'яниста рослинність.

Дослідження [17] встановили зв'язок між щільністю посіву та енергією кущів: рідко розміщують рослини кущів зернової культури сильніше і тому збільшують загальну кількість продуктивних стебел при сприятливих умовах до рівня, який досягається при більш густому посіві. Крім того, зернові культури характеризуються властивістю «проріджування» з загущеними культурами.

При більш рівномірному розподілі насіння по площі і глибині рослини дають σ розривність [18].

НУБІП України ¹⁷

Дослідження Ф. Є. Колясева [19] і Д. В. Ішполітова [20], про води, які вони

ведуть протягом ряду років, показують, що при правильному розподілі ярої пшениці і насіння вівса по площі фітоклімату (вологість ґрунту, вологість і температура повітря в посівній зоні, освітлення і т.д.) створюються більш сприятливі умови для рослин як в початковий, так і в подальший період їх вегетації. В результаті проростання насіння поля збільшується, а в період вегетації кількість відмерлих рослин зменшується.

За методикою, розробленою УкрНІМЕСХ [21], розміщення тіньових перегонів за площею оцінюється загальним коефіцієнтом однорідності:

$$\mu_{\Phi} = S_f / R, (1.1)$$

де S_f - загальна площа умовних кіл живлення рослин, м²; R - загальна площа, зайнята рослинами, м².

З ідеальним розподілом по окупованій площі, $S = R$. Насправді через нерівномірний розподіл рослин умовні кола їх харчування перекриваються. Тому

$$S = -RE, (1.2) \Phi i$$

де $\sum E_i$ - загальна площа перекриття кіл підгодівлі сусідніх рослин, м².

Тому для справжніх культур завжди

$$S_{\Phi} < R \text{ и } 0 < \mu_p < 1. (1.3)$$

Коефіцієнт μ_p для звичайного посіву визначається за формулою

$$\mu_p = 1 - \frac{1}{aL} \sum_{i=1}^n \left[\frac{2aL}{\pi n} \arccos \left(\frac{c_i - \frac{\pi n}{2}}{aL} \right) - c_i \frac{aL}{\pi n} \frac{c_i^2}{4} \right]$$

де a - ширина міжряддя, м; L - загальна довжина ряду, м; n - кількість рослин в ряду, шт.; c_i - інтервал між i -ою парою сусідніх рослин в ряду, м.

НУБІП України ¹⁸

Чим ближче значення коефіцієнта μ_p до одного, тим рівномірніший розподіл рослин по площі поля. При звичайному способі посіву з міжрядковим інтервалом від 75 до 150 мм значення коефіцієнта μ_p знаходиться в межах 0,53 ...

0,42. Найбільша однорідність випромінюється розміщенням шакової дошки рослин ($\mu = 0,964$). Однак забезпечити таку однорідність зі звичайними насінневисівними машинами забезпечити неможливо.

В даний час в Республіці Білорусь широко використовуються пневматичні вітчизняні сівалки сімейства СПУ (прототип сівалки Європейської Угоди) і імпорتنі з аналогічною системою посіву, що забезпечують компонування насіння пшениці із середнім станом між зернами в ряд 29,3 мм. При цьому спостерігаються ділянки з відстанню між зернами від 3 до 133 мм (коефіцієнт варіації - 91,4% [22]), за іншими джерелами – 112 %... 130 % [23]. Поперечна однорідність розподілу насіння рядами не відповідає сільськогосподарським вимогам.

Тут коефіцієнт варіації для зернових коливається від 6 до 14,6% [24]. Використання сівалок з такими грядками значно знижує генетичний потенціал регіональних сортів зернових і зернобобових культур, що негативно позначається на врожайності.

Аналіз результатів наукових досліджень і кращих практик дозволяє стверджувати, що рівномірний розподіл насіння по площі поля позитивно впливає на схожість поля, знижує біологічне гальмування рослин, дозволяє їм інтенсивніше використовувати вологу і сонячне світло, призводить до зменшення кількості відмерлих рослин і засмічення культур бур'янами і, як наслідок, підвищує врожайність.

У зв'язку з цим розробка технічних засобів, що підвищують рівномірність розподілу насінневого матеріалу по площі поля, є важливим агроінженерним завданням.

НУБІП України

1.2. Прикладні технології, стан і перспективи розробки машин для посіву насіння

Основними завданнями для сівалки є рівномірний розподіл насіння по площі поля з заданою швидкістю висіву, герметизація їх на певну глибину і забезпечення сплаву сівалки.

Контакт насіння з вологим ґрунтом. При цьому повинні бути виконані наступні агротехнічні вимоги [8]: посів в оптимальний час; відповідність необхідному відхиленню фактичної глибини включення насіння від зазначеного; дотримання не стабільності загального посіву, зазначеного; забезпечення допустимого нерівномірного посіву насіння на сошники; дроблення насіння в заданих межах; забезпечення відхилення фактичних нор насіння від зазначених і відхилення фактичної ширини рядів від конструктивних. На основі цих агротехнічних вимог розробляються системи посівних машин.

В даний час як за кордоном, так і в Республіці Білорусь всі сучасні сівалки за способом посіву насіннєвого матеріалу можна розділити на механічні і пневматичні.

Основними механічними сівалками, що використовуються в лікарні, є причіпні сівалки сімейства СЗ (СЗ-3.6, СЗ-5.4; NWT-3.6; СЛ-3,6; SZU-3,6) ВЛТ "Червона зірка" (Україна) (рис. 1.1(a), а також причіпні та навісні сівалки іноземних компаній. Вадерштадт (Швеція) (рис. 1.1б); Амазонка (Німеччина) (Рисунок 1.1в); Сульки (Франція) (рис. 1.1г); Гаспардо (Італія) (рис. 1.1д), Великі рівнини 1500 (США) (рис. 1.1е), які використовуються в основному в складі обробітку ґрунту і посівних установок.

Незважаючи на простоту конструкції і надійність механічні сівалки, мають істотні недоліки. Основними з них є обмежена ширина зчеплення (не більше 5,4 м) і висока питома матеріальна інтенсивність.

Ряд дослідників [25-28] прийшли до загального висновку, що потенціал модернізації традиційних механічних сівалок з шириною бункера для насіння

НУБІП України ²⁹

дорівнює робочій ширині захвату і індивідуальному посівному апарату для кожного сошника дуже обмежений і в значній мірі вичерпав себе. Таким чином,

НУБІП України

широко захватні агрегати, що складаються з механічних сівалок, крім вже поміченої високої матеріальної інтенсивності, мають такий недолік, як великі непродуктивні часові витрати, пов'язані з обслуговуванням і технологічним обслуговуванням, перенавчання і наповнення бункера насіннєвим матеріалом,

низька робоча швидкість (7...10 км / год). Слід зазначити, що частка виробництва

НУБІП України

наших моделей зарубіжних сівалок з механічною системою посіву

зменшується зі збільшенням ширини зчеплення. Так, якщо при робочій ширині до 3 м вони складають 75% всіх вироблених моделей, то при робочій ширині 3...4 м їх частка дорівнює 50% [29].

Останнім часом провідні світові виробники

механічних сівалок з метою збільшення обсягу бункера покращують структуру

останнього за допомогою додаткових приставок, тим самим ще більше

НУБІП України

збільшуючи матеріальну інтенсивність насіння.

a – SZU-3,6 (Україна); *б* – Вадерштадт Rapid 300S (Швеція);

в – Amazone AD 30-3 (Німеччина); *г* – Sulky Трамвай СХ (Франція);

НУБІП України

д – Гаспардо М-300 (Італія); *е* – Великі рівнини 1500 (США)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України ²¹

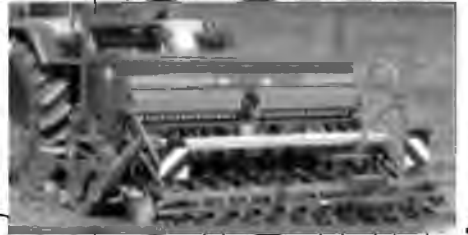


Рис. 1.1. Механічні сівалки, що використовуються при посіві зернових культур:

Можна зробити висновок, що одним з перспективних напрямків розвитку посівних машин є розробка широкозахватних високопродуктивних посівних замків і посівних комплексів з пневматичною системою посіву.

За даними Міністерства сільського господарства і продовольства станом на 01.01.2013 року співвідношення різних видів засобів механізації посіву, що застосовуються в Республіці Білорусь, таке: пневматичні - 79%, механічні - 8, сівалки - 13% (рис. 1,2).

НУБІП України

НУБІП України ²⁷



Рис. 1.2. Співвідношення засобів механізації посіву з різними видами посівних систем

Аналіз даних Рис. 1.2 показано, що в структурі посівного обладнання основною часткою - 79% - є сівалки з пневматичною системою посіву. Поява в 60-х роках ХХ століття посівних машин з пневматичними сівалками пов'язано з розробками шведської компанії Arvika Thermenius (сівалка ЕЕВ з робочою шириною 2,52 м) і німецької компанії N. Weiste і Со (споряджуча сіп з шириною зчеплення до 6 м) [51].

Пізніше розробкою і виробництвом машин цього типу стали США (John Deere, Great Plains), Європа (Квернеланд, Гаспардо, Амаzone, Кун, РабеВерк, Хорш, Кокерлінг, Лемкен, Унія, Роге), а також вітчизняні виробничі заводи (ВАТ «БЕМЗ», ВАТ «Лідагропромаш», ВАТ «Бобруйськсельмаш») (рис. 1.3).

а – Мегасейд, компанія РабеВерк (Німеччина); б – Пронто АС, Хорш (Німеччина); в – Солітр 9+Циркон 9, Лемкен (Німеччина); г – Рапід А, Вадерстад (Швеція); е – Сігнус, Амаzone (Німеччина); ж – Террасем Т, Поттінджер (Австрія); з – АПША-6, ВАТ «Бобруйськсельмаш» (Республіка Білорусь); h – FastLine, Кун (Франція)



а



б



в



г



д



е



ж



з

Рис. 1.3. Сівалки з пневматичною системою посіву.

Створення широкозахватних сівалок з пневматичними сівалками також було передбачено системою машин СРСР кінця 80-х років. Слід відзначити роботу таких організацій, як ВПОМ, ВІМ, ВПІЗХ, ВПІМХ, ЦНІМСХ.

НУБІП України ²⁴

Прототипи сівалок (СЗ-14, СПР-6, СЗПК-8, СЗПК-12, СЗПК-18, ССК-10,8, СПУ-3, С-6 і С-6Т), а також ґрунто-обробні плавинні та посівні установки на їх основі значно перевершили механічні сівалки за продуктивністю, мали менші козаци за питомою матеріально-інтенсивністю і трудовитратами (рис. 2).



Рис. 1.4. Пневматичні сівалки СПУ-6

Значний внесок зробили вчені Білоруської державної академії мистецтв К. К. Курилович, Ф. Г. Гусинцев, А. С. Сентюров, В. С. Астахова, розробки яких використовувалися в вітчизняних зразках сівалок з пневматичними системами посіву.

Застосування сівалок з пневматичними сівалками обумовлено наступними перевагами (в порівнянні з аналогічними машинами з механічним мізерним посівом):

- 15% продуктивності... на 20% вище навіть при тій же ширині віджимання рукоятки [7];

- можливість конструктивно створювати широко зчеплення (від 6 м) високопродуктивних сівалок і комплексів, у яких додаткових операцій агрегації при перенесенні машини з транспортного положення в робоче положення і назад не потрібно;

- можливість використання бункера для насінневого матеріалу великого обсягу, що зменшує кількість заправки в роботі; – низька питома витрата матеріалу.

НУБІП України ²⁵

Поряд з перевагами сівалки з пневматичною системою посіву мають наступні недоліки:

— необхідність створення і підтримки транспортного повітряного потоку з постійними параметрами індивідуально для певних груп культур;
— ретельна підготовка насіннєвого матеріалу, виключаючи наявність сторонніх предметів з метою уникнення засмічення трубопроводів з пневматичного матеріалу.

Основним недоліком посівних машин з пневматичною системою посіву є висока нерівномірність розподілу насіннєвого матеріалу на сошники. У деяких випадках нерівний вимір може становити 15,5% і більше при сільськогосподарських допустимих 5% для насіння зернових і 6% для зернобобових культур [8], наслідками яких є нераціональне споживання насіннєвого матеріалу, зниження врожайності, підвищена рідкість засміченості поля, що знижує ефективність використання сівалок з пневматичною системою посіву [54, 55]. Тому вдосконалення сівалок для пневматичних сівалок є актуальним завданням в області механізації посіву.

1.3. Основні види сівалок та їх системи посіву

В даний час всі посівні машини - сівалки і комбіновані ґрунтообробні посівні машини - мають системи посіву, які поділяються на механічні і пневматичні.

Основними механічними сівалками, що використовуються в Республіці Білорусь, є причіпні сівалки сімейства NW ВАТ «Червона Звезда» (Україна), а також причіпні і навісні сівалки іноземних компаній: «Бейдерстад» (Швеція), «Амазоне» (Німеччина), «Сульки» (Франція), «Гаспардо» (Італія). Механічні сівалки прості за конструкцією, забезпечують рівномірний розподіл насіння на сошники і надійні в експлуатації. З метою збільшення попиту на ці сівалки багато

НУБІП України

фірм продовжують працювати над їх вдосконаленням і намагаються швидко адаптувати їх до умов експлуатації в країнах СНД [56].

Однак частка сівалок, вироблених з механічною системою, зменшується через необхідність збільшення їх ширини.

Тому іноземні компанії випускають сівалки робочою шириною від 6 до 18 м з пневматичною системою посіву. Перевага сівалок Пневматична система висіву - це:

а) можливість конструктивно створювати широкозахватні соковижималки великої місткості, що забезпечують повне навантаження енергетичних продуктів;

б) ніяких додаткових операцій агрегату не потрібно при перенесенні машини з транспортного положення на дорогу і назад;

в) можливість використання бункера для насінневого матеріалу досить великого обсягу, що дозволяє зменшити кількість необхідної заправки в роботі і, звичайно ж, підвищити ефективність водіння;

г) конструктивна простота складових елементів; д) менша питома інтенсивність матеріалу.

Поряд з перевагами сівалки з пневматичною системою у вас є наступні недоліки:

а) необхідність встановлення та підтримки транспортного повітряного потоку з постійними параметрами індивідуально для певних культур та показників посіву;

б) ретельна підготовка насінневого матеріалу, за винятком сторонніх предметів і якісних гранульованих добрив; в) різка залежність нерівномірного розподілу насінневого матеріалу від сошників від параметрів повітряного потоку і якості

виготовлення складових структурних елементів системи. Незважаючи на недоліки, необхідність підвищення продуктивності праці і зниження енерговитрат визначає використання пневматичних сівалок в майбутньому.

НУБІП України ²⁷

В даний час у світовій практиці виробництва насінневих машин, де повітряний потік використовується в якості транспортного елемента, виділяють

три види систем посіву: централізованого (одно і двоступінчасті), індивідуальний і групового дозування насіннєвого матеріалу (рис. 1.5).

Кожна така система має строгий набір робочих органів для здійснення технологічного процесу посіву: вентилятор, дозатор, пристрій для введення матеріалу в повітряний потік (піт-корпус), трубопроводи пневматичного матеріалу і пристрої для розподілу матеріалу на сошники.

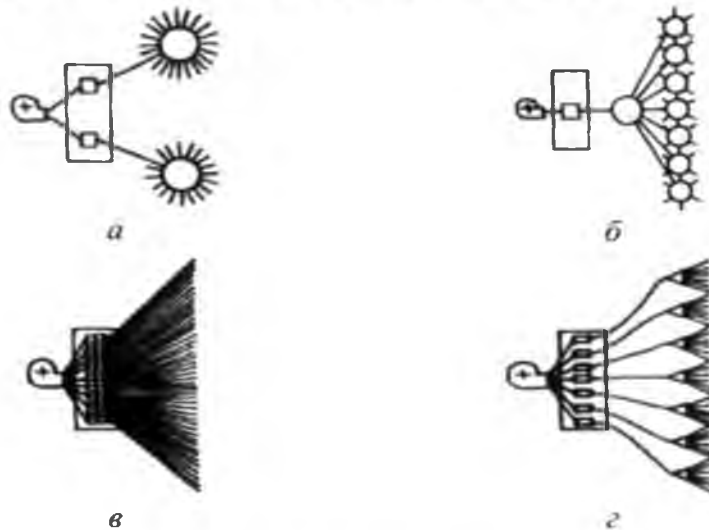


Рис. 1.5. Види пневматичних сівалок для насінневих машин :

а – централізовані одноступінчасті; *б* – централізовані двоступінчасті; *в* – індивідуальний; *г* – група

Вперше в ССРСР оригінальна система з централізованим дозуванням і пневматичним транспортуванням матеріалу до сошника була запропонована Б. І. Журавльовим [57] в 1948 році, але вона не знайшла належного застосування в посівних машинах того часу

Впровадження централізованого дозованого сівалки у виробництво почалося з норвезького агронома В. Стокленда, який розробив розплавлений

НУБІП України

НУБІП України ²⁸

відцентровий посівний апарат, який пізніше використовувався Globus Machine-Fabrik на сівалці Стокленда.

Через великі конструкторські і технологічні недоліки його пропозиція не застосовувалася.

Подальший розвиток пневматичної посівної системи централізованого дозування був отриманий в Німеччині в 80-х. ХХ ст. на сівалці Accord, коли вперше почалося масове виробництво сівалок з пневматично-механічним посівним апаратом [58] (рис. 1.6). Одноступінчастий розподіл також був реалізований на сівалках посівних установках Квернеландом, Гаспардо, Амазоне Куном Рабе. Перевага цієї системи в тому, що вона універсальна і забезпечує посів насіння з різними фізико-механічними властивостями.

Використання комбінованої котушки дозволяє висівати як великі насіння зерна, так і середні бобові насіння, а також дрібні насіння трав і проміжних культур.

Система забезпечує просте налаштування норми висіву [29].

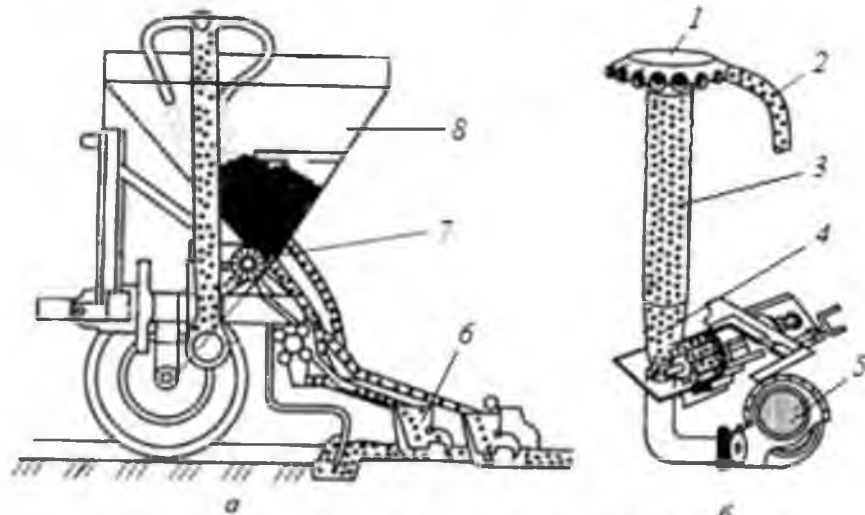


Рис. 1.6. Схема сівалки (а) і пневматичної системи посіву (б) з централізованим дозуванням відповідного типу:

1 – розподільна головка; 2 – насіннепровід; 3 – центральна колона; 4 – годівниця типу ежектора; 5 – вентилятор; 6 – сошник; 7 – дозатор; 8 – бункер

НУБІП України

Але ця система досить енергоємна. Встановлено [59], що посівна система з вертикальною розподільною головкою в 2-3 рази більш енергоємна, ніж горизонтальна і вимагає використання більш потужного вентилятора. Крім того, нерівномірний розподіл насіннєвого матеріалу на сошники багато в чому залежить від кута нахилу центрального стовпчика і варіюється в межах 5% ... 22% [60].

Ці показники ще вище при двоступеневому розподілі, який реалізується в проектуванні сівалок NWPC-12 (СРСР) (рис. 1.7), СРТ-7.2 (Республіка Білорусь) і С-45 Leon (Канада).

Пневматична система посіву з централізованим дозуванням також використовується в комбінованих обробних і посівних агрегатах. Так, німецька компанія Accord розробила комбінований агрегат [61] з бункером, вентилятором, дозатором і годівницею на не червоній петлі, з обробною частиною з розподільником і сошниками - ззаду (рис. 1.8). Таке розташування дозволяє більш рівномірно розподілити навантаження на систему шасі і поліпшити тягову здатність трактора, зменшити кінематичну довжину агрегату, що значно підвищує маневреність, особливо при роботі на мілководних полях, де потрібен енергетичний засіб меншої потужності. У системі з індивідуальним дозуванням насіння (рис. 1.5б) є окремий дозатор для кожного сошника, а транспортування насіння здійснюється повітряним потоком.

1 – сошник; 2 – насіннепровід; 3 – дистриб'ютор другого ступеня; 4 і 6 – пневматичні насінневі трубопроводи; 5 – дистриб'ютор першого ступеня; 7 – дозатор тук; 8 – дозатор насіння; 9 – пневматичний дріт; 10 – вентилятор

НУБІП України

НУБІП України 36

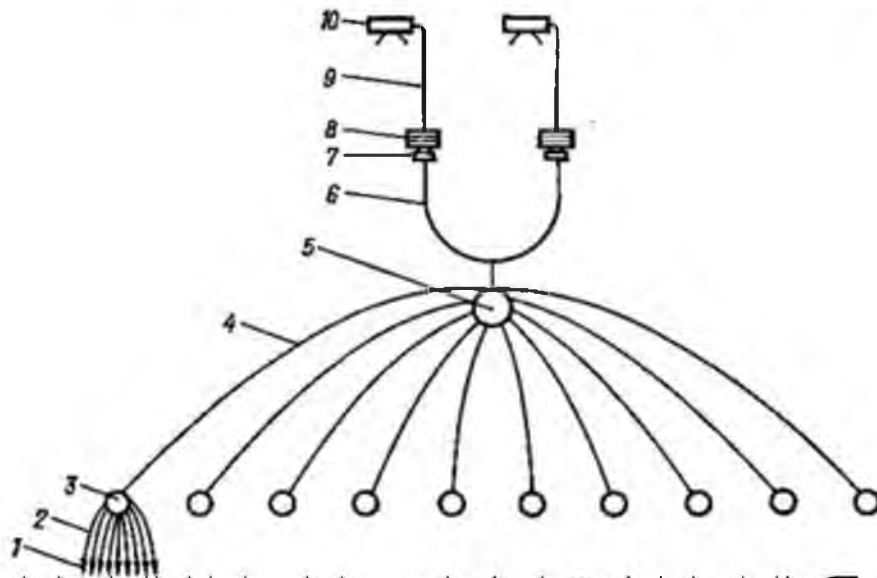


Рис. 1.7. Схема пневматичного провідця СЗПЦ -12:



Рис. 1.8. Сівалка DF-1 з Accord (Німеччина) з фронтальним положенням бункера

Прикладами таких сівалок є системи сівалок і агрегати Reguline Solo 6.0m, Reguline SPI від Sulky (Франція), Maxidrill RW 600/900, Maxidrill TW 6000 Роджера (Франція), Tive (Швеція) (рис. 1.9), SPR-6 (СРСР) і т. Д. Ця система забезпечує більш рівномірний розподіл насіння серед сошників, аналогічних механічним сівалкам [62].

Сівалку можна переставити на різну ширину інтервалу і різну ширину рукоятки шляхом перекриття необхідної кількості сівалок [60].

Однак через велику кількість насінневих трубопроводів, що йдуть від дозаторів до сошників, технологічна надійність сівалок значно погіршується і їх конструкція значно ускладнюється. Ця система використовується на сівалки з робочою шириною не більше 9 м, так як збільшення ширини захвату тягне за

НУБІП України ³¹

собою збільшення габаритних розмірів бункера насіння [29]. Як централізована, так і індивідуально дозована система дуже енергоємна і вимагає установки високопродуктивного вентилятора на провідця. В даний час така система у виробництві посівного обладнання використовується тільки французькими компаніями Sulky і Roger.

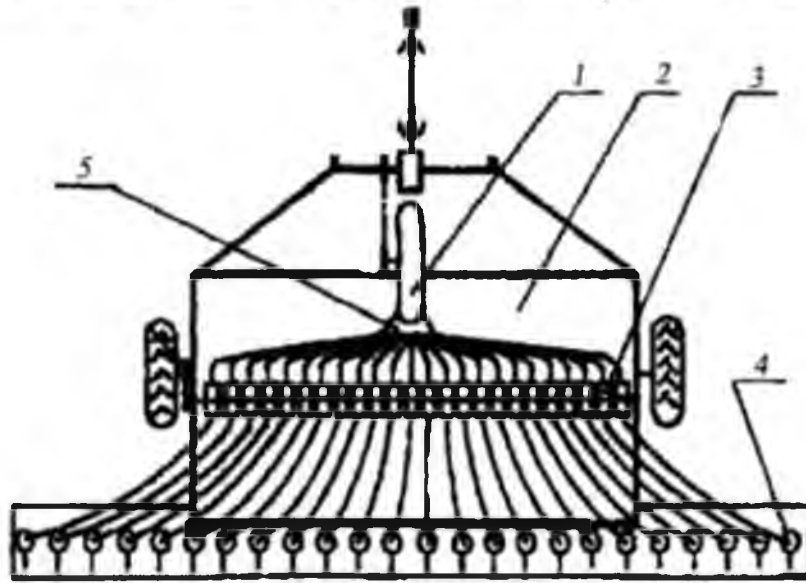


Рис. 1.9. Схема сівалки Tive (Швеція) з індивідуальним дозуванням.

1 – вентилятор; 2 – бункер; 3 – дозатор; 4 – сошник; 5 – повітропровід

Все частіше використовуються пневматичні сівалки з груповою системою дозування насіння: С-6 (ВЕМЗ, Республіка Білорусь), Solifair, Lemken (Німеччина), Maxim Mogg's (Канада).

Така система складається з декількох самостійних посівних секцій, кожна з яких містить наступні робочі організації: дозатор, годівниця і одноступінчастий розподільник потоку насіннєвого матеріалу (див. Рис. 1.5г). Всі секції через дозатори з'єднані одним бункером, кожен з них призначений для певної кількості сошників [63]. Так як кількість ріла, що подається котушкою дозатора, точність дозування знижується, як і це відбувається. Посівні агрегати з такою системою посіву можуть бути обладнані розподільниками горизонтального або вертикального типу, що розширює асортимент його застосування.

НУБІП України ³⁷

У країнах Західної Європи та Америки пневматичні групові системи дозування широко використовуються в сівалках Lemken (Німеччина) (рис. 1.10), Morris (Канада) (рис. 1.11), Sunflower, Great Plains (США).



Рис. 1.10. Сіар Solitair-9 – Лемкен (Німеччина)

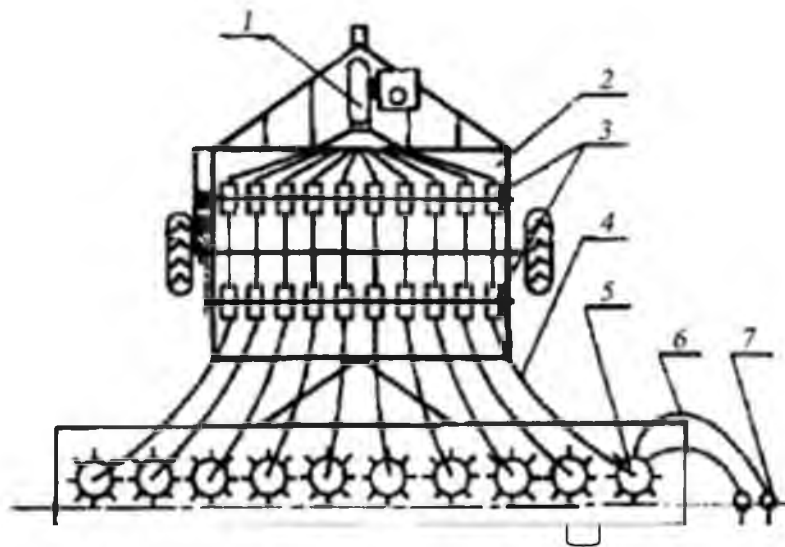


Рис. 1.11. Схема сівалки Морріс-620 (Канада) з груповим дозатором :

1 – вентилятор; 2 – бункер; 3 – дозатор; 4 – матеріальний трубопровід;
5 – розподільна голівка; 6 – насіннєпровід; 7 – сонник

Всі вони мають єдину принципову схему з одноступінчастим поділом.

Кількість дозаторів дорівнює кількості розподільників (від 3 до 10) і залежить від ширини захвату агрегату. Агрегати робочою шириною понад 6 м оснащені

НУБІП України ³⁷

причіпними бункерами підвищеної вантажопідйомності до 6 тонн і висотою до 1,8 м, що полегшує завантаження насінням і добривами [64].

Оригінальна пневматична система посіву була розроблена фінською компанією Kongskilde [65]. У цій системі (рис. 1.12) вентилятор перекачує повітря в два повітроводи. За однією з них частина повітря спрямована на подачу насіння з бункера в дозатор. Через цей же канал потік повітря транспортує посіяний матеріал з дозатора в сошники. Така система забезпечує надійну роботу дозатор і стабільний матеріальний транспорт. Незважаючи на свої достоїнства, ця система висіву в даний час не має широкого поширення.

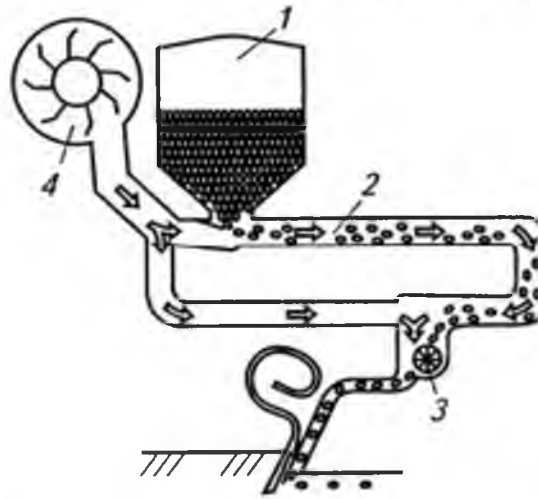


Рис. 1.12. Система посіву пневматичної інтегральної сівалки від Kongskilde:
1 – бункер; 2 – насіннепровід; 3 – катушка; 4 – вентилятор

Роботи з поліпшенням ґрунтообробно-посівних і посівних машин, активно проводяться в багатьох країнах. Республіка Білорусь накопичила певний досвід розробки і виробництва сівалок з пневматичними сівалками. Ряд підприємств в даний час освоюють виробництво сівалок і ґрунтообробних і посівних установок з груповими системами дозування насіння і плоскими роздільними головками. Порівняльні випробування посівних агрегатів з пневматичними сівалками [31, 66] виявили ряд істотних недоліків у забезпеченні якісного здійснення технологічного процесу посіву. Особливо це стосується рівномірності розподілу

НУБІП України ³⁴

посівного матеріалу по площі насінневого поля під час спільного посіву зернових з фосфорним добривом. З аналізу існуючих систем посіву можна зробити

висновок, що для широкозахватних високопродуктивних посівних машин найбільш прийнятною є пневматична система посіву з груповим дозуванням насінневого матеріалу [67-69]. Однак, виходячи з реальних умов Республіки Білорусь, необхідно час від часу сіяти одноразову (стартову) дозу мінеральних фосфорних добрив, що вимагає дослідження

визначити конструктивні параметри і режими роботи елементів посівної системи, що забезпечують виконання технологічного процесу відповідно до агротехнічних вимог [8].

1.4. Технологічний процес роботи розподільчі та транспортні пристрої

сівалок, їх класифікація та напрямки вдосконалення

Сучасна сівалка з пневматичною системою посіву, як правило, має окремо-агрегатну компоновку [70], в якій машина складається з окремих блоків (модулів). Це дозволяє відокремити бункер і робочі тіла в просторі.

Пневматична система посіву і роздільно-агрегатне планування робочих органів таких сівалок дозволяють реалізувати секційний принцип побудови каркаса посівного блоку, коли він складається у вертикальну площину. Дане рішення дозволяє значно прискорити процес перенесення плантатор з робочого положення в транспорт і назад, тому скоротити загальну витрату часу на переходи (рис. 1.13).

НУБІП України ³⁵



Рис. 1.13. Сівалка з пневматичною системою висіву

Централізований бункер сівалки дозволяє зменшити кількість і тривалість технологічних зупинок для заправки біржами і добривами. Використання автономної вантажної системи на сівалки з широкозахватними сівалками з пневматичною системою висіву дозволяє додатково скоротити час і трудомісткість навантаження (рис. 1.14).



а



б



в

Рис. 1.14. Автономна система завантаження пневматичних сівалок різних іноземних компаній:

а – Квернеланд (Норвегія); б – Lemken (Німеччина); в – Гаспардо (Італія)

Багато вчених брали участь в класифікації посівних машин, систем і посівних машин, але спочатку робота була зосереджена на сівалках з механічними

НУБІП України ³⁶

сівалками, не може бути повністю використана для класифікації сучасних машин з пневматичними посівними системами.

Їх можна використовувати обмеженим способом, при розгляді окремих елементів системи висіву. Безпосередньо класифікація пневматичних матричних сівалок відображена в роботах вітчизняних і зарубіжних вчених Б.С. Астахова, Н. П. Крючина, М. С. Хоменка,

В. Н. Зволінський, Н. І. Любушко, К. К. Курілович, Ф. Г. Гусінцев [5, 21, 24–32, 44].

Системи посіву Б.С. Астахов класифікує за методом розподілу: 1) централізоване дозування двоступінчастого; 2) централізоване дозування одноступеневого; 3) інди-від дозування; 4) групове дозування [31].

М. С. Хоменко пропонує виділити два основних види централізованих систем посіву: з індивідуальним дозуванням і пневматичною підготовкою насіння в сошники і з загальним дозуванням [21].

В. Н. Зволінський, Н. І. Любушко, Н. П. Крючин класифікуються за конструкцією бункера і методом введення насінневого матеріалу і ви відокремлює два види пневматичних централізованих сівалки: з наддувом (герметичні) і без наддуву (не герметичні) [44].

У цих прикладах класифікації засновані на конструкції або способі впливу на насінневий матеріал. Так як система посіву складається з ряду взаємозалежних. Для його детального розгляду і подальшої детальної оцінки з виявленням характеру впливу певних компонентів на загальну якість системи необхідно класифікувати сам принцип технологічного процесу системи висіву з пневматичним транспортуванням насінневого матеріалу. Основними елементами системи висіву з пневматичним транспортуванням насінневого матеріалу є бункер, дозатор, пристрій для введення насінневого матеріалу в потік (годовниця), вентилятор, трубопровід пневматичного матеріалу, розподільчий і насіннепровід (Діаграма 1.15)

НУБІП України 37

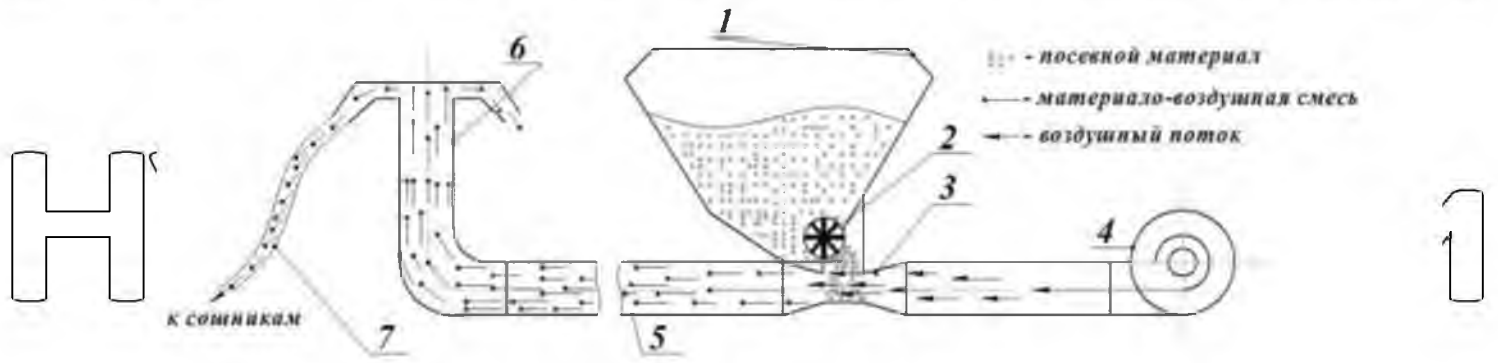
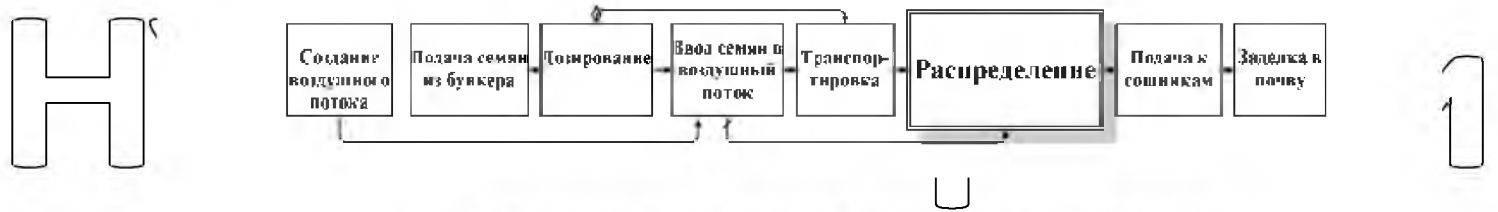


Рис. 1.15. Структурно-технологічна схема пневматичної висівної системи

1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – живильник; 4 – вентилятор; 5 – пневмоматеріалопровід; 6 – розподільний пристрій; 7 – насіннепровід

Технологічний процес сівалки з пневматичною системою посіву

представлений на рис. 1.16.



→ – класична схема технологічного процесу посіву;

→ – схема, що використовується в герметичних системах посіву;

→ – схема, що використовується при артикуляції розподілу пристроїв з живильником

Рис. 1.16. Схема технологічного процесу сівалки з пневматичною системою посіву

Відповідно до встановлених особливостей технологічного процесу пропонується наступна класифікація систем розподілу пневматичних сівалок

За типом посіяного матеріалу виділяють: зерно, зерно-зерно, зернотукові, зерно-трав'яні сівалки. Цей поділ має дещо умовний характер. Таким чином, насінневисівні машини здатні сіяти з деяким пере налаштуванням дозатора зерно-бобових культур і насіння трави. Зернові сівалки передбачають наявність

НУБІП України ³⁸

додаткового пристрою для дозатора для бунків, а також додаткового бункера, що впливає на загальну масу маси.

і компонування агрегату і збільшує кількість заправок. Насіннєві сівні машини вимагають багатопрохідної реконфігурації змінних елементів дозування, а тому встановити їх в польових умовах дуже складно. Посівні матеріали різного фізико-механічного характеру іноді вимагають використання дублікатів сівалок на одній машині, що підвищує інтенсивність матеріалу.

За способом введення насіннєвого матеріалу в повітряний потік розрізняють: герметичні і не герметичні системи. Стабільність тиску в системі створена вентилятором, подається в бункер і дозатор.

Герметичні системи використовуються в основному на сівалах і ґрунто-обробних установках робочою шириною 9 м: Horsch (Німеччина); Вадерстад (Швеція); Поттіджер (Австрія); Соняшник (США); Морріс, Конкорд АС-1002, Праско 75-55 (Канада). Незважаючи на очевидну простоту, герметична система не позбавлена недоліків, так як забезпечення герметичності конструкції всіх елементів системи вимагає високого технологічного рівня і культури виробництва. Крім того, при зміні рівня насіння в бункері знижується стабільність посіву, і потрібно використання більш продуктивних вентиляторів.

Ці недоліки відсутні в дірявих системах посіву, при яких для введення насіннєвого матеріалу в пневматичний трубопровід використовуються спеціальні пристрої у вигляді шлюзових воріт, шнекової або ежекторної годівниці. Таким чином, дірявих систем знайшли більш широке застосування.

За методом дозування насіннєвого матеріалу відбувається поділ на посівні системи централізованого, групового та індивідуального дозування [71].

В окремих системах дозування кількість дозаторів становить 0, але кількість сошників (як у механічних провідців). При цьому потік задушливості служить тільки для транспортування насіння з дозатора в сошники, а обмежена ширина рукоятки (до 6 м) заснована на продуктивності агрегату.

НУБІП України ³⁹

Все частіше використовуються системи з груповим дозуванням, особливо на широкозахватних сівалках робочою шириною 9 м. Така система складається з декількох незалежних секцій, кожна з яких містить дозатор і розділову головку.

НУБІП України

Кількість дозаторів в системах з груповим дозуванням може досягати 16. Кількість насіннепроводів, що обслуговуються одним дистриб'ютором, зазвичай не перевищує 12.

Найбільш поширеними у світовій практиці є системи посіву з централізованим дозуванням насіння одним або двома дозаторами і подальшим поділом загальних потоків на окремі сошники з використанням дистриб'юторів. До переваг такої системи можна віднести її універсальність для посіву різних насіння, так як дозування відбувається при високій продуктивності. Система забезпечує просте налаштування швидкості висіву.

НУБІП України

За принципом розподілу насінневого матеріалу посівні системи виділяються на безступінчасту, одноступінчасту і двоступінчеву тип.

Безступінчаста система розподілу насіння використовується на пневматичних сівалках індивідуального дозування. Ця системна тема використовується UNIA (Польща), Сульки та Роджером (Франція).

НУБІП України

Найбільш поширеними є одноступінчасті системи розподілу насіння, де після дозатора-голівниці насіннєвий матеріал надходить в розподільчий пристрій, а звідти в сошники.

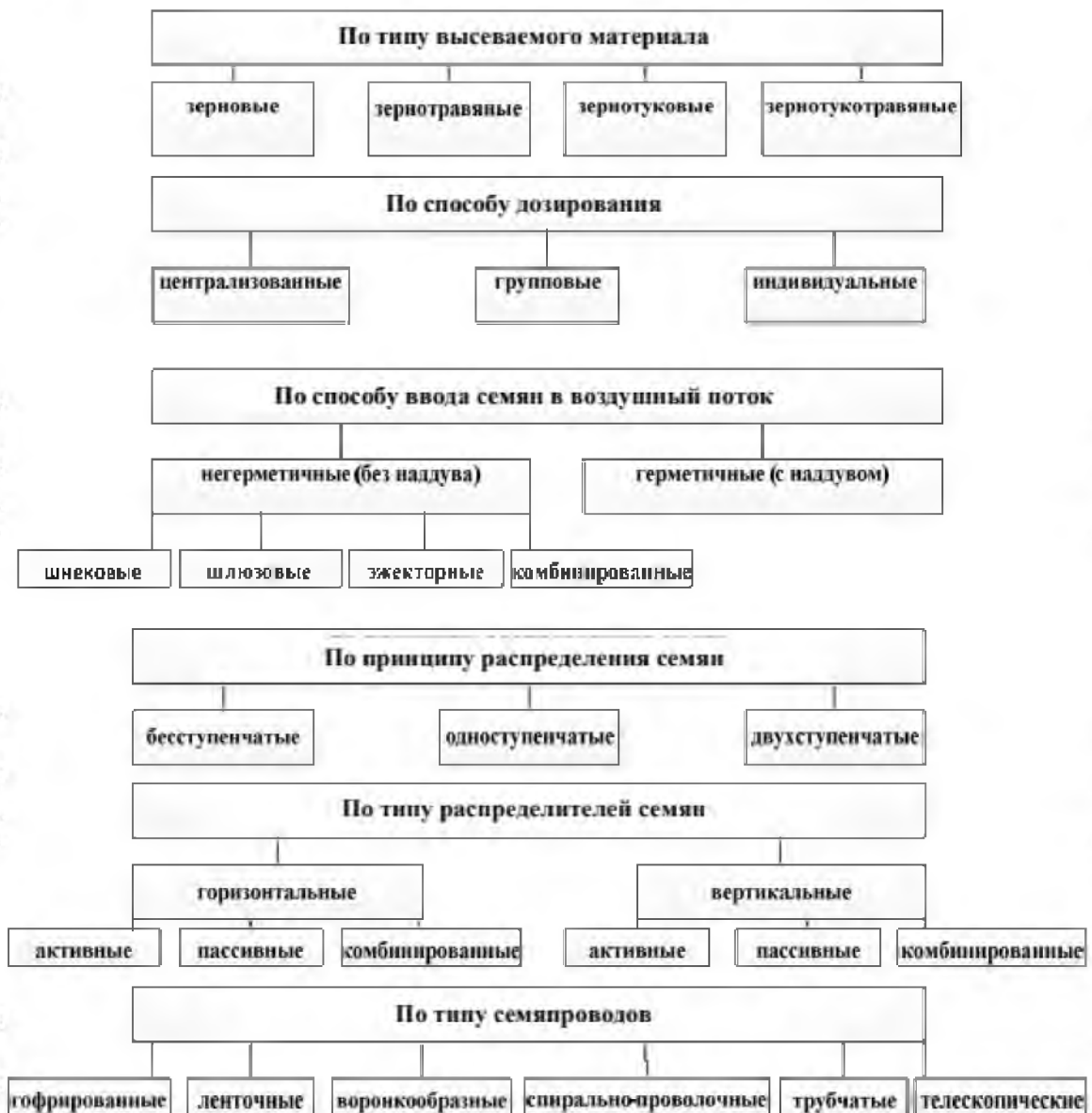
Двоступінчасті системи мають більш складну конструкцію, більшу кількість трубопроводів з пневматичного матеріалу. Вони більш металоємні вимагають використання більш потужних вентиляторів, їм важко перейти з робочого положення в транспортне. Чим більше кількість стадій розподілу, тим вище остаточна неоднорідність розподілу насінневого матеріалу між сошниками.

НУБІП України

За типом дистриб'юторів системи діляться на горизонтальні і вертикальні.

Розподільчі коефіцієнти використовуються для розподілу посівного матеріалу на сошники в пневматичних посівних системах централізованого або групового дозатора. Узагальнена класифікація розподільчих і транспортних систем пневматичних посівних машин представлена на рис. 1.17.

Рис. 1.17. Класифікація розподільчих транспортних систем пневматичних сівалок



Наведена вище класифікація дозволяє порівнювати і переглядати різні види пневматичних сівалок систем в ємності всіх їх конструктивних елементів.

НУБІП України ⁴¹

Це дозволяє використовувати його для комплексного аналізу якості робіт по системі висіву.

Аналіз переваг і недоліків окремих елементів пневматичної системи посіву, що впливають на технологічний процес, свідчить про те, що однією з найважливіших частин системи є розподільники посівного ґнімка ріала. Вони повинні забезпечити якісну роботу пневматичної системи посіву відповідно до агротехнічних вимог до нерівномірного розподілу посівного мата ріала між сошниками. У зв'язку з цим необхідно проаналізувати відомі конструкції насінневих розподільників, а також переглянути можливі додаткові елементи,

зменшення нерівномірного розподілу насіння на сошники. Розподіл насіння на сошники в пневматичних системах посіву здійснюється за допомогою розподільчих міжрядь горизонтального або вертикального типу. Горизонтальні

розподільники встановлюються на вітчизняних сівалках сімейства С-6, ґрунтообробних і посівних установках сімейства АРРА, на посівних комплексах Морріс (Канада) і Еріс-10 (Україна) (Рис. 1.18).



Рис. 1.18. Горизонтальний дистриб'ютор пасивної дії Morris

Недоліком дистриб'юторів горизонтального типу є те, що вони структурно обмежені в кількості обслуговуваних сошників (не більше 12). Крім того, вони вимагають рівномірного розподілу по проточній секції матеріалу повітряної суміші на вході до розподільника. Для цього необхідно доповнити конструкцію розподільника безпосередньо перед ним прямою горизонтальною рівним участком 8 ... 10 діаметрів матеріалу трубопроводу, а це близько 500... 600 мм,

НУБІП України ⁴⁷

або при зміні додаткових нівелюючих пристроїв. У відомих посівних машинах реалізація такого конструктивного проголошення часто неможлива для вимог до макета. Тому даний вид дистриб'юторів не знайшов широкого поширення на посівних машинах.

Дистриб'ютори вертикального типу знайшли застосування у світовій практиці на посівних машинах як з централизованною дозою насінневого матеріалу, так і з групою один. Це пов'язано з тим, що вертикальний потік технічно легше розділити (в порівнянні з горизонтальним потоком).

Машини з цими сівалками можна розділити на два типи: сівалки і ґрунтообробні та посівні агрегати з сухим захватом до 4 м і машини робочою шириною більше 4 м. У машинах першого типу вертикальний стовпник розподільника поєднується з годівницею типу ежектора. У машинах другого типу дистриб'ютор знаходиться на деяких (до 4... 6 м) знімає ній з годівниці і має горизонтальну секцію. У зв'язку з цим характер роботи розподільного міжрядного, що призводить до необхідності застосування різних методів вирівнювання матеріально-повітряного потоку по вертикальному каналу.

За принципом роботи і конструктивного виконання вертикальні дистриб'ютори діляться на активних і пасивних. Найбільш поширеними у світовій практиці є вертикальні розповсюджувачі пасивної дії, здатні обслуговувати до 48 сошників (рис. 1.19). Головною перевагою вертикальних дистриб'юторів є те, що вони прості за конструкцією і надійні в експлуатації. Надійність процесу розподілу забезпечується тим, що посівний матеріал у вертикальному руслі знаходиться в стані пневмотранспорту, а це значно спрощує процес розподілу насінневого матеріалу по вихідних трубах. Істотним недоліком таких розподільчих міжрядь є висока нерівномірність розподілу насінневого матеріалу на сошники, особливо при роботі на схилах [71].

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ ⁴²

Н

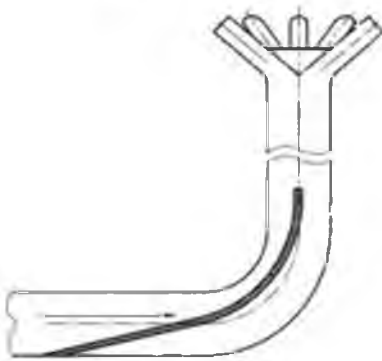


a

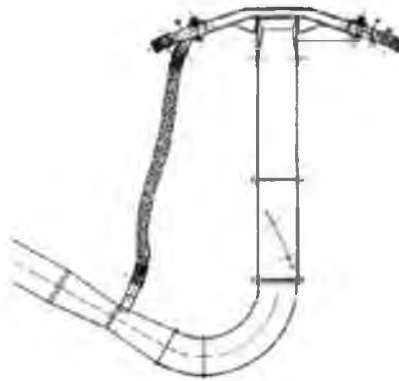


б

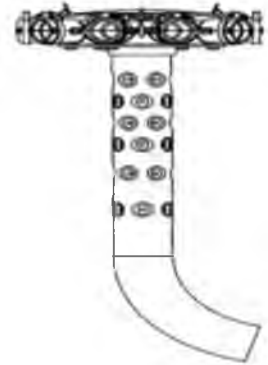
Н



в



г



д

НУВІП УКРАЇНИ

Рис. 1.19. Види вертикальних розповсюджувачів пасивної дії: *a* – Amazone; *б* – Лемкен; *с* – Гаспардо; *д* – Хорш; *е* – Flexi-Котушка

Н

Підвищення якості роботи розподільчого з'їла здійснювалося як в нашій країні, так і за кордоном. Відомий вчений С. Г. Хаммонд [26], досліджуючи процес розподілу насінневого матеріалу у вертикальному типі, запропонував збільшити симетрію двокомпонентного потоку в поперечній секції трубопроводу пневматичного матеріалу, використовуючи гофровану форму вертикальної колони. Це технічне рішення дозволило значно знизити нерівномірний розподіл насінневого матеріалу по насіннепроводу.

Н

У дослідженнях Ф. Г. Зуєва [72], А.М. Дзяціо [73], Г. Гега [74] усунути негативний вплив відміни на рівномірність розподілу насінневого матеріалу вазами відкладає у вертикальному розподілі пристрою було запропоновано стабілізувати потік за рахунок збільшення висоти вертикальної секції колони

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України ⁴⁴

перед обмежувальною головкою до 20 діаметрів самого пневмоматеріалопроводу. Таке рішення на практиці збільшувало не тільки матеріальну інтенсивність системи, але і розміри всього плантатор, що ускладнювало перехід від робочого положення до транспортного.

Вчений Г. Піпінг [75] після вивчення впливу дренажу на якість процесу розподілу насінневого матеріалу по насінневих трубопроводах запропонував використовувати кілька проводів подачі пневматичного матеріалу з метою забезпечення симетричного постачання насіння. Однак така конструкція широко не використовувалася, так як спостерігалася збільшення кількості дозуючих пристроїв.

У своїх дослідженнях В. А. Насонов, М. С. Хоменко [21] запропонували використовувати вертикальний розподільник з верхньою врожайністю насінневого матеріалу і рефлектор, який є кулькою, вільно підвішеною на нитках по осі трубопроводу. При заміні цього розчину вдалося домогтися нерівномірного розподілу насіння по насіннепроводах при посіві різних культур в межах 4%. Однак, через свою складність в запропонована, конструкція широко не використовувалася.

Примітними є роботи А. В. Клокова, який, продуваючи якість розподілу насінневого матеріалу у вертикальному розподільнику, запропонував поліпшити його роботу, встановивши в розподільну головку активну напрямну, загнану в обертання за рахунок висхідного потоку і більш якісно розклавши насінневий матеріал на сошники. Однак у цього пристрою був ряд недоліків.

Дослідження процесу розподілу посівного матеріалу в розподільчих пристроях проводили К. К. Курильович [76], В. Г. Гусинцев [77], А. С. Сентюров [78], А. В. Адаш [59, 61], В. С. Астахова [31, 32, 38, 60], Н. Д. Лепешкін, Ю. Л. Салапура, А. А. Точицький [55], В. В. Жук [64]. Розроблені ними розподільні пристрої дозволили отримати нерівномірний розподіл насінневого матеріалу по насіннепроводах зернових і зерно-бобових культур в межах 2,8% ... 4,5%, що

НУБІП України ⁴⁵

цілком прийнятно. Ці розподільники використовуються в вітчизняних сівалках і ґрунтообробних посівних установках з пневматичною системою посіву матки.

Однак запропоновані рішення використовувалися тільки в горизонтальних дистриб'юторах. Аналіз результатів досліджень і структур розподілу дозволяє зробити висновок, що останні є найбільш доцільно використовувати у вигляді розподільників насінневого матеріалу вертикального типу в пневматичних системах посіву.

Однак для забезпечення агротехнічних вимог до нерівномірного розподілу насінневого матеріалу між сошниками необхідно їх конструктивне вдосконалення [62].

З метою поліпшення процесу розподілу посівного матеріалу в каналі потоку вертикальної колони, на виході і розподілі лілової головки розміщуються додаткові елементи різних конструкцій (централізатори, турбулізуючі вставки і напрямні), які підвищують турбулентність задушливого потоку, що транспортує візок для створення більш рівномірної матеріально-повітряної суміші по всьому перетину, що забезпечує більш рівномірний розподіл насінневого матеріалу на сошники (рис. 20).

НУБІП України

НУБІП України

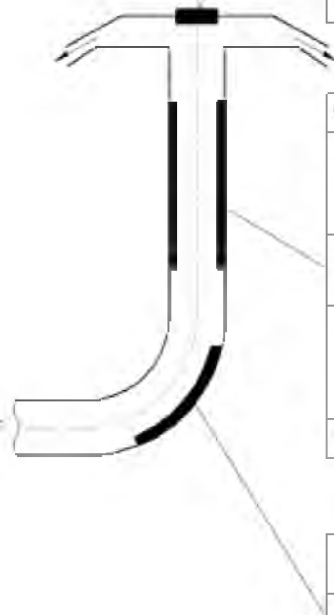
НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

Н

Н

Н



Активные направлятели					
механические				линеаметические	
сферический конус	ротационные				
Направители					

шпоровидные	шиповальные	конечно-цилиндрические	гофрированные	конфузно-диффузорные	многосложные вилы
Турбулизирующие вставки					

Центраторы				

Рис. 1.26. Додаткові структурні схеми для вертикальних розподільчих приладів

Так, в торговій точці для підвищення рівномірності розподілу по посівному матеріалу використовуються різні види елементів: сходи, сітка, у вигляді прямокутного повороту, зріз краю і напрямні лопаті. Ці пристрої (централізатори) дозволяють подавати потік насіннєвого матеріалу до центру вертикальної колони.

Вертикальний стовпець доповнюється турбулізуючою вставкою різних конструкцій: кулеподібними, шипоподібними, конічно-циліндричними, гофрованими, конфузно-дифузорними, сіткою, трубчастими, пружинними, спіральними, у вигляді похилої решітки і звуження течії. Використання цих

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України ⁴⁷

вставок сприяє збільшенню турбулентності потоку і, відповідно, вирівнювання концентрації частинок посівного матеріалу по перетину вертикальної частини розподільника, так як швидкість насіння після проходження гілки знижується. У

розподільній головці встановлюються напрямні, які, зменшуючи травмування насіннєвого матеріалу (косий вплив), спрямовують його рівномірно по вихідних трубах. Ці пристрої також мають різні геометричні форми: плоский, конічний, параболічний, сферичний, хвилястий і кроковий чат. Особливої уваги

відзначають розподільні головки з актив-напрямними, які є механічними, де

віброуючі або поворотні елементи (лопати, шпильки) виступають в якості основного робочого корпусу, а також пневматичні, в яких потік повітря впливає на насіннєвий матеріал. Як правило, використання тільки одного додаткового

елемента, що підвищує рівномірність розподілу посіяного матеріалу у розповсюджувачів даного типу, недостатньо. Більшість світових виробників

посівного обладнання з пневматичними сівалками використовують кілька робочих елементів комплексно для зниження нерівномірного розподілу насіннєвого матеріалу між сошниками. У зв'язку з цим особливого значення має

розробка комбінованого робочого органу, що забезпечує вирівнювання насіннєвого матеріалу по перетину вертикальної частини розподільника з

мінімальним аеродинамічним опором, а також використання напрямного в розподільчому рибальстві для усунення травматизму посівної системи.

1.5. Технологічні схеми та елементи пневматичних сівалок

До основних елементів пневматичної системи посіву відносяться: вентилятор, дозатор, пристрій для введення матеріалу в транспортний потік повітря, трубопроводи пневматичного матеріалу і розподільники насіннєвого потоку.

Якісними показниками посівної системи є рівномірність розподілу насіннєвого матеріалу на поверхні поля і глибина його включення, що залежить

НУБІП України ⁴⁸

від типу сошника, якості підготовки поля і робочої швидкості посівної машини.

Ці фактори добре вивчені і результати втілюються в життя. Дозовані пристрої також широко представлені в літературі і виправдані для використання в різних

системах посіву [26, 27, 30, 31, 33].

Недостатньо вивчено залежність якості посіву від операцій впровадження посівного матеріалу в потік повітряного транспорту і його розподіл між сошниками, тому необхідно враховувати прилади для виконання цих операцій, виявляти їх статі і негативні сторони, визначати напрямки конструктивного поліпшення і підвищувати їх ефективність.

Годівниці пневматичної системи посіву повинні забезпечувати виконання наступних вимог [79]:

- безперервна і рівномірна подача матеріалу в матеріальний дріт;
- мінімальний витік повітря з пневматичної системи в атмосферу; – мінімальне енергоспоживання;
- усунення травматизму матеріалу;
- низький аеродинамічний опір.

Конструкція пристроїв для введення насіннєвого матеріалу в пневматичну транспортну мережу визначається типом використовуваної системи висіву. Він може бути герметичним (закритим) і не запечатаний (відкритий). У першій системі, завдяки герметизації, тиск в бункері і площа введення матеріалу в трубопровід з пневматичного матеріалу однакові. У таких системах потік насіння з дозатора безперешкодно надходить в трубопровід пневматичного матеріалу і потім транспорт відправляється дистрибуторам. Для підтримки стійкості тиску в системі повітряний потік, що генерується вентилятором,

подається в бункер і дозатор.

Герметичні системи використовуються в основному на сівалки з робочою шириною 12... 18 м: Соняшник (США); Морріс, Конкорд АС-1002, Праско 75-55

НУБІП України

НУБІП України ⁴⁹

(Канада) [30]. В даний час вони використовуються на сівалках і ґрунтобробних-посівних агрегатах робочою шириною 8 м і більше.

Незважаючи на очевидну простоту, герметична система не є недоліком. Забезпечення герметичності конструкції всіх елементів системи вимагає високого технологічного рівня і культури виробництва. Крім того, при зміні рівня насіння в бункері знижується стабільність несіву, і потрібно використання більш продуктивних вентиляторів.

Ці недоліки відсутні в дерев'яних системах посіву, при яких для введення насіннєвого матеріалу води використовуються спеціальні пристрої у вигляді шлюзових воріт, шнекової або ежекторної годівниці.

Годівниці типу «Шлюзовий затвір» широко використовуються на борошномельних і комбикормових заводах і торфо-переробних заводах для пневматичного транспортування переробки перероблених матеріалів. Принцип роботи цього пристрою аналогічний роботі рифленої котушки з властивим їй основним недоліком – пульсуючою подачею матеріалу [80].

РУЕ «НВК НАН Білорусі з механізації сільського господарства» розробило експериментальний зразок такої годівниці по відношенню до пневматичної системи посіву насіннєво-посівних машин (рис. 1.21).



Рис. 1.21. Млява годівниця зневіри пневматичного провідця: 1 – котушка; 2 – будівля; 3 – відсікання; 4 – вал; 5 – трубопровід

Дослідницькі випробування виявили наступне недоліки: порція матеріального забезпечення підвищена травма насіння, можливість глушіння

НУБІП України

котушки; необхідність точного виготовлення для забезпечення мінімального зазору між корпусом і катушкою; знос внутрішньої поверхні корпусу і ребер катушки.

НУБІП України

Для більш рівномірного постається матеріал, можна збільшити годину обертання катушки. Однак це зменшує коефіцієнт заповнення клітини і збільшує витік повітря. Оптимальна швидкість обертання катушки повинна бути в межах $0,3... 0,7 \text{ с}^{-1}$ [72].

НУБІП України

Виконання цієї умови вимагає використання спеціальної води, що значно ускладнює конструкцію сівалки. Різні технічні рішення використовуються для зменшення витоків повітря через зазор між корпусом і катушкою. Наприклад, відсікання 3 (див. Рис. 1.21) служить буфером і частково запобігає витіку повітря через проміжки між катушкою і корпусом. При цьому навіть використання

НУБІП України

відрізаного від еластичної матриці ріала не виключає заклинювання матеріалу і його дроблення. Відсікання щітки дозволяє дещо зменшити дроблення і заклинювання матеріалу, але недостатньо запобігає витіку повітря. Також доступні інші варіанти ущільнення (рис. 1.22): автоматичні регулятори зазору (рис. 1.22a, b), комбіновані катушки з ущільненнями плавників (рис. 1.22c) установка катушки в ексцентричному корпусі (рис. 1.22d).

НУБІП України

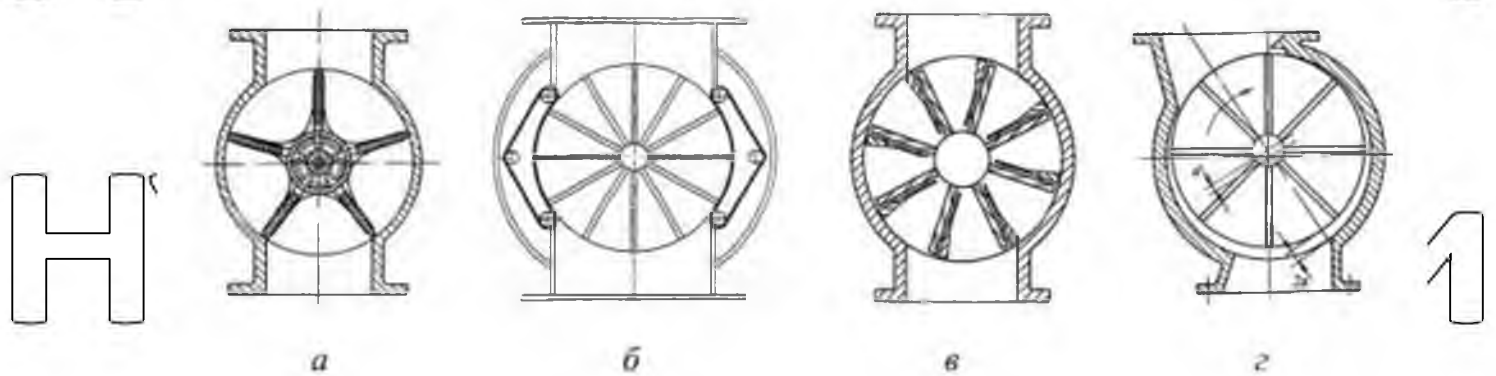


Рис. 1.22. Варіанти герметизації для годівниць для клапанів шлюзу

НУБІП України

НУБІП України ⁵¹

Однак існуючі недоліки не завадили використанню годівниць «Шлюзовий затвір» на широкозахватних посівних машинах з централізованим дозуванням насіннєвого матеріалу і через їх відносно високу продуктивність. Леон (S-45, S-75) і Саймондс (Австралія).

НУБІП України

Шнековий живильник використовуються на аерозольних транспортних установках. Серед пневматичних сівалок з цим типом живильника відомі тільки Chinook 1203 (Австралія) і Bourgault 138 (Канада).

НУБІП України

Подача гвинта забезпечує подачу матеріалу до провідника пневматичного матеріалу при опорі мережі до 5 кПа тільки з відповідною довжиною запірної вилки матеріалу. Кількість витoku повітря через годівницю обернено пропорційно довжині запірної вилки, але збільшення її довжини вимагає більшої потужності на приводі годівниці за рахунок збільшення сил тертя.

НУБІП України

про стійки гвинтового корпусу при його переміщенні [81]. Тому шнекові годівниці більш енергоємні [79]. Потужність, необхідна для приводу, використовується для подолання фрикційних сил транспортованого матеріалу на поверхні гвинта і його корпусу і для подолання тиску спинки в повітряній камері годівниці [72]. Відомо, що при 5% витoku повітря через годівницю його продуктивність знижується на 15% [61].

НУБІП України

Створення герметизації в гвинтових годівницях досягається один раз за допомогою особистих конструктивних рішень: змінного кроку гвинта, установки зворотного клапана, звуження гвинтового корпусу і т. д. Кількість гвинтових поворотів, як правило, становить вісім [61].

НУБІП України

Для грубозернистих матеріалів шнекові живильники малопридатні, так як забезпечити необхідну герметичність неможливо: вилик повітря відбудеться через міжнасінневий простір, відбудеться значне дроблення матеріалу [72].

Основними перевагами шнекових годівниць є рівномірність в подачі матеріалу і висока продуктивність [61]. Найбільш широко використовувані в пневматичних сівалок та насіннєвисівних машин іноземного і вітчизняного виробництва були

НУБІП України

НУБІП України ⁵⁷

виявлені годівницями типу ежекторів (на імпортованих агрегатах Accord, Lemken, Amazone, Rabewerk, Kuhn, Horsch; на вітчизняних посівних машинах С-6, С-6Т і СПУ, АП-6).

НУБІП України

Годівниця ежектора (рис. 1.23) – аеродинамічний пристрій, що складається з співвісних частин, звужуючого (конфузора) і розширювального (дифузора), які відокремлюються один від одного певною відстанню, утворюючи змішувальну камеру. У цій камері за рахунок збільшення швидкості повітряного потоку створюється тиск, рівний атмосферному або меншому, ніж він (розрідження), що дозволяє насінневу матеріалу вільно вводитися в транспортний потік.

НУБІП України

НА

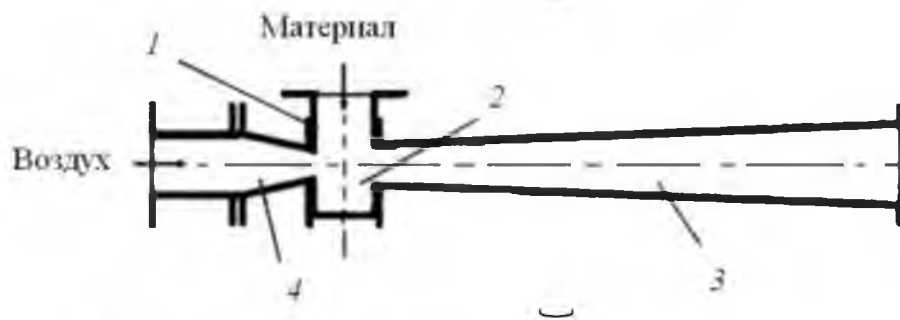


Рис. 1.23. Схема подачі ежектора типу:

НУБІП України

Годівниця ежектора за принципом дії відноситься до рота струменевого типу. При оптимальному співвідношенні геометричних параметрів ежектора і певної характеристики повітряного потоку забезпечується рівномірне (без пульсацій) транспортування насінневого матеріалу.

НУБІП України

Результати експериментальних досліджень і виробничих випробувань виявили ряд недоліків цих пристроїв: непрацездатність параметрів повітряного потоку при коливанні швидкості двигуна трактора (у разі приводу вентилятора від ВВП трактора); необхідність рівномірного введення насінневого матеріалу по перетину завантажувальної шийки [82]; низька ефективність (0,5... 0,7) [72].

НУБІП України

НУБІП України ⁵³

Перший недолік в даний час досить ефективно усувається установкою гідравлічного приводу вентилятора або автономного двигуна внутрішнього згоряння (найчастіше використовується на електричних причепах з великою робочою шириною), що призводить до збільшення вартості конструкції.

Другий недолік досить усувається використанням котушок зі спіральним або скосом в якості дозатора, а також установкою вирівнювачів для потоку посіяного матеріалу між дозатором і годівницею [83, 84].

Найскладніше - підвищити ефективність цих пристроїв. Автори робіт [73, 85, 86] пропонують для пневматичного транспортування зерна в системах з тиском до 5 кПа використовувати годівницю ежектора з класичним макетом «конфузорно-змішувача камера-дифузор» з прямокутною, квадратною або циліндричною поперечною формою (рис. 1.25). При цьому для зменшення втрат

кут звуження конфузора повинен бути не більше 20° , і кут розширення дифузора не більше 8° , не вказуючи їх оптимальних значень і форми. Тим часом при куті відкриття дифузора більше 12° коефіцієнт внутрішніх втрат квадратного дифузора в 2 рази більше, ніж у конічного. Зазначена відмінність пояснюється великим периметром квадратного дифузора, що пов'язано з різною природою потоку повітря в знімних зонах могола і конічного дифузора [87]. Тому вибір форми поперечного перерізу має не мале значення.

НУБІП України 54

Н



a



б

1

Н



в



г

1

Рис. 1.24. Годівниці типу ежектора з різними поперечними формами:

a – годівниця з Куна (Франція); *б* – годівниця компанії Амазон (Німеччина);
в – годівниця компанії Hoisch (Німеччина); *г* – годівниця плантатор С-6Т
(Республіка Білорусь)

Частина робіт з поліпшення годівниць ежектора спрямована на дачу насінневого матеріалу, при його введенні в пневматичну транспортну магістраль МО початкова швидкість збільшується з напрямком транспортування. Відомо, що до 35% витрачається на прискорення матового ріала в трубопроводі з пневматичного матеріалу до швидкості його транспортування... 40% тиску повітряного потоку [88].

Щоб знизити ці енергетичні витрати, вчені Білоруського державного управління ГСХА [77] пропонують встановити перед завантажувальною шийкою прискорювач насіння щіткового типу. Використання світлих дощок у годівниці було запропоновано М. Н. Карягдієвим [79]; В. І. Скор ляков [89] вказує на можливість об'єднання корпусу дозатора з годівницею, що дозволить насінням відірвати канавки котушки з деякою початковою швидкістю в напрямку потоку. Вантажна воронка з криволінійною стінкою (див. Рис. 1.25г), яка забезпечує

НУБІП України

НУБІП України ⁵⁵

введення насінневого матеріалу в потік повітря під кутом менше 90° , рекомендує використовувати В. С. Астахова [24].

Однак застосування таких пристроїв можливо тільки в живильниках з квадратним, прямокутним або еліптичним перерізом, що вимагає певних і досить складних технологій і обладнання для їх виготовлення. При цьому використання цих пристроїв не має істотного впливу на збільшення пропускної здатності.

Також відома комбінована годівниця (рис. 1.26) [90], в якій дозатор котушки поєднується з ежектором, а відстань між плавниками котушки і потоком повітря мінімальна. Однак на серійних сівалках ці пропозиції не отримали широкого застосування через складність конструкції і незначну ефективність.

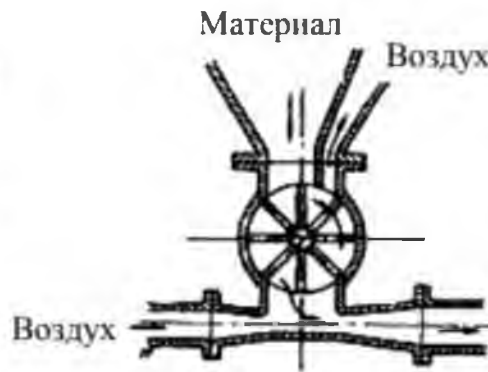


Рис. 1.25. Комбінована годівниця типу Папи

Незважаючи на існуючу нестачу достатніх, годівниці для ежекторів з циліндричною формою перетину річки Папи не вичерпали свій потенціал і є найбільш прийнятними для пневматичних всмоктувальних систем. Вони прості в пристрої, малогабаритні, не вимагають окремого приводу, вони нелогічні у виробництві, вони викликають травмування матеріалу. Однак необхідні додаткові дослідження для підвищення їх продуктивності [6, 91, 92]. Аналіз теоретичних досліджень газодинамічних процесів в ежекторних системах показує, що підвищення ефективності подачі ежектора можливо завдяки її раціональним геометричним параметрам проточної частини і їх взаємозв'язку

НУБІП України ⁵⁶

один з одним [93, 94]. Необхідні додаткові дослідження для визначення цих параметрів для годівниць типу ежектора для сівалок машин.

НУБІП України

Насіннєві розподільники є невід'ємною частиною пневматичної системи посіву для централізованої та групової дозування насіннєвого матеріалу. Від якісного виконання їх функціонального призначення залежить рівномірність розподілу насіння на сошники.

За принципом роботи і конструктивного виконання вони поділяються на

НУБІП України

наступні види [95]:

– вертикальні дистриб'ютори активних дій; – вертикальні дистриб'ютори пасивної дії; – горизонтальні дистриб'ютори активних дій; – горизонтальні розповсюджувачі пасивної дії. У дистриб'юторів активної дії, що обертаються

Елементи у вигляді конуса (рис. 1.26) або робочого колеса (рис. 1.27). Вони керуються в основному повітряним потоком.

НУБІП України

Принцип роботи наступний: посівний матеріал напоситься повітряним потоком в підвісі до обертових поверхонь, розташованих під деяким (менше 90°) кутом в напрямку руху матеріалу. Як слід косою удару, він розсіюється і направляється в насіннепроводи.

НУБІП України

Ці дистриб'ютори забезпечують досить якісний розподіл. Так, на пневматичному сівалці СПУ з активним конусним розподільником коефіцієнт варіації дорівнював 4,1% при посіві озимого жита [22]. Оскільки рівномірність і

НУБІП України

сто ставок розподілу залежать від швидкості обертання, то мова йде про підтримку повітряного потоку з певними постійними параметрами. Це вимога у виробничому середовищі, особливо з вентилятором від ПТО трактора, ви практично неможливо завершити. Крім того, не виключено травмування і дроблення насіння. Також можливе гальмування і глушіння обертових елементів

НУБІП України

через запиленість і корозійну активність насіннєвого матеріалу, потрібен вентиляційний отвір більшої продуктивності.

НУБІП України ⁵⁷

Тому вимоги до конструкційного матеріалу рідіала і точність виготовлення зростають. З цих причин активні дистриб'ютори не були широко використані.

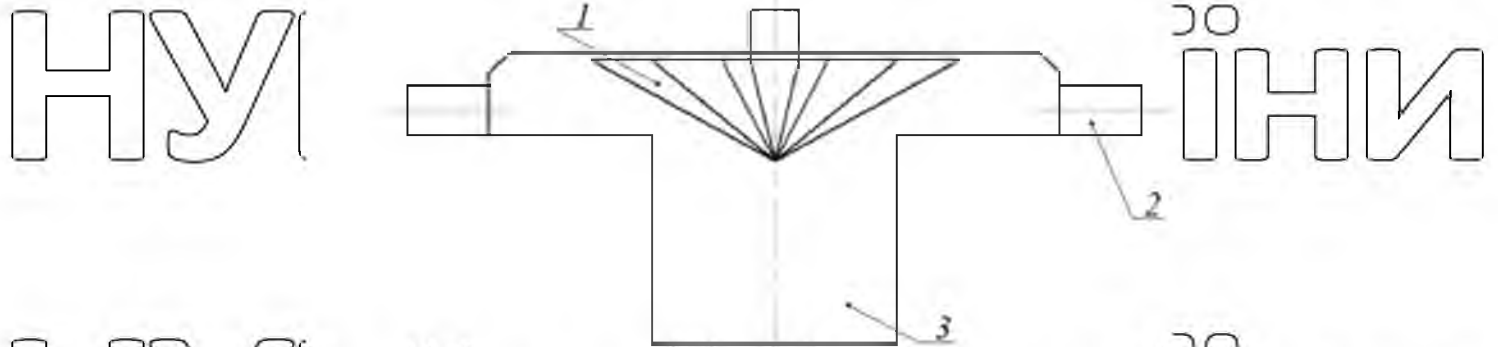


Рис. 1.26. Схема дистриб'ютора з конусом

1 – обертовий конус, 2 – сперма фітинги, 3 – труба подачі

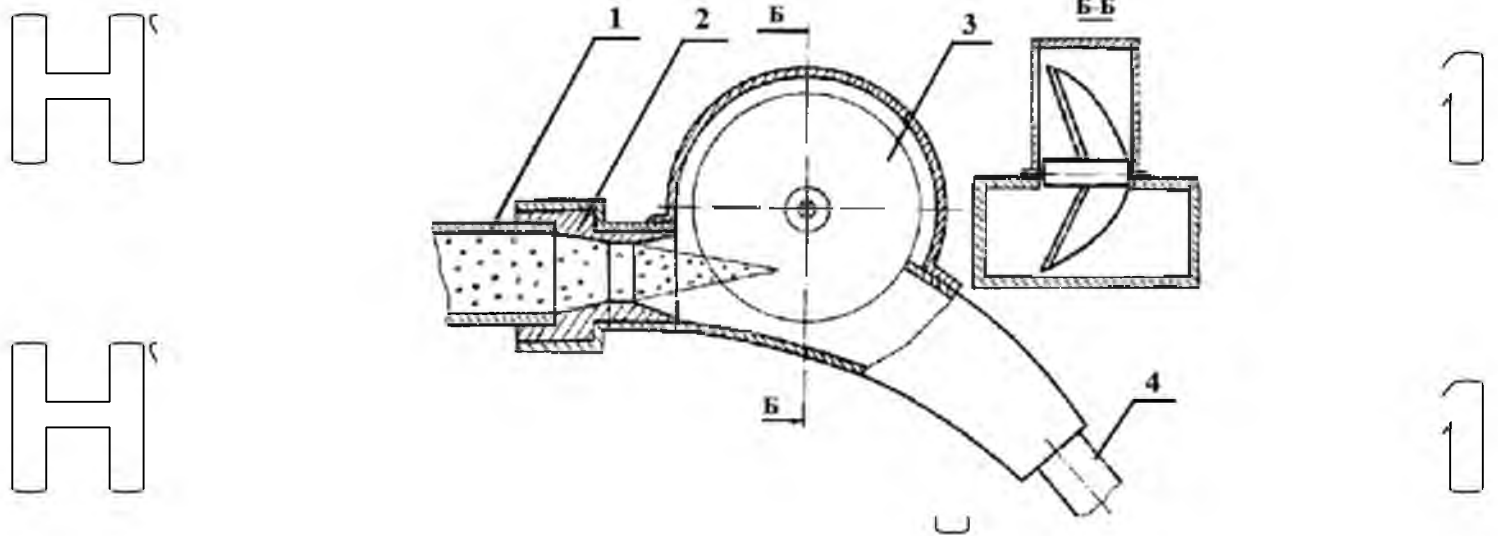


Рис. 1.27. Схема дистриб'ютора з робочим колесом:

1 – матеріалопровід; 2 – насадок; 3 – хвилеобразне колесо; 4 – насіннепровід

Найбільш поширеними у світовій практиці є вертикальні дистриб'ютори пасивної дії, розроблені німецькою компанією H. Weiste [96]. Їх головною перевагою є простота пристрою і надійність в експлуатації. Суть процесу розподілу полягає в тому, що насінневий матеріал у вертикальному каналі

НУБІП України

НУБІП України 58

знаходиться в псевдо зрідженому стані, що значно спрощує процес рівномірного розподілу.

насінний матеріал на вихідних трубах. Основним недоліком таких розподільчих міжрядь є залежність нерівномірного розподілу від нахилу вертикального каналу при роботі на схилах. Таким чином, нахил до 15° в будь-якому напрямку призводить до збільшення коефіцієнта варіації до 12%... 18% [71] проти 5% для сільськогосподарських потреб. Для підвищення рівномірності розподілу матеріалу в кришку таких розділювачів поміщаються різні конструктивні елементи [97].

З тією ж метою встановлюються додаткові робочі органи (вирівнювачі), які можна занурювати в турбулізуючий і центруючий (див. Рис. 1.27) [71]. Принцип роботи першого заснований на відбивній дії, при якій матеріал

хаотично змінюється в поперечному перерізі і більш рівномірно входить на розподіл верхом, підвищуючи однорідність розподілу в цілому (задані передумови визначаються в роботі [98]). В якості відбивних елементів використовуються конічні кільця, конуси, встановлені один за одним (рис. 1.28а), гофри на внутрішній поверхні вертикального трубопроводу (рис.

1.28б),

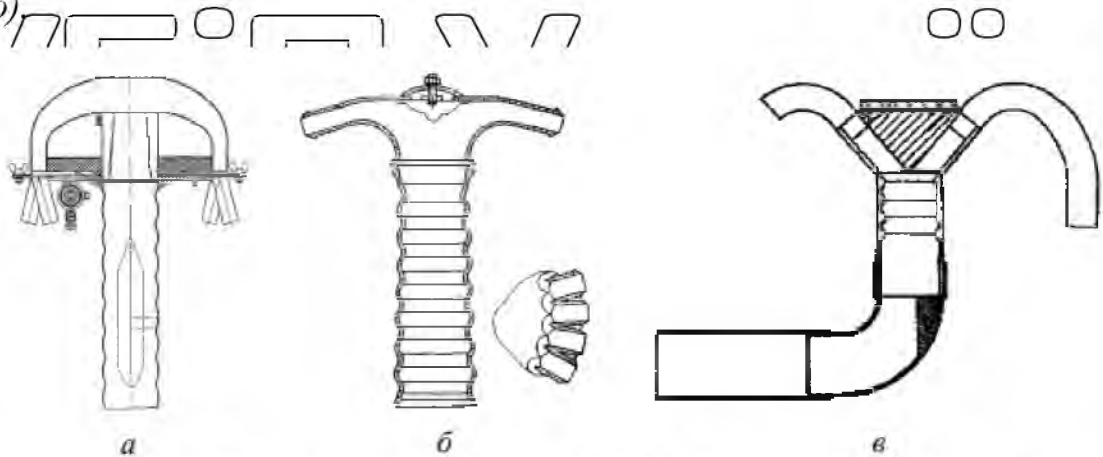


Рис. 1.28. Види пасивної дії вертикальних дистриб'юторів:

а – Амазон; б – Акорд; в – Лемкен

НУБІП України

НУБІП України 59

Принцип роботи другого заснований на підвищенні однорідності за рахунок точного напрямку потоку матеріало-повітряної суміші до конічного роздільника, встановленого в центрі кришки розподільної головки. Для цього всередину вертикального матеріалу-дроту поміщаються спеціальні елементи - централізатори. Серед них є сітчастий центратор (рис. 1.29а), трубчастий центратор з отворами типу «граппле» (рис. 1.29б), а також трубчастий центр з в ньому спіралі (рис. 1.29в)[71].



Рис. 1.29. Види насінневих центраторів

Однак використання тільки одного методу, який однаково підвищує розмірність розподілу посіяного матеріалу у розповсюджувачів даного типу, недостатньо, тому на практиці використовується комбінований метод. Таким чином, Alpazone (Німеччина) використовує гофрована бічна поверхня вертикального каналу з прямою потоку конічного матеріалу в поєднанні з великою радіусною світло відбиваючою сферичною поверхнею (див. малюнок 1.29а)[99]. Компанія Lemken (Німеччина) пропонує використовувати разом з гофрованою турбулізуючою поверхнею конусний розподільник, розташований в центрі розподільної головки (див. рис. 1.29с)[100]. Kverneland (Швеція) використовує сферичні відбивачі, розташовані на стінах вертикального каналу на сівалках Assord для цих цілей.

В останні роки набув широкого поширення горизонтальний дільник типу пасивної дії, використання якого дозволило вирішити проблему підвищення

НУБІП України

НУБІП України ⁶⁶

однорідності розподілу матеріалу при роботі на похилих землях. Такі дистриб'ютори встановлюються на вітчизняні сівалки С-6, Морріс (Канада) і

Сіріус-10 (Україна). Морріс (Канада) використовує горизонтальні насінневі розподільники (рис. 1.31) на своїх посівних машинах, виготовлених

у вигляді довгої плоскої розширювальної розетки, на внутрішній поверхні якої також є своєрідні турбулізатори.

Ввод матеріала



Рис. 1.30. Горизонтальний дистриб'ютор Морріса

Перед входом в розподільник також встановлюється гофрована ванна труба для стабілізації і вирівнювання матеріально-повітряного потоку по перетину матеріалу дроту на вході [101]. Довжина труби знаходиться на відстані близько одного метра. Аналогічні розподільники встановлюються на сівалці-культиваторі Сіріус-10 (Україна) [102].

У розроблених в Республіці Білій Русі пневматичних сівалок використовувалися горизонтальні розподільники структури Білоруської державної сільськогосподарської академії сільськогосподарських наук (рис. 1.32), принцип роботи яких заснований на відбитті насіння від сферичних

відбивачів на верхній частині його внутрішньої поверхні, що підвищує рівномірність розподілу насінневого матеріалу шляхом перерізу перед входом в насіннепроводи. Вперше дослідження розподілів горизонтального типу зі сферичними відбивачами по відношенню до зернових культур були проведені А. С. Сентюровим [103].

НУБІП України ⁶¹

Переваги дистриб'юторів даного типу такі: лобові впливи насінневого матеріалу з відбивною поверхнею зводяться до мінімуму, що значно знижує його травми і дроблення (особливо при посіві гороху і люпину, а також гранульованих мінеральних добрив); компактність; простота ротової порожнини і низька енергоємність [95]. Тому в подальшому передбачається, що використовувати їх можна при посіві разом з зерном і посівній (стартовій) дозі гранульованих мінеральних добрив.

У білоруському державному господарстві проводилися дослідження високо навантажувальним розподільником (рис. 1.33) [52], принцип роботи якого заснований на двоступеневому вирівнюванні, що дозволяє більш ефективно використовувати відбивну поверхню і підвищує рівномірність розподілу. Недоліками дистриб'юторів горизонтального типу є обмеження їх конструкції в кількості обслуговуваних сошників (не більше 12 - в агрегатах Morris).

Розподільники горизонтального типу вимагають поперечного перерізу вирівняного потоку матеріалоповітряної суміші на вході. Для цього, необхідно мати пряму горизонтальну секцію перед обмежувачем гонки, що дорівнює 8 ... 10 діаметрів матеріального трубопроводу [72], що становить 500... 600 мм і більше. В існуючих сівалки реалізація такої конструктивної пропозиції неможлива відповідно до вимог до планування. Представлений аналіз розподільників насінневого матеріалу пневматичних сівалок дозволяє зробити висновок, що з метою зниження енергоємності системи, а також спрощення конструкції сівалки найбільш доцільно використовувати горизонтальні розподільники потоку насіння в груповому дозуванні [104].

НУБІП України

НУБІП України ⁶⁷



Рис. 1.31. Горизонтальний розподільник високонавантаженого розподільника

Рис. 1.32. Схема конструкції Білоруської ДСГА

НУБІП України

Всі види пристроїв мають істотний недолік - для якості процесу необхідно рівномірно розподілити насінний матеріал по перетину матеріалу трубопроводу перед введенням його в розподільник [105].

У зв'язку з цим особливого значення має розробка структурно простого пристрою, що забезпечує вирівнювання насінної суміші матеріалу по перетину матеріалу трубопроводу і площі, що надає низький опір.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України ⁶³

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ЗЕРЕН В ПОДСОШНИКОВОМУ ПРОСТОРІ ПРИ УМОВІ ЇХ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОЇ ПОДАЧІ

2.1. Технологічна схема роботи пристрою для підґрунтового- розкидної сівби зернових культур

Якість сівби зернових культур, з точки зору рівномірності розподілу насіння по площі живлення і по глибині загортання залежить від рівномірності їх подачі висівним апаратом, від роботи сошничкової групи, а також від характеру руху насіння в системі «насіннепровід — пасивний розподільник насіння - сошник - ґрунт». При подачі насіння висівним апаратом в насіннепровід вони рухаються у напрямку до землі. При цьому можливо два варіанти їх руху. У першому випадку за рахунок багаторазового зіткнення насіння між собою і зі стінками насіннепровода або сошника, потік розбивається на певну кількість хаотично рухомих частинок. У другому випадку, насіння при виході з висівного апарату, починають рухатися сталому, безперервним потоком, який необхідно зберегти протягом усього шляху, до моменту зіткнення з поверхнею розподільника. Результати попередніх досліджень [11, 24, 59, 77, 78] показують, що безперервність потоку це один з основних факторів, що впливають на якість посіву. Огляд патентної та спеціальної літератури і проведені дослідження дають можливість визначити найбільш раціональний спосіб посіву зернових культур.

Сівалки типу СЗС поряд з перевагами мають ряд недоліків. Сівалки СЗС 6-12, при посіві, в центральній частині борозни мають найбільшу щільність насіння, а периферія залишається практично порожній. При обладнанні лапового сошника пасивним розподільником насіння та обґрунтування його параметрів [70] вдалося підвищити рівномірність заповнення насінням підлапового простору.

НУБІП України ⁶⁴

Проте дане рішення не дозволило рівномірно розподілити насіння по всій ширині підлапового простору.

Ще одним істотним недоліком сівалок типу СЗС, також інших сівалок - культиваторів, це те, що підвіска сошника не забезпечує рівне дно борозни.

В даній роботі, використовуючи результати попередніх досліджень, які дозволили досягти рівного дна борозни, допускаємо, що поверхня, по якій розподіляються насіння при посіві, є абсолютно плоскою [91, 55].

В цілях забезпечення виконання технологічного процесу посіву зернових розроблена конструктивно - технологічна схема висівної системи для підгрунтового розбросного посіву, яка забезпечує рівномірний розподіл насіння по площі живлення на задану глибину їх закладення [80].

Технологічний процес посіву насіння, пропонованим способом, включає

наступні пункти:

- грунт, підготовлена під посів, накочується;
- підводиться верхній сухий шар ґрунту;
- висів посівного матеріалу здійснюється рівномірно по всій площі живлення;
- розпушений шар ґрунту скидається в борозну;

- ґрунт накочується за всієї засіяної площі. Конструктивно-технологічна схема висівної системи для підгрунтового розкидного посіву зернових культур представлена на рис. 2.1.

Висівна система для розкидного підгрунтового розподілу насіння зернових культур містить джерело надлишкового тиску повітря (вентилятор) 1, висівний апарат 2, стрілочасті лапу 3, в підлаповому просторі встановлений пасивний розподільник 4, важкий коток 5.

НУБІП України

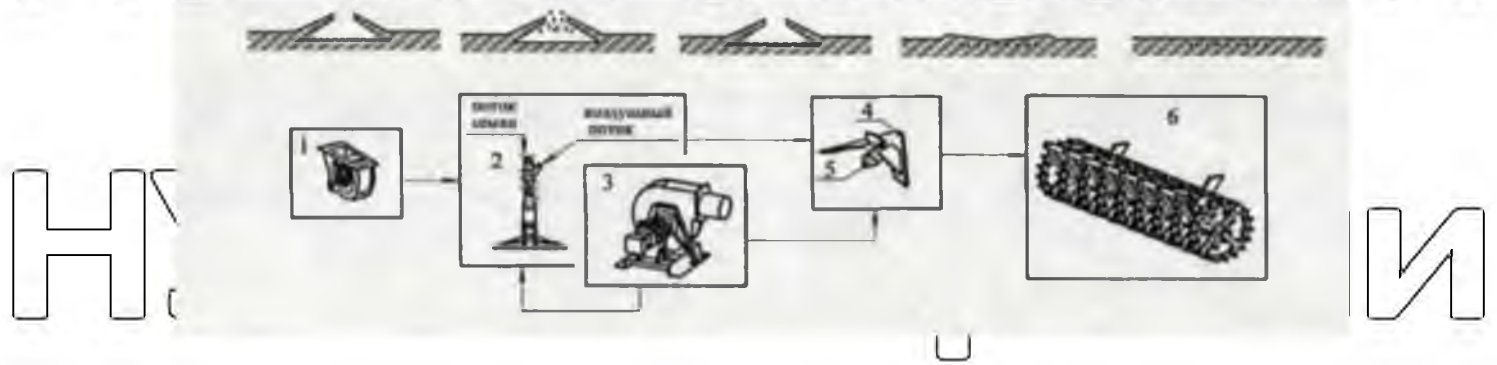


Рис 2.1. Конструктивно-технологічна схема висівної системи для підґрунтового розкидного посіву зернових культур з використанням пневмомеханічної подачі зерна

Ця система працює наступним чином. Насіння з бункера, з допомогою котушково-висівного апарату 2 надходять в насіннєпровід 3, і проходять деяку відстань у вільному падінні. Потім насіння потрапляють в повітряний потік і набувають додаткове прискорення. Повітряний потік, що йде від вентилятора 1, збільшує кінетичну енергію закінчення насіння в насіннєпроводі, під час руху посівної машини.

Потім насіння падають на розподільник 4 за рахунок руху в повітряному потоці, в момент удару об поверхні розподільника мають достатню швидкість, щоб досягти будь-якої точки поверхні ґрунту під стрілкою лапою, і розсередитися рівномірно по всій її ширині. Після проходження стрілкою лапи, підведений шар ґрунту засіває насіння на задану глибину. Ідуть слідом катки 5, наковчують поверхню поля. Випробування показали, що застосування запропонованого технічного рішення дозволяє здійснювати посів зернових культур на сухому ґрунті у вологий її шар з якісною закладенням на необхідну глибину 4...6 см і на всю ширину захвату стрілкою лапи. Це сприяє підвищенню врожайності за рахунок рівномірного проростання насіння і появи дружних сходів.

Якість виконання всіх згаданих операцій даної системи залежить від правильності визначення її параметрів та вибору режимів її роботи.

НУБІП України ⁶⁶

Один з елементів висівної системи такий, як стрілчаста лапа, вибираємо,

виходячи з рекомендацій попередніх дослідників і конструктивних міркувань

[56]. Так, для запобігання обволікання лапи рослинні залишки повинні

переміщатися по крилу лапи до периферії і кидатися з неї. Найменше накопичення рослинних залишків на крилах лапи, досягається при кутах установки леза до напрямку руху рівних $30...35^\circ$, а оптимальним кутом розчину

лапи 2γ є кут в $60...65$ [101]. У нашому випадку вибираємо стрільчасту лапу з

кутом $\beta = 28$ з кутом розчину $2\gamma = 65$. Висоту підсошникового простору у відповідності з рекомендаціями приймаємо $h = 45$ мм [99].

На підставі рекомендацій Ф.Е. Грищенко розподільник насіння встановлюється під лапою так, щоб нижня частина його була піднята під

опорною поверхнею лапи на висоту $15...20$ мм для запобігання забивання

підсошникового простору. Стрільчаста лапа являє собою рівнобедрений

трикутник, вісь симетрії якого лежить в поздовжній площині. Ширина лапи по зовнішніх кромках становить 280 мм.

Максимальна ширина смуги засівають, на якій теоретично можуть бути розподілені насіння, може бути знайдена за формулою (2.1) згідно зі схемою зображеною на рис 2.2:

$$B = B_0 - \frac{2B_0}{\operatorname{tg}\beta} \quad (2.1)$$

де B_0 - конструктивна ширина захвату лапи, мм;

b - товщина зернівки, мм;

β - кут постановки леза на дно борозни, град.

НУБІП України ⁶⁷

НУБІП України

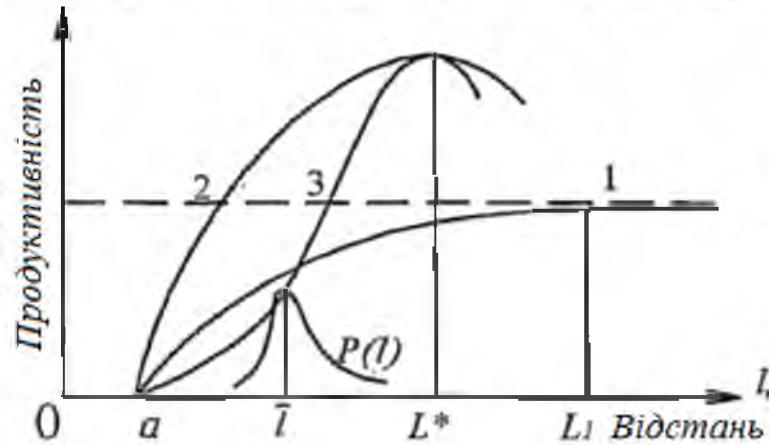


Рис. 2.2 Схеми визначення максимальної ширини стрічки, яку засівають

На підставі вищевикладеного приймаємо такі параметри для проектування пневмомеханічної висівної системи:

1. Ширина захвату лапи $B = 280$ мм;

2. Кут постановки леза стрілкової лапи до дна борозни $\beta = 28^\circ$;

3. Кут різчину лапи $2\gamma = 65^\circ$;

4. Ширина підсошникового простору, на якій теоретично можливо розподілити

насіння при $\beta = 28^\circ$ $B^* = 274$ мм;

5. Висота підсошникового простору $h = 45$ мм;

6. Висота установки розподільника від поверхні ґрунту $H = 15 \dots 20$ мм;

7. Маса зернівки $m_3 = 0,04$ м;

8. Діаметр зернівки $d_3 = 3,98$ мм;

9. Діаметр внутрішнього перерізу насіннепровода $d_c = 32$ мм

10. Кут нахилу стійки - насіннепровода до вертикалі перед підсошниковим простором $\varphi = 12^\circ$.

11. Матеріал насіннепровода - поліетилен;

12. Матеріал розподільника-сталь.

НУБІП України

НУБІП України ⁶⁸

Складність визначення раціональних параметрів пневмомеханічної висівної системи сівалки для підґрунтового-розкидного посіву полягає у великій кількості факторів, що впливають на рух насіння під дією повітряного потоку.

Метою даних досліджень є розробка та обґрунтування конструктивних параметрів висівної системи для насіння зернових культур, основним елементом якої, є пневматична подача посівного матеріалу при виконанні підґрунтового-розкидного посіву.

Кінцевою метою було поставлено, досягти рівномірного розосередження насіння по площі живлення і отримати дружні сходи, що дозволить рослинам ефективніше використовувати вологу і поживні речовини ґрунту і як слідство цього знизить забур'яненість посівів, забезпечивши більш високі врожаї.

На основі агротехнічних вимог, визначено загальний підхід до обґрунтування параметрів пневматичної подачі посівного матеріалу в сошник.

На початковому етапі моделювання процесу розподілу насіння приймаємо наступні теоретичні допущення:

1. Зерна насіння мають середні розміри: довжина $d_x=7$ мм, ширина $d_y=4,5$ мм, товщина $d_z= 3,98$ мм і масу $m = 0,04$ г.

2. Зерна, викидаються в зернопровід спочатку рухаються під дією сили тяжіння, а потім в нагнітати повітряному потоці. Тобто двома можливими способами:

а) зерно рухається в повітряному середовищі під дією сили тяжіння, періодично відчуваючи зіткнення зі стінками зернопровода, розподільника і склепіння стрільчастої лапи.

б) зерно рухається в нагнітати повітряному потоці, періодично відчуваючи зіткнення з іншими зернами.

3. Рухаючись зазначеними способами, зерно досягає в деякий момент часу нижньої кромки зернопровода і «влітає» в підсошниковий простір.

НУБІП України

НУБІП України ⁶⁹

4. Далі зерно рухається в повітряному середовищі під впливом повітряного потоку і сили тяжіння.

5. На своєму подальшому шляху зерно може безперешкодно досягти ґрунтового ложа, або попередньо випробувати ряд зіткнень з поверхнею розподільника і внутрішньою поверхнею стрільчастої лапи.

2.2. Теоретичне дослідження руху зерна в системі: «насіннепровід – розподільник зерен – сошник – ґрунт» за умови пневмомеханічної подачі.

У моделі руху групи зерен враховані наступні варіювані величини: швидкість повітряного потоку в насіннепровід; форма і розміри розподільника, діаметр повітряної трубки і її місце розташування. Розрахунок руху зерен проводиться з урахуванням зіткнень. Розглядаючи рух зерна до зіткнення із землею можна виділити чотири ділянки (рис. 2.2):

I. Вільний рух зерна в насіннепроводі.

II. Рух зерна в зоні повітряного потоку.

III. Рух зерна в підлаповому просторі

IV. Розподіл зерна по ґрунтовому ложу.

Розглянемо більш докладно кожну з ділянок.

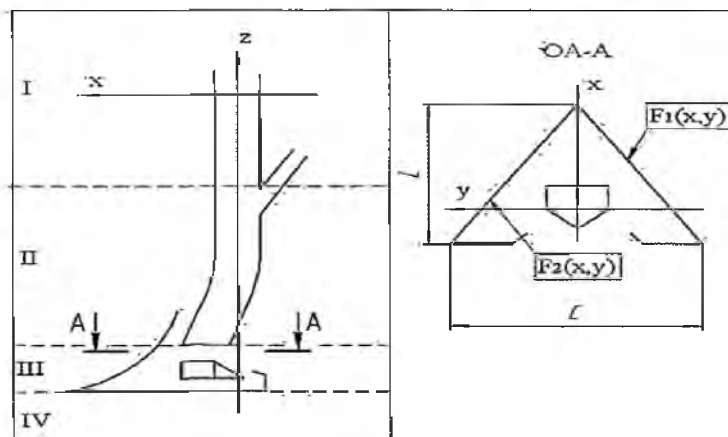


Рис. 2.3. Схема лапового сошника з насіннепроводом

НУБІП України

2.3. Вільний рух зерна в насіннєпроводі

Під час руху зерна в насіннєпроводі кожна насінина, у вільному падінні рухається під дією сили тяжіння і сили опору повітря (рис 2.2). При вільному падінні рух насіння відбувається без початкової швидкості.

Позначимо:

h_y - це відстань, яку проходить зерно щодо осі O_y ,

а V_y - проекція швидкості на вісь.

Розглянемо прямолінійний вертикальну ділянку насіннєпровода.

Тому, приймаємо: $V_y = \dot{y} = V, h_y = y$.

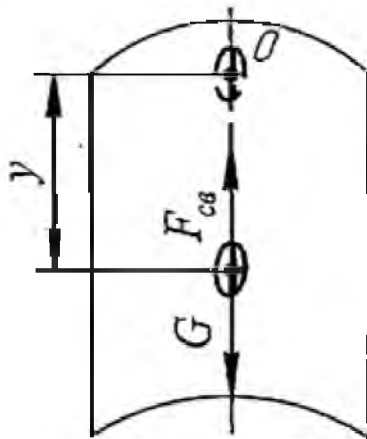


Рис. 2.4. Схема руху зерна в прямолінійній ділянці насіннєпровода

У початковий момент часу зерно має наступні координати $x = x_0, y = y_0, z = z_0$, а початкові умови будуть мати вигляд: $t = 0, \dot{y} = V_0 = 0$.

При русі зерна в повітряному середовищі, виникає опір повітря, сила якого $F_{св}$ пропорційна швидкості руху зернівки.

Тому $F_{св}$ можна уявити вигляді:

$$F_{св} = \alpha \cdot V \quad (2.2)$$

де α - коефіцієнт опору.

Силу опору повітря, що припадає на одиницю маси можна позначити як:

НУБІП України

$$k = \frac{\alpha}{m} \cdot c^{-1} \quad (2.3)$$

де m - маса одиничного насіння.

З урахуванням формул (2.2) і (2.3), диференціальне рівняння рух зернівки під дією сили тяжіння G і сили опору повітря F_{ce} , матиме вигляд:

$$m\ddot{y} = G - F_{ce} = mg - mkV; \quad \ddot{y} = g - kV \quad (2.4)$$

Перейдемо від змінної y до змінної $V = \dot{y}$, і одночасно знизимо порядок рівняння

$$\dot{y} = \frac{dV}{dt}; \quad \frac{dV}{dt} = g - kV \quad (2.5)$$

Для зручності введемо нову змінну $u = g - kV$, і отримуємо:

$$du = -k dV \text{ і } dV = -du/k.$$

Замінивши змінну в рівнянні (2.5) маємо:

$$\frac{du}{u} = -k \cdot dt$$

Після інтегрування даного рівняння, знаходимо:

$$\ln u = -kt + C_1$$

або

$$\ln(g - kV) = -kt + C_1$$

Знаходимо змінну C_1 підставивши в рівняння початкова умова

$$t = 0, \quad \dot{y} = V_0$$

$$\ln g = C_1$$

При відомому значенні C_1 маємо: $\ln(g - kV) = kt + \ln g \rightarrow \ln((g - kV)/g) = -kt$.

Потенціюючи цей вислів отримуємо:

НУБІП України ⁷⁷

$$(g - kV)/g = e^{-kt} \text{ або } 1 - (k/g) \cdot V = e^{-kt}$$

З цього виразу знаходимо рівняння для визначення швидкості зерна в залежності від часу t вільного польоту, в повітряному середовищі:

$$V = (g/k) \cdot (1 - e^{-kt}) \quad (2.6)$$

Після закінчення певного проміжку часу швидкість падіння зерна зростає, прагнучи до граничної швидкості, при цьому: $e^{-kt} \rightarrow 0$ і $V \rightarrow g/k$.

Після досягнення насінням граничної швидкості V_{np} де:

$$V_{np} = g/k, \quad (2.7)$$

сила опору повітря зростає і стає рівною вазі насіння

$$F_{ср} = mkV_{np} = mk(g/k) = G. \quad (2.8)$$

Уявімо рівняння (2.6) у вигляді $dy = (g/k) \cdot (1 - e^{-kt}) dt$, і після

інтегрування, отримуємо:

$$y = (g/k)t + (g/k^2) e^{-kt} + C_2$$

Підставляючи в дане рівняння умови: $t = 0$; $y = 0$, знаходимо значення змінної

C_2 :

$$g/k^2 + C_2 = 0 \Rightarrow C_2 = -g/k^2$$

При відомому значенні змінних інтегрування отримуємо рівняння руху насіння, з урахуванням сили опору повітря, що залежить від швидкості руху:

$$y = \frac{g}{k} t - \frac{g}{k^2} (1 - e^{-kt}) \quad (2.9)$$

Зерно рухається вертикально, вниз без зіткнень, лише на обмежених ділянках, так як насіннепровід має вигини. Тому зерно, рухаючись самопливом,

відчуває зіткнення з внутрішньою поверхнею насіннепровода. В результаті чого

відбувається відхилення траєкторії руху насіння від прямолінійного, тому

необхідно дати характеристику удару

НУБІП України

НУБІП України ⁷⁷

При ударі зерна об поверхню насіннепровода, виконується робота викликає деформацію зерна. І робота з подолання сили тертя.

По теоремі про зміну кількості руху зерна маємо:

$$m\vec{u} - m\vec{v} = \int_0^{\tau} P_{yA} dt + \int_0^{\tau} \vec{F}_{cb} dt \quad (2.10)$$

де m – маса зерна;

$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z) / \vec{u} = (u_x, u_y, u_z) - \text{відповідно швидкість зерна до удару і після удару;}$$

P_{yA} – сила удару зерна об поверхню насіннепровода;

F_{cb} – сила опору повітря.

Так як час удару τ мало, то імпульс сили тертя дуже малий у порівнянні з імпульсом сили удару, тому формула (2.10) набуває вигляду:

$$m\vec{u} - m\vec{v} = \vec{S}_{yA} \quad (2.11)$$

де $\vec{S}_{yA} = \int_0^{\tau} \vec{P}_{yA} dt$ – імпульс, набутий після удару.

Згідно формули (2.11) швидкість зерна після зіткнення дорівнює:

$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{S}_{yA}/m \quad (2.12)$$

Вважаючи, що зміна швидкості при ударі відбувається миттєво і, використовуючи формулу (2.12) отримуємо:

НУБІП України

НУБІП України

$$\bar{u} - \bar{v} = \frac{\Delta \bar{r}}{\tau} = \frac{1}{m} \bar{S}_{уд} \quad (2.13)$$

НУБІП України

де $\Delta \bar{r} \Delta \bar{r}^*$ - приріст радіус-вектора одиничного насіння за час τ , яке знаходимо за наступним виразом:

$$\Delta \bar{r} = \frac{1}{m} \cdot \bar{S}_{уд} \cdot \tau \quad (2.14)$$

НУБІП України

Векторному рівнянню (2.11) відповідає три рівняння, в проєкціях на осі координат.

$$\begin{cases} m u_x - m v_x = S_x \\ m u_y - m v_y = S_y \\ m u_z - m v_z = S_z \end{cases} \quad (2.15)$$

НУБІП України

або

$$S_x = \int_0^{\tau} F_x dt, \quad S_y = \int_0^{\tau} F_y dt, \quad S_z = \int_0^{\tau} F_z dt$$

де S_x, S_y, S_z - проєкції імпульсу ударної сили на осі координат. При зіткненні зерна з поверхнею насіннепровода, вектор швидкості зерна має великий кут з нормаллю до поверхні насіннепровода, тому коефіцієнт відновлення швидкості, при ударі, має значення близьке до одиниці, отже, насіння швидко відновить свою швидкість, яку мало до удару. Так як насіннепровід має вигини, то існує ймовірність, що зерно після удару не відскочить, а почне скочуватися або ковзати по поверхні (рис. 2.3):

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

НУБ аїни

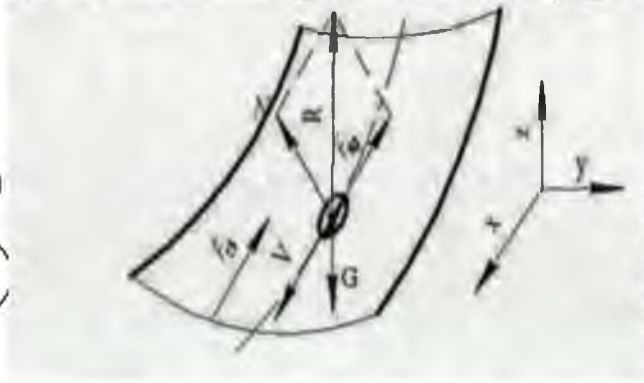


Рис. 2.5. Схема переміщення зерна по похилій поверхні насіннєпроводу

Таким чином, внутрішня поверхня насіннєпроводу є поверхнею зв'язку, відповідно координати центру ваги зернівки повинні задовольняти рівнянню цієї поверхні, ті є рівняння зв'язку:

$$F(x, y, z) = 0 \quad (2.16)$$

де x, y, z - координати центру ваги зерна, які задовольняють умовам поверхні.

Так як поверхня по якій рухається зерно не є гладкою, то реакція зв'язку R має дві складові: нормальну N , і тангенціальну, тобто силу тертя $F_{тр}$, яка спрямована протилежно швидкості зерна.

Зерно на даному етапі свого шляху відчуває дію наступних сил:

- сила тяжіння $G(0, 0, -mg)$;

- сила інерції, так як зерно набуло деяку швидкість, до зіткнення з поверхнею

насіннєпроводу: $\vec{F}_u = m(\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}) = m(\dot{V}_x, \dot{V}_y, \dot{V}_z)$

нормальна складова сили реакції: $\vec{N} = (N_x, N_y, N_z)$;

сила тертя: $\vec{F}_{тр} = -N\vec{V} / (|\vec{V}_x|, |\vec{V}_y|, |\vec{V}_z|)$;

- сила опору повітря: $\vec{F}_{св} = -km / (|\vec{V}_x|, |\vec{V}_y|, |\vec{V}_z|)$.

Основне рівняння динаміки для невільно рухається зерна, матиме вигляд:

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

$$m(\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}) = G + N - F_{\text{тр}} - F_{\text{св}} \quad (2.17)$$

Диференціальне рівняння руху зерна відповідне рівняння (2.17) можна представити у вигляді:

НУБІП України

$$m\ddot{x} = X + M_x - P_{\text{тр}x} - P_{\text{св}x}$$

$$m\ddot{y} = Y + M_y - P_{\text{тр}y} - P_{\text{св}y} \quad (2.18)$$

НУБІП України

$$m\ddot{z} = Z + M_z - P_{\text{тр}z} - P_{\text{св}z}$$

Знайдемо значення проекцій, нормальної складової, сили реакції N і сили тертя

$F_{\text{тр}}$.

НУБІП України

Косинуси кутів, утворених напрямком N , можна визначити як напрямні косинуси:

НУБІП України

$$\cos(\vec{N}, \vec{ox}) = \frac{\partial F / \partial x}{\Delta F}; \quad \cos(\vec{N}, \vec{oy}) = \frac{\partial F / \partial y}{\Delta F}; \quad \cos(\vec{N}, \vec{oz}) = \frac{\partial F / \partial z}{\Delta F}$$

де ΔF знаходимо як: $\Delta F = \sqrt{(\partial F / \partial x)^2 + (\partial F / \partial y)^2 + (\partial F / \partial z)^2}$

Таким чином, проекції нормальної реакції на осі координат будуть мати вигляд:

НУБІП України

$$N_x = \frac{N}{\Delta F} \cdot \frac{\partial F}{\partial x}; \quad N_y = \frac{N}{\Delta F} \cdot \frac{\partial F}{\partial y}; \quad N_z = \frac{N}{\Delta F} \cdot \frac{\partial F}{\partial z}$$

По аналогії знаходимо проекції сил тертя на осі координат. Виходячи з цього, використовуючи множник Лагранжа $N/\Delta F = \lambda$, що характеризує силу реакції поверхні, спрямовану вздовж нормалі до поверхні, отримуємо диференціальне рівняння руху насіння, при ковзанні в наступному вигляді:

НУБІП України

НУБІП України

$$\text{Н} \begin{cases} \dot{x} = V_x, \dot{y} = V_y, \dot{z} = V_z, \\ m\dot{V}_x = x + \lambda \frac{\partial F}{\partial x} - f \cdot \lambda \frac{V_x}{|V|} - km \frac{V_x}{|V|}, \\ m\dot{V}_y = y + \lambda \frac{\partial F}{\partial y} - f \cdot \lambda \frac{V_y}{|V|} - km \frac{V_y}{|V|}, \\ m\dot{V}_z = z + \lambda \frac{\partial F}{\partial z} - f \cdot \lambda \frac{V_z}{|V|} - km \frac{V_z}{|V|} - mg. \end{cases} \text{країни} \quad (2.19)$$

де f - коефіцієнт тертя;

m - маса зерна;

G - сила тяжіння.

Підставляючи в систему рівнянь (2.19) початкові умови з урахуванням рівняння

зв'язку (2.16) отримаємо розрахункову схему для i -тєї ділянки.

НУБІП України

$$\text{НУ} \begin{cases} m \frac{V_x^{i+1} - V_x^i}{\Delta t} = \lambda^i \frac{\partial F^i}{\partial x} - f \cdot \lambda^i \frac{V_x^i}{|V^i|} - km \frac{V_x^i}{|V^i|}, \\ m \frac{V_y^{i+1} - V_y^i}{\Delta t} = \lambda^i \frac{\partial F^i}{\partial y} - f \cdot \lambda^i \frac{V_y^i}{|V^i|} - km \frac{V_y^i}{|V^i|}, \\ m \frac{V_z^{i+1} - V_z^i}{\Delta t} = \lambda^i \frac{\partial F^i}{\partial z} - f \cdot \lambda^i \frac{V_z^i}{|V^i|} - km \frac{V_z^i}{|V^i|} - mg. \end{cases} \text{раїни} \quad (2.20)$$

де λ^i - множник Лагранжа, що характеризує силу реакції поверхні, спрямовану уздовж нормалі на i -тій ділянці.

НУБІП України

$$\frac{\partial F^i}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial x}(x^i, y^i, z^i); \quad \frac{\partial F^i}{\partial y} = \frac{\partial F}{\partial y}(x^i, y^i, z^i); \quad \frac{\partial F^i}{\partial z} = \frac{\partial F}{\partial z}(x^i, y^i, z^i)$$

НУБІП України

НУБІП України

-складові елементи нормалі до поверхні в точці з координатами (x^i, y^i, z^i)

$$(x^i, y^i, z^i)$$

НУБІП України

$$|V^i| = \sqrt{(V_x^i)^2 + (V_y^i)^2 + (V_z^i)^2}$$

(x^i, y^i, z^i)

- модуль вектора швидкості вектора в точці

НУБІП України

Систему рівнянь (2.20) можна також представити у вигляді: елементи вектора нормалі до поверхні в точці з координатами $F(x, y, z)$.

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i + \Delta t \cdot V_x^i \\ y_{i+1} = y_i + \Delta t \cdot V_y^i \\ z_{i+1} = z_i + \Delta t \cdot V_z^i \end{cases} \quad (2.21)$$

НУБІП України

Так як рівняння зв'язку $\Gamma(x, y, z)$ задано умовою обмеження:

$$\frac{(X - m)^2}{n^2} + \frac{Y^2}{r^2} = 1 \quad (2.22)$$

НУБІП України

де r - внутрішній радіус насіннепроводу;

$$m = R_s + r_s - \sqrt{(R_s + r_s)^2 - z^2}$$

n - піввісь OZ еліпса, який утворюється при перетині зігнутої частини насіннепроводу площиною,

НУБІП України

горизонтальної

$$n = \sqrt{(R_s + 2r_s)^2 - z^2} - \sqrt{(R_s + r_s)^2 - z^2}$$

R_s - зовнішній радіус вигину насіннепроводу;

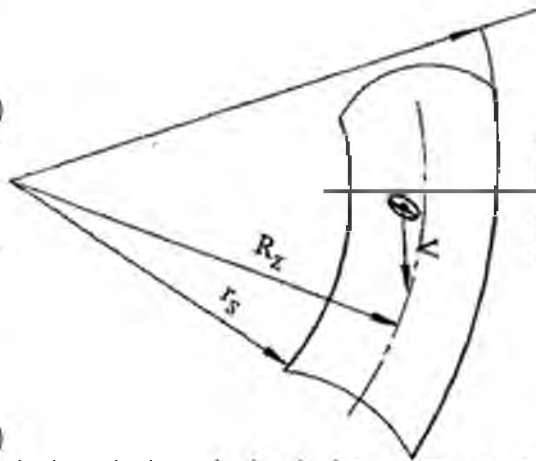
r_s - внутрішній радіус вигину насіннепроводу.

Величину n можна виразити як:

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ 79

НУБІП УКРАЇНИ



НУБІП УКРАЇНИ

Рис. 2.6. Схема руху зерівки у вигнутій частині насіннепровода

НУБІП УКРАЇНИ

Враховуючи що:

$$F(x_i, y_i, z_i) = \frac{(x_i - m_i)^2}{n_i^2} + \frac{y_i^2}{r^2} - 1$$

$$m_i = R_s + r_s - \sqrt{(R_s - r_s)^2 - z_i^2}$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$n_i = \sqrt{(R_s + 2r_s)^2 - z_i^2} - \sqrt{(R_s + r_s)^2 - z_i^2}$$

маємо:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\frac{\partial F^i}{\partial x} = \frac{2(x_i - m_i)}{n_i^2}, \quad \frac{\partial F^i}{\partial y} = \frac{2y_i}{r^2}$$

помноживши систему рівнянь (2.20) на $\frac{\partial F^i}{\partial x} \frac{\partial F^i}{\partial x}$, $\frac{\partial F^i}{\partial y} \frac{\partial F^i}{\partial y}$, $\frac{\partial F^i}{\partial z} \frac{\partial F^i}{\partial z}$, після того

НУБІП УКРАЇНИ

підсумувавши результати і враховуючи що $F(x, y, z) = 0$, отримуємо:

$$\frac{\partial F^i}{\partial x} \left(m \frac{V_x^{i+1}}{\Delta t} \right) + \frac{\partial F^i}{\partial y} \left(m \frac{V_y^{i+1}}{\Delta t} \right) + \frac{\partial F^i}{\partial z} \left(m \frac{V_z^{i+1}}{\Delta t} \right) + \frac{\partial F^i}{\partial z} mg$$

$$= \lambda^i \left(\left(\frac{\partial F^i}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial F^i}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial F^i}{\partial z} \right)^2 \right)$$

2.4. Рух зерна в зоні повітряного потоку.

При розгляді руші зерна, в умови повітряного потоку закон руху описується наступною системою звичайних диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{x}_t = V_x; & \dot{y}_t = V_y; & \dot{z}_t = V_z \\ m\dot{V}_x = \delta_x V_x, & m\dot{V}_y = \delta_y V_y, & m\dot{V}_z = \delta_z V_z \end{cases} \quad (2.24)$$

де m – маса зернівки, кг;

V_x, V_y, V_z - проекції швидкостей зернівки на осі координат, м/с;

$\delta_x, \delta_y, \delta_z$ - коефіцієнти, що враховують зміни напрямку

повітряного потоку (початкові їх значення $\delta_x = \delta_y = \delta_z = 1$);

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Систему (2.24) доповнимо такими початковими рівняннями:

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0, \quad z(0) = z_0 \quad (2.25)$$

$$V_x(0) = V_{px}, \quad V_y(0) = V_{py}, \quad V_z(0) = V_{pz}$$

де $V_p = (V_{px}, V_{py}, V_{pz})$ - проекції швидкості зернівки рухається в насіннепровід під дією повітряного потоку.

Так як при ударі зерна про різні поверхні відбувається зміни його траєкторії руху в повітряному потоці і при цьому виконується робота по

деформації зерна і робота з подолання сили тертя необхідно дати характеристику удару.

НУБІП України ⁸¹

Не вдаючись в детальний опис процесу удару на даній ділянці, можна прийняти наступну спрощену модель удару.

$$\vec{V} = \vec{V}_n + \vec{V}_\tau, \quad \vec{V}' = \vec{V}'_n + \vec{V}'_\tau, \quad \vec{V}'_n = (\vec{V}, \vec{n}) \cdot \vec{n}, \quad \vec{V}'_\tau = \vec{V}_\tau - (\vec{V}, \vec{n}) \cdot \vec{n} \quad (2.26)$$

Тоді,

$$\vec{V}' = -k(\vec{V}, \vec{n}) \cdot \vec{n} + f(\vec{V}_\tau - (\vec{V}, \vec{n}) \cdot \vec{n}) \quad (2.27)$$

де $\vec{V} = (V_x, V_y, V_z)$ - швидкість зернівки на початку удару;
 $\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$ - вектор нормалі до поверхні в точці удару;

$$(\vec{V}, \vec{n}) = V_x \cdot n_x + V_y \cdot n_y + V_z \cdot n_z - \text{скалярний твір,}$$

k - коефіцієнт відновлення, $0 < k < 1$;

f - коефіцієнт тертя, $0 < f < 1$

Після удару зерно рухається під дією сили тяжіння і повітряного потоку, його швидкісні характеристики відновлюються.

Замінімо систему диференціальних рівнянь (2.24) з початковими умовами

(2.25) на схему різнистою першого порядку точності:

$$\Delta x = V' \cdot \Delta t, \quad \Delta y = K \cdot \Delta t, \quad \Delta z = V' \cdot \Delta t$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України ⁸⁷

$$\begin{cases}
 \Delta x = V_x^i \cdot \Delta t, \quad \Delta y = V_y^i \cdot \Delta t, \quad \Delta z = V_z^i \cdot \Delta t \\
 m \cdot (V_x^{i+1} - V_x^i) = \delta_x V_x^i, \\
 m \cdot (V_y^{i+1} - V_y^i) = \delta_y V_y^i, \\
 m \cdot (V_z^{i+1} - V_z^i) = -\delta_z V_z^i - mg
 \end{cases}$$

(2.28)

$$\begin{cases}
 \Delta x = V_x^i \cdot \Delta t, \quad \Delta y = V_y^i \cdot \Delta t, \quad \Delta z = V_z^i \cdot \Delta t \\
 V_x^{i+1} = \left(1 - \frac{\delta_x \cdot \Delta t}{m}\right) \cdot V_x^i, \\
 V_y^{i+1} = \left(1 - \frac{\delta_y \cdot \Delta t}{m}\right) \cdot V_y^i, \\
 V_z^{i+1} = \left(1 - \frac{\delta_z \cdot \Delta t}{m}\right) \cdot V_z^i - mg.
 \end{cases}$$

(2.29)

Координати зерна визначаються за схемою:

$$\begin{cases}
 Q_x^{i+1} = Q_x^i + \Delta t \cdot V_{Px}^{i+1} \\
 Q_y^{i+1} = Q_y^i + \Delta t \cdot V_{Py}^{i+1} \\
 Q_z^{i+1} = Q_z^i + \Delta t \cdot V_{Pz}^{i+1}
 \end{cases}$$

(2.30)

$$Q_x^0 = x^0, \quad Q_y^0 = y^0, \quad Q_z^0 = z^0, \quad V_x^0 = V^0, \quad V_y^0 = V^0, \quad V_z^0 = V^0$$

(2.31)

При переміщенні зерна всередині зерно-проводу може виникнути розливні випадки його руху. Певрхня, по якій рухається зерно масою m , як було описано вище, можна охарактеризувати умовою: $F(x,y,z) = 0$

На рухому зернівку, на даній ділянці, діють наступні сили:

- сила тяжіння $-G = (0, 0, -mg)$.

НУБІП України

НУБІП України 87

- сила інерції $\vec{F}_i = m(\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})$

- сила реакції $\vec{F}_r = (R_x, R_y, R_z) = R \left(\frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial F}{\partial y}, \frac{\partial F}{\partial z} \right)$

НУБІП України

- сила тертя $\vec{F}_{тр} = -R\vec{V} / (\vec{V}_x, \vec{V}_y, \vec{V}_z)$

- сила повітряного потоку в насіннепроводі $\vec{F}_p = m \cdot \vec{V}_p$

де $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$ - координати зерна, яке рухається;

НУБІП України

$V(t) = (\dot{x}(t), \dot{y}(t), \dot{z}(t))$ - швидкість зерна.

Диференціальні рівняння руху зерна по внутрішній поверхні насіннепровода можна представити в наступному вигляді:

$$\begin{cases} \dot{x} = V_x, & \dot{y} = V_y, & \dot{z} = V_z, \\ m\dot{V}_x = R \frac{\partial F}{\partial x} - k \cdot R \frac{V_x}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}, \\ m\dot{V}_y = R \frac{\partial F}{\partial y} - k \cdot R \frac{V_y}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}, \\ m\dot{V}_z = R \frac{\partial F}{\partial z} - k \cdot R \frac{V_z}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}} - mg, \end{cases} \quad (2.32)$$

НУБІП України

У зоні повітряного потоку рух зерен, як і на ділянці вільного закінчення, обмежується його склепіннями. Насіннепровод також має круглий перетин з радіусом перерізу $r = 32$ мм. Однак при підльоті зерен до підсошниковому простору, зерна потрапляють в похилу частину насіннепровода, і тому система

НУБІП України

обмежень буде мати вигляд $(X - dx)^2 + Y^2 = r^2$, де $dx = h \cdot \text{tga}$ (рис. 2.5).

Швидкість руху зерен збігається зі швидкістю повітряного потоку. Так як насіннепровод на більшій частині шляху має нахил, то поверхня

$F(x, y, z) = 0$ можна задати рівнянням:

$$F(x, y, z) = (X - dx)^2 + Y^2 - r^2 \quad (2.33)$$

НУБІП України

НУБІГ України

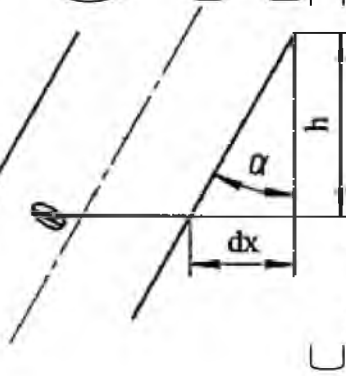


Рис. 2.7. Схема руху зерна в насіннепроводі під нахилом

Початкові умови визначимо наступним чином:

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0, \quad z(0) = z_0$$

$$V_x(0) = V_p, \quad V_y(0) = V_p, \quad V_z(0) = V_p \quad (2.34)$$

Систему рівнянь (2.32) з початковими умовами (2.34) і рівнянням зв'язку (2.33) замінимо різностій схемою:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{V_x^{i+1} - V_x^i}{\Delta t} &= R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial x} - k \cdot R^i \cdot \frac{V_x^i}{|\vec{V}^i|} + mV_{p_x}, \\ m \frac{V_y^{i+1} - V_y^i}{\Delta t} &= R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial y} - k \cdot R^i \cdot \frac{V_y^i}{|\vec{V}^i|} + mV_{p_y}, \\ m \frac{V_z^{i+1} - V_z^i}{\Delta t} &= R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial z} - k \cdot R^i \cdot \frac{V_z^i}{|\vec{V}^i|} - mg + mV_{p_z} \end{aligned} \right\} \quad (2.35)$$

де k - коефіцієнт тертя кочення;

m - маса зерна;

R^i - величина, що характеризує силу реакції поверхні, спрямовану вздовж нормалі;

g - прискорення вільного падіння = 9,8 м / с;

НУБІП України

НУБІП України ⁸⁵

$$\frac{\partial F^i}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial x}(x_i, y_i, z_i); \quad \frac{\partial F^i}{\partial y} = \frac{\partial F}{\partial y}(x_i, y_i, z_i); \quad \frac{\partial F^i}{\partial z} = \frac{\partial F}{\partial z}(x_i, y_i, z_i);$$

-компоненти вектора нормалі до поверхні в точці (x_i, y_i, z_i)

НУБІП України

$$|\vec{V}^i| = \sqrt{V_x^i \cdot V_x^i + V_y^i \cdot V_y^i + V_z^i \cdot V_z^i} \quad - \text{модуль вектора швидкості};$$

Враховуючи, що $F(x_i, y_i, z_i) = (x_i - dx)^2 + y_i^2 - r^2$

$$\frac{\partial F^i}{\partial x} = 2 \cdot (x_i - dx), \quad \frac{\partial F^i}{\partial y} = 2y_i, \quad \frac{\partial F^i}{\partial z} = 0$$

НУБІП України

масмо
В результаті перетворень системи (2.32) отримаємо схему розрахунку швидкості і координат зерен.

НУБІП України

$$V_x^{i+1} = \left(1 - \frac{Dt \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|}\right) V_x^i + \frac{Dt}{m} R^i \frac{\partial F^i}{\partial x},$$

$$V_y^{i+1} = \left(1 - \frac{Dt \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|}\right) V_y^i + \frac{Dt}{m} R^i \frac{\partial F^i}{\partial y},$$

НУБІП України

$$V_z^{i+1} = \left(1 - \frac{Dt \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |\vec{V}^i|}\right) V_z^i + \frac{Dt}{m} R^i \frac{\partial F^i}{\partial z} - Dt \cdot g, \quad (2.36)$$

Координати руху зерна, також визначаємо за схемою (2.30), за умови

НУБІП України

НУБІП України

2.5. Рух зерна в підлаповому прострі.

З урахуванням припущень про нахили склепінь лапи сошника до поверхні ґрунту, опишемо склепіння як систему обмежень для руху зерна. Для цього скористаємося малюнком 2.5.

Рівняння правої площини зводу сошника має вигляд:

$$F_1(x, y) = \frac{X}{L} + \frac{2Y}{C} - 1 = 0 \quad (2.37)$$

Вектор нормалі до цієї поверхні знаходиться за формулами:

$$n_x = \frac{\partial F_1}{\partial x}, \quad n_y = \frac{\partial F_1}{\partial y}, \quad n_x = \frac{1}{L}, \quad n_y = \frac{2}{C} \quad (2.38)$$

Рівняння лівої площини зводу лапи має вигляд:

$$F_2(x, y) = \frac{X}{L} - \frac{2Y}{C} - 1 = 0 \quad (2.39)$$

Вектор нормалі до цієї поверхні знаходиться за формулами:

$$n_x = \frac{\partial F_2}{\partial x}, \quad n_y = \frac{\partial F_2}{\partial y}, \quad n_x = \frac{1}{L}, \quad n_y = \frac{2}{C} \quad (2.40)$$

Як робочий інструмент для пошуку найкращої форми поверхні розподільника нами було розглянуто рух групи зерен в насіннепроводі і в підсошниковому просторі, а так само їх розподіл по поверхні ґрунту.

Геометрична форма і положення розподільника щодо ґрунту і осі насіннепровода визначаються наступними параметрами: RL1 (довжина хвостової частини), RL2 (довжина підстави), RH (висота), RM (ширина підстави), RSV (відстань від землі), RSN(відстань до насіннепровода), RSZ(зміщення відносно осі насіннепровода).

НУБІП УКРАЇНИ

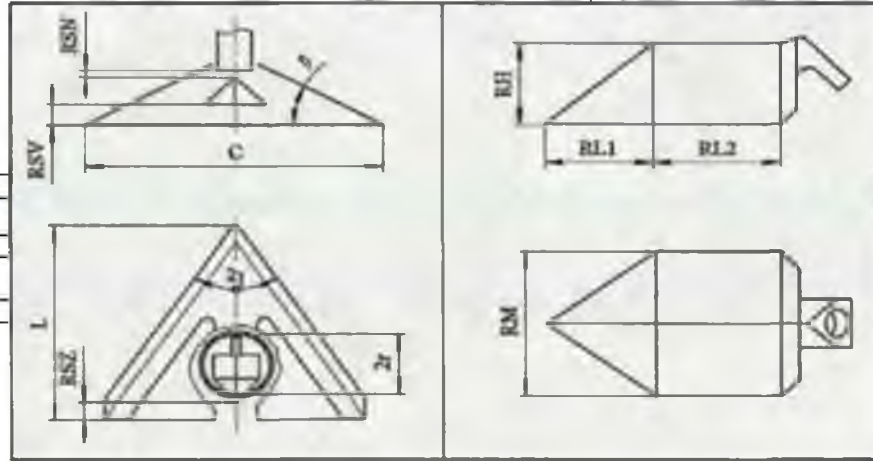


Рис. 2.8 Схема для визначення параметрів розподільника зерна

У розглянутому алгоритмі руху групи зерен враховані наступні варійовані величини: швидкість повітряного потоку в насіннепровід; форма і розміри розподільника, діаметр повітропровідної трубки і її місце розташування.

Розрахунок руху зерен проводиться з урахуванням зіткнень. Для виведення рівнянь поверхонь розподільника нам буде потрібно знання координат кутових точок F , M_1 , M_2 , P_1 , P_2 (рис. 2.7).

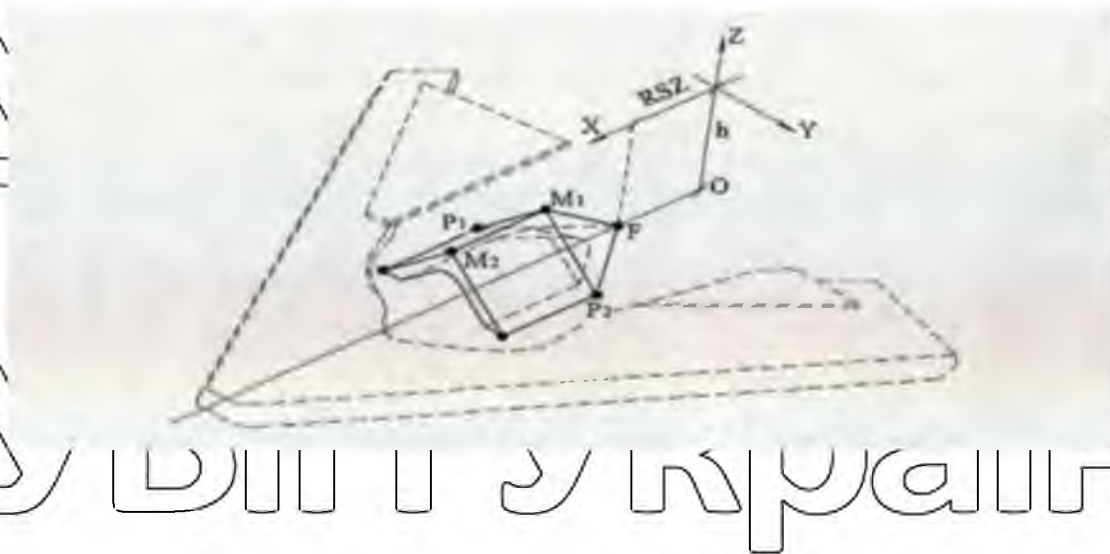


Рис. 2.9 Схема для визначення координат кутових точок відбивача

Нехай точка O має координати (X_0, Y_0, Z_0) , де $X_0 = 0, Y_0 = 0, Z_0 = h$.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України ⁸⁸

Точка F матиме координати (X_F, Y_F, Z_F) , де $X_F = RSZ$, $Y_F = 0$, $Z_F = h$. Точка M_1 матиме координати (X_{M1}, Y_{M1}, Z_{M1}) , де $X_{M1} = RSZ + RL1$, $Y_{M1} = 0$, $Z_{M1} = h + RH$.

Точка M_2 буде мати координати (X_{M2}, Y_{M2}, Z_{M2}) , де $X_{M2} = RSZ + RL1 + RL2$, $Y_{M2} = 0$, $Z_{M2} = h + RH$.

Розрахунок координат точок P_1, P_2 будемо виробляти з умови, що ці точки симетричні.

Точка P_1 буде мати координати: (X_{P1}, Y_{P1}, Z_{P1}) ,

де $X_{P1} = RSZ + RL1$, $Y_{P1} = -RML/2$, $Z_{P1} = h$.

Аналогічно розраховуються координати і для точки P_2

$X_{P2} = RSZ + RL1$, $Y_{P2} = RML/2$, $Z_{P2} = h$.

Рівняння граней розподільника будемо визначати за трьома відповідними точками:

Права грань скоса визначається точками M_1, P_1, F . складемо рівняння площини через відповідний визначник.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X_{M1} & Y_{M1} & Z_{M1} & 1 \\ X_{P1} & Y_{P1} & Z_{P1} & 1 \\ X_F & Y_F & Z_F & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Врахуємо, отримані значення, маємо:

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ RSZ + RL1 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 & -RML/2 & h & 1 \\ RSZ & 0 & h & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Виведемо рівняння в загальному вигляді:

$$A_1 \cdot X + B_1 \cdot Y + C_1 \cdot Z + D_1 = 0 \quad (2.41)$$

НУБІП України ⁸⁹

Тоді,

$$(RNL \cdot RH/2) \cdot X - (RH \cdot RL1) \cdot Y + (-RNL \cdot RL1/2) \cdot Z - (RH \cdot RSZ \cdot RNL/2) = 0,$$

НУБІП України

де $A_1 = RNL \cdot RH/2$, $B_1 = -RH \cdot RL1$, $C_1 = -RNL \cdot RL1/2$, $D_1 = -RH \cdot RSZ \cdot RNL/2$

$$n_x = \frac{A_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}, \quad n_y = \frac{B_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}, \quad n_z = \frac{C_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}$$

НУБІП України ^(2.42)

Ліва грань скоса визначається точками M_2 , $P1$. Складемо рівняння площини через відповідний визначник.

X	Y	Z	1	$= 0$
X_{M1}	Y_{M1}	Z_{M1}	1	
X_{P1}	Y_{P1}	Z_{P1}	1	
X_F	Y_F	Z_F	1	
X	Y	Z	1	

Врахуємо, отримані значення, маємо:

X	Y	Z	1	$= 0$
$RSZ + RL1$	0	$h + RH$	1	
$RSZ + RL1$	$-RNL/2$	h	1	
RSZ	0	h	1	

НУБІП України

Виведемо рівняння в загальному вигляді:

$$A_1 \cdot X + B_1 \cdot Y + C_1 \cdot Z + D_1 = 0 \quad (2.43)$$

Тоді

$$(-RNL \cdot RH/2) \cdot X - (RH \cdot RL1) \cdot Y + (RNL \cdot RL1/2) \cdot Z + (RH \cdot RSZ \cdot RNL/2) = 0$$

НУБІП України 96

де

$$A_1 = -RNL \cdot RH/2, B_1 = -RH \cdot RL1, C_1 = RNL \cdot RL1/2, D_1 = RH \cdot RSZ \cdot RNL/2$$

$$n_x = \frac{A_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}, n_y = \frac{B_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}}, n_z = \frac{C_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2 + C_2^2}} \quad (2.44)$$

Права грань основної частини розподільника визначається точками $M_1, M_2,$

Р. Складемо рівняння площини, використовуючи відповідний визначник.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X_{M1} & Y_{M1} & Z_{M1} & 1 \\ X_{M2} & Y_{M2} & Z_{M2} & 1 \\ X_{P1} & Y_{P1} & Z_{P1} & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Врахуємо, що $Y_P = 0$. Маємо, $X_{P1} = RSZ + RL1, Y_{P1} = -RNL/2, Z_{P1} = h$.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ RSZ + RL1 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 + RL2 & 0 & h & 1 \\ RSZ + RL1 & RNL/2 & h & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Виведемо рівняння в загальному вигляді:

$$A_3 \cdot X + B_3 \cdot Y + C_3 \cdot Z + D_3 = 0 \quad (2.45)$$

Тоді

$$0 \cdot X + RH + RL2 \cdot Y + RL2 \cdot RNL/2 \cdot Z - RL2 \cdot (h + RH) \cdot RNL/2 = 0$$

де

$$A_3 = 0, B_3 = RH + RL2, C_3 = RL2 \cdot RNL/2, D_3 = -RL2 \cdot (h + RH) \cdot RNL/2$$

НУБІП України ⁹¹

$$n_x = \frac{A_3}{\sqrt{A_3^2 + B_3^2 + C_3^2}}, \quad n_y = \frac{B_3}{\sqrt{A_3^2 + B_3^2 + C_3^2}}, \quad n_z = \frac{C_3}{\sqrt{A_3^2 + B_3^2 + C_3^2}} \quad (2.46)$$

Ліва грань основної частини розподільника визначається точками M_1, M_2, P_2 .
Складемо рівняння площини, використовуючи відповідний визначник.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X_{M1} & Y_{M1} & Z_{M1} & 1 \\ X_{M2} & Y_{M2} & Z_{M2} & 1 \\ X_{P2} & Y_{P2} & Z_{P2} & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Врахуємо, що $Y_F = 0$. Маємо: $X_{P2} = RSZ + RL1$, $Y_{P2} = -RML / 2$, $Z_{P2} = h$.

Отримуємо.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ RSZ + RL1 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 + RL2 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 & -RML/2 & h & 1 \end{vmatrix} = 0$$

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ RSZ + RL1 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 + RL2 & 0 & h + RH & 1 \\ RSZ + RL1 & -RML/2 & h & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Виведемо рівняння в загальному вигляді:

$$A_4 X + B_4 Y + C_4 Z + D_4 = 0 \quad (2.47)$$

Тоді,

$$0 \cdot X + RH \cdot RL2 \cdot Y - RL2 \cdot RNL/2 \cdot Z + RL2 \cdot (h + RH) \cdot RNL/2 = 0$$

де

$$A_4 = 0, \quad B_4 = RH \cdot RL2, \quad C_4 = -RL2 \cdot RNL/2, \quad D_4 = RL2 \cdot (h + RH) \cdot RNL/2.$$

НУБІП України ⁹⁷

$$n_x = \frac{A_4}{\sqrt{A_4^2 + B_4^2 + C_4^2}}, \quad n_y = \frac{B_4}{\sqrt{A_4^2 + B_4^2 + C_4^2}}, \quad n_z = \frac{C_4}{\sqrt{A_4^2 + B_4^2 + C_4^2}} \quad (2.48)$$

НУБІП України

З огляду на рух насіння в підсошниковому просторі обмежується гранями відбивача і щоками сошника (рис. 2.8), матимемо наступну систему обмежень:

$$\begin{cases} \frac{X}{L} + \frac{2Y}{C} - 1 \leq 0 \\ \frac{X}{L} - \frac{2Y}{C} - 1 \leq 0 \\ A_1 \cdot X_1 + B_1 \cdot Y_1 + C_1 \cdot Z + D_1 \geq 0 \\ A_2 \cdot X_2 + B_2 \cdot Y_2 + C_2 \cdot Z + D_2 \geq 0 \\ A_3 \cdot X_3 + B_3 \cdot Y_3 + C_3 \cdot Z + D_3 \geq 0 \\ A_4 \cdot X_4 + B_4 \cdot Y_4 + C_4 \cdot Z + D_4 \geq 0 \end{cases} \quad (2.49)$$

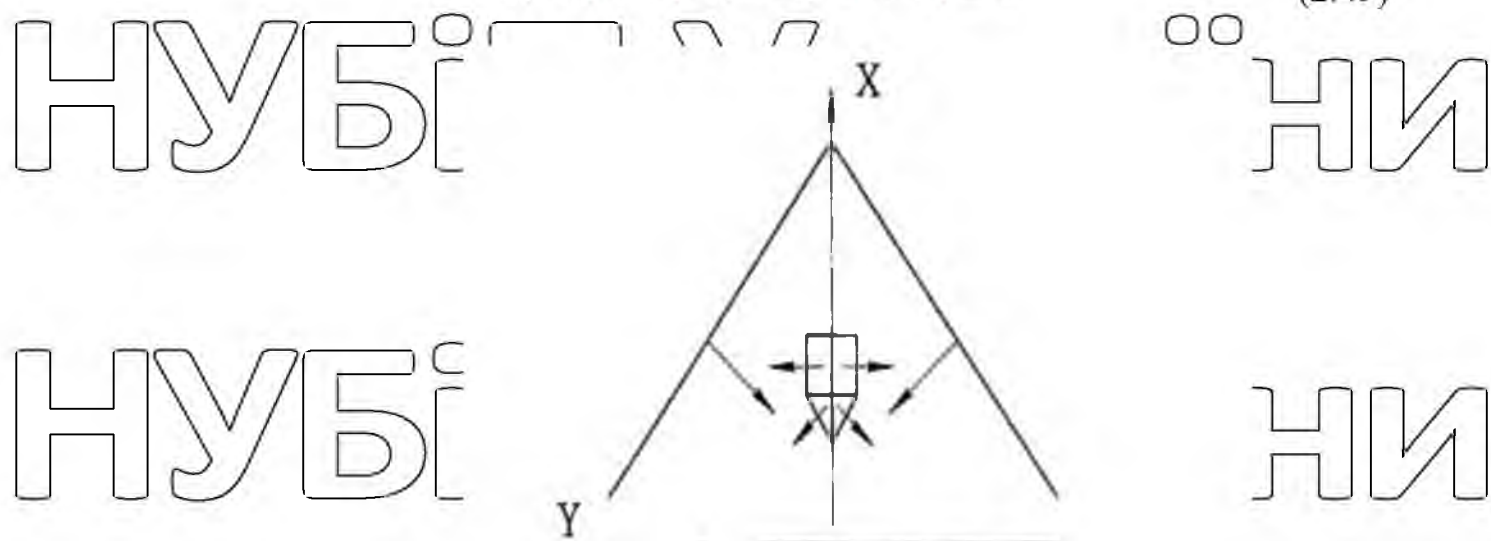


Рис. 2.10. Схема обмежень зерна в підсошниковому просторі

НУБІП України

НУБІП України

2.6 Обґрунтування конструктивних параметрів пневмомеханічної висівної системи.

На підставі проведених теоретичних досліджень та аналізі доступної літератури впливає, що на процес посіву впливає ряд факторів, серед яких: конструктивні (висота установки насінневого бункера, конструкція, параметри і стан висівних апаратів, конструкція і розміщення сошників на рамі сівалки, матеріал і кут нахилу насіннепроводів та ін), технологічні (рівність поверхні поля, ухил, норма висіву, швидкість руху агрегату, вологість і ін), характеристики посівного матеріалу (фізико-механічні та аеродинамічні властивості насіння). Експериментальні дослідження з визначення впливу конструктивних параметрів пневмомеханічної висівної системи і режимів роботи джерела повітряного потоку на рівномірність розподілу насіння по площі живлення проводилися на лабораторній установці (імітаційному стенді) та в ґрунтовому каналі. Методика проведення досліджень на лабораторних установках описана в главі 3.

Теоретичні і експериментальні дослідження показали, що на рівномірність розподілу насіння по площі живлення, надають вплив велика кількість факторів.

Якщо розглядати фактори, що мають найбільший вплив на процес розподілу насіння, то можна виділити наступні:

H - висота підведення повітропроводу до насіннепроводу, щодо довжини насіннепроводу (1250 мм), мм;

C - швидкість встановленого повітряного потоку на виході з насіннепроводу, м/с;

N - норма висіву, млн. шт/га;

V - швидкість руху агрегату, м/с.

В свою чергу швидкість встановленого повітряного потоку на виході з насіннепроводу залежить від ряду конструктивних параметрів, таких як:

НУБІП України

α° — кут з'єднання повітропроводу з насіннепроводом, град;

c - швидкість повітряного потоку на виході з повітропроводу, м/с;

d - внутрішній діаметр повітропроводу, мм.

Методика визначення впливу кута підведення повітряного потоку до насіннепроводу, на швидкість повітряного потоку на виході насіннепроводу

описана в розділі 3. залежність швидкості потоку від кута підведення повітря до насіннепроводу зображена на графіку (рис. 3.1).

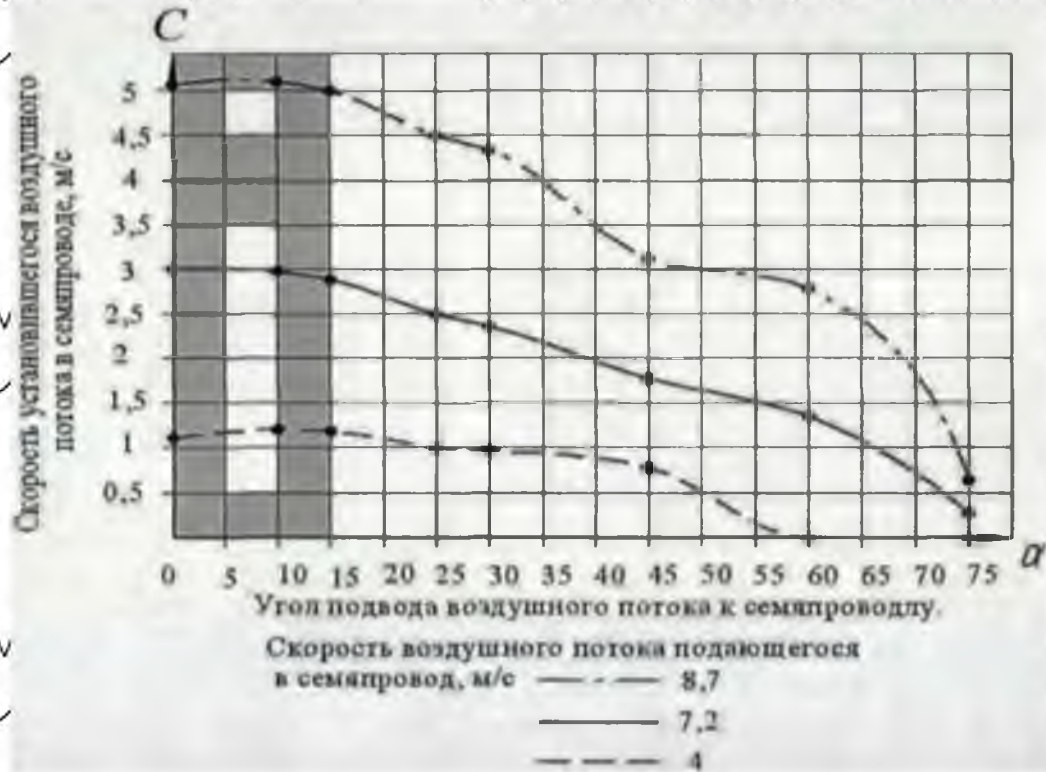


Рис.2.11. Залежність швидкості повітряного потоку на виході насіннепроводу від кута підведення повітряного потоку при діаметрі повітропроводу

$d = 6 \text{ мм.}$

З даного графіка видно, що при зміні кута подачі повітря в насіннепровод від 0 до 15 $^\circ$ швидкість повітряного потоку, в нижній частині насіннепроводу практично не змінюється. У процесі теоретичних досліджень було визначено, що підведення повітряного потоку під кутом 15 $^\circ$ до насіннепроводу дозволяє

НУБІП України ⁹⁵

отримати максимальну рівномірність розподілу насіння по площі при будь-якій швидкості повітряного потоку. Тому для подальшого дослідження був прийнятий кут 15° .

НУБІП України

Швидкість повітряного потоку на виході з повітропроводу також залежить від діаметра повітропроводу.

Результати експериментів, що відображають залежність швидкості повітряного потоку од діаметра повітропроводу наведені на малюнку 3.2



Рис. 2.12. Графік залежності швидкості повітряного потоку від діаметра повітропроводу.

Істотний вплив на швидкість повітряного потоку надає конструкція конфузора, а саме його розміри вхідного і вихідного отворів. Розмір вихідного отвору буде залежати від діаметру повітропроводу. На підставі графіка зображеного на рис 3.2 видно, що при роботі вентилятора в номінальному режимі (при швидкості повітряного потоку на вихідному отворі вентилятора 48 м/с), найбільш підходить повітропровід з діаметром 13 мм, так як дозволяє отримати достатню швидкість повітря (29 м/с) на вході в насіннєпровід, при якій

НУБІП України

НУБІП України ⁹⁶

не відбувається травмування насіння (до 32 м/с). Це підтверджує теоретичні дослідження (розділ 2), де було визначено, що максимальна рівномірність досягається при діаметрах 13 мм і > 24 мм.

Таким чином, на першому етапі експериментів приймаємо постійні настановні параметри: кут підведення повітряного потоку, до осі насіннепровода $\alpha = 15^\circ$, внутрішній діаметр повітропроводу $d = 13$ мм. Змінні настановні параметри (фактори): висота підведення повітряного подачі H здійснювалася у верхній, середній і нижній частинах насіннепровода, на відстані від вихідного кінця насіннепровода 100, 350, 600, 850, 1100 мм відповідно; максимальна швидкість встановленого повітряного потоку в насіннепроводі C змінювалася в межах від 11 до 15 м/с з інтервалом варіювання 1 м/с; швидкість руху агрегату V змінювалася в межах 0,25 ... 2,7 км/год з інтервалом варіювання 0,8 м/с; норма висіву N змінювалася в межах 1,5...5,5 млн. шт/га з інтервалом рівним 0,5 млн. шт/га.

В результаті проведення класичного експерименту виявлено залежність рівномірності розподілу насіння по довжині і ширині стрічки, від параметрів пневмомеханічної висівної системи. На малюнках 3.3 - 3.6 приведені залежності рівномірності розподілу K_p рослин по довжині висівної стрічки від висоти подачі повітря H і максимальної швидкості встановленого повітряного потоку, по осі насіннепровода C , при фіксованих параметрах V і N .

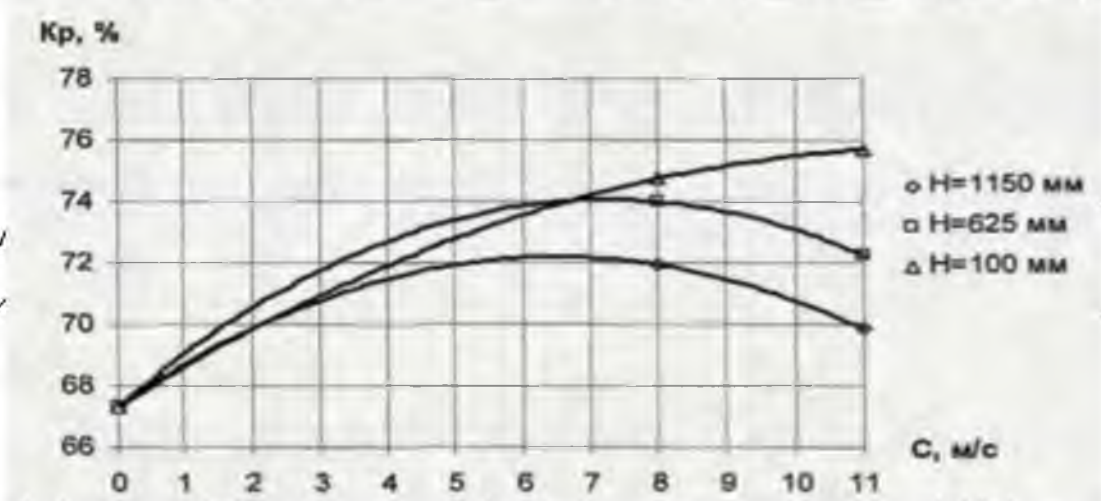


Рис. 2.13. Залежності $K_{p0} = f(C)$, $V = 0.25$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

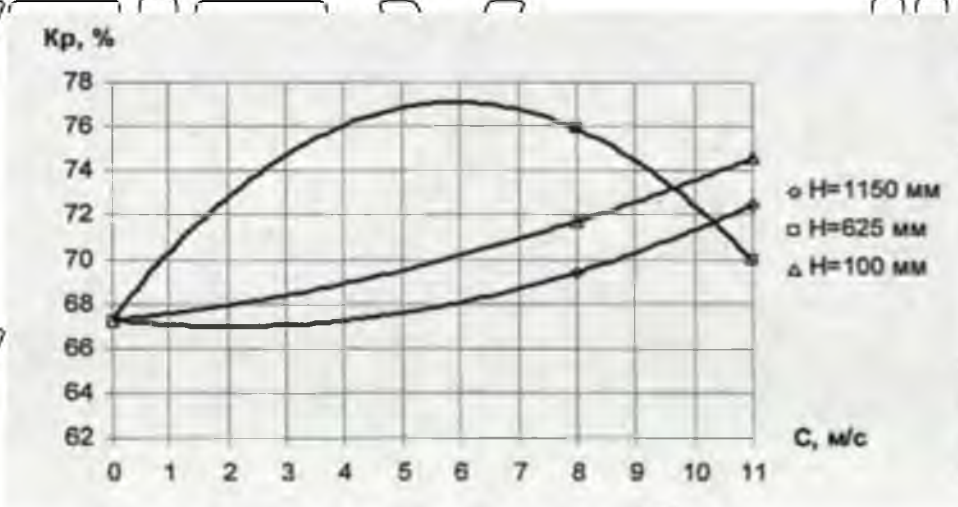


Рис. 2.14. Залежності $K_{p0} = f(C)$, $V = 1.05$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

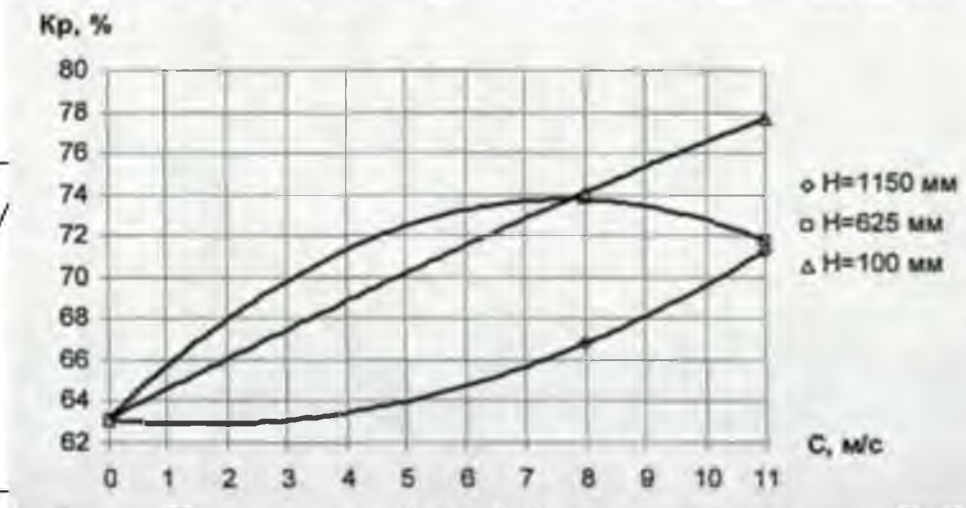


Рис. 2.15. Залежності $K_{p0} = f(C)$, $V = 1,9$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

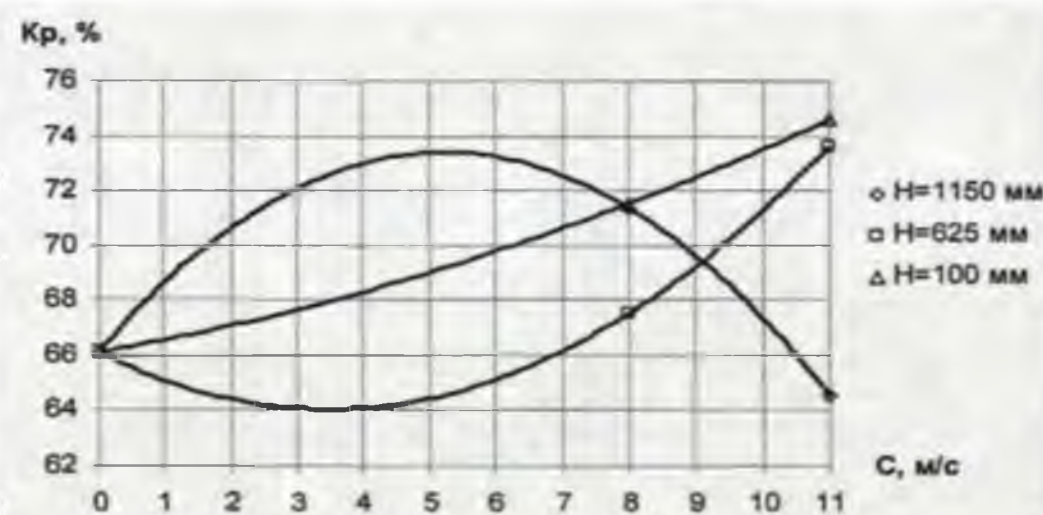


Рис. 2.16. Залежності $K_{p0} = f(C)$, $V = 2,7$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

За даними залежностями видно, що розподілення зерна переважно зростає зі збільшенням швидкості повітряного потоку суттєво впливає на коефіцієнт рівномірності K_p , надає висота підведення повітряної подачі H в насіннєпровід. Збільшення рівномірності починається при зниженні висоти проведення повітря нижче 625 мм. Такий параметр як швидкість руху агрегату V рівномірність розподілу зерна по довжині полоси не надає суттєвого впливу.

НУБІП України

На рисунках 2.7...2.10 приведені залежності рівномірності розподілу K_p рослин по ширині висіюваної стрічки від висоти подачі повітря H і максимальної швидкості встановленого повітряного потоку, по осі насіннепровода C , при фіксованих параметрах V і N .

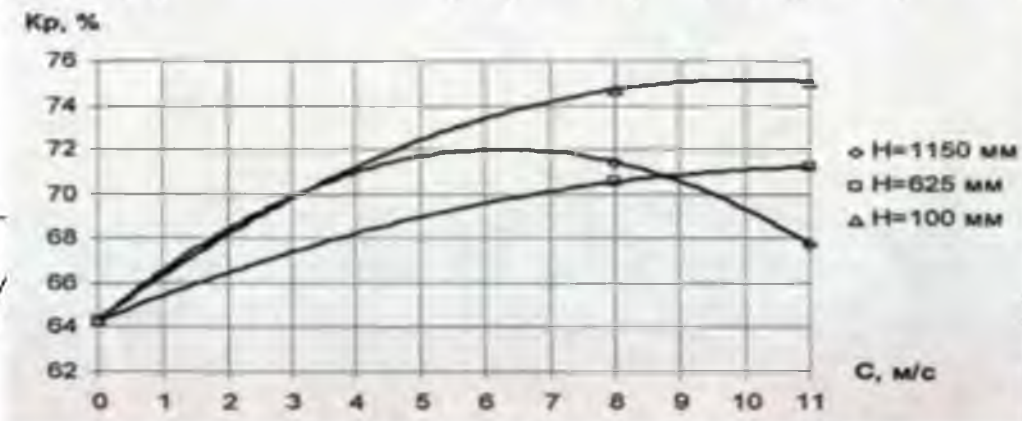


Рис.2.17. Залежності $K_{pd} = f(C)$, $V = 0,25$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

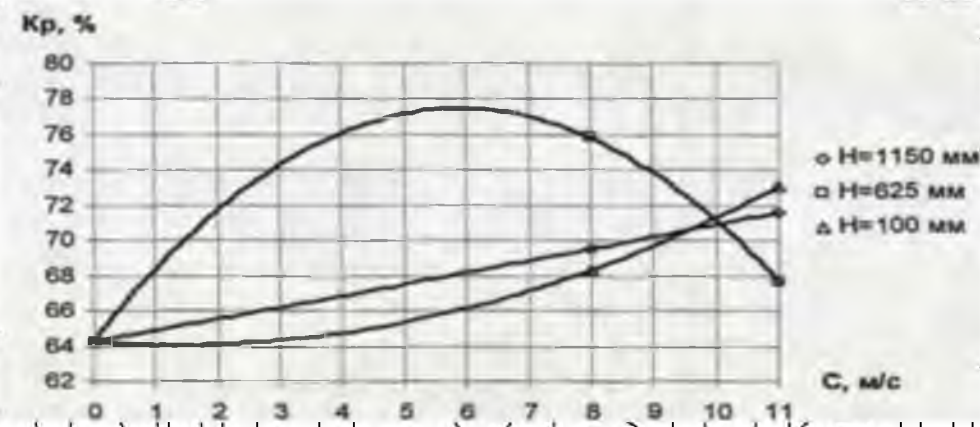
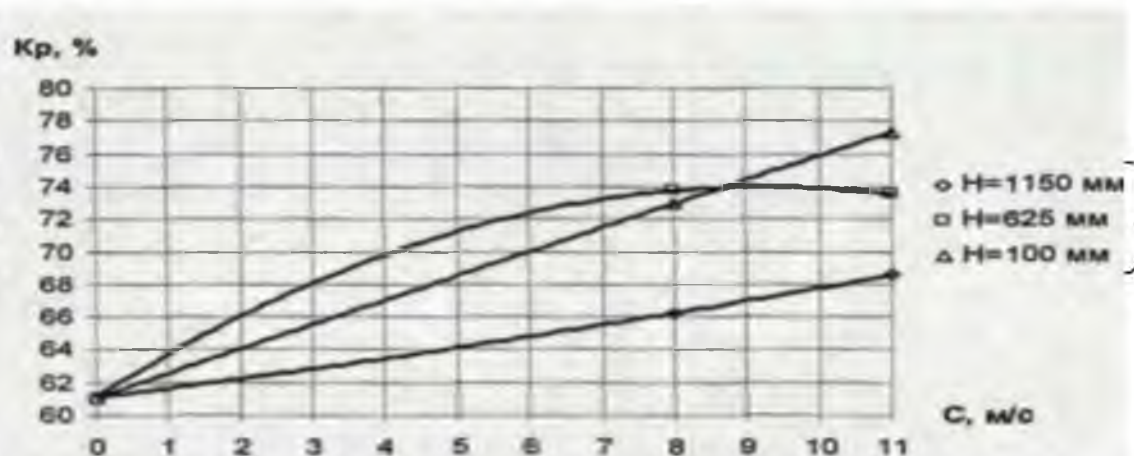


Рис.2.18. Залежності $K_{pri} = f(C)$, $V = 1,05$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га



НУБІП України

НУБІП України

Рис.2.19. Залежності $K_{pm} = f(C)$, $V = 1,9$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

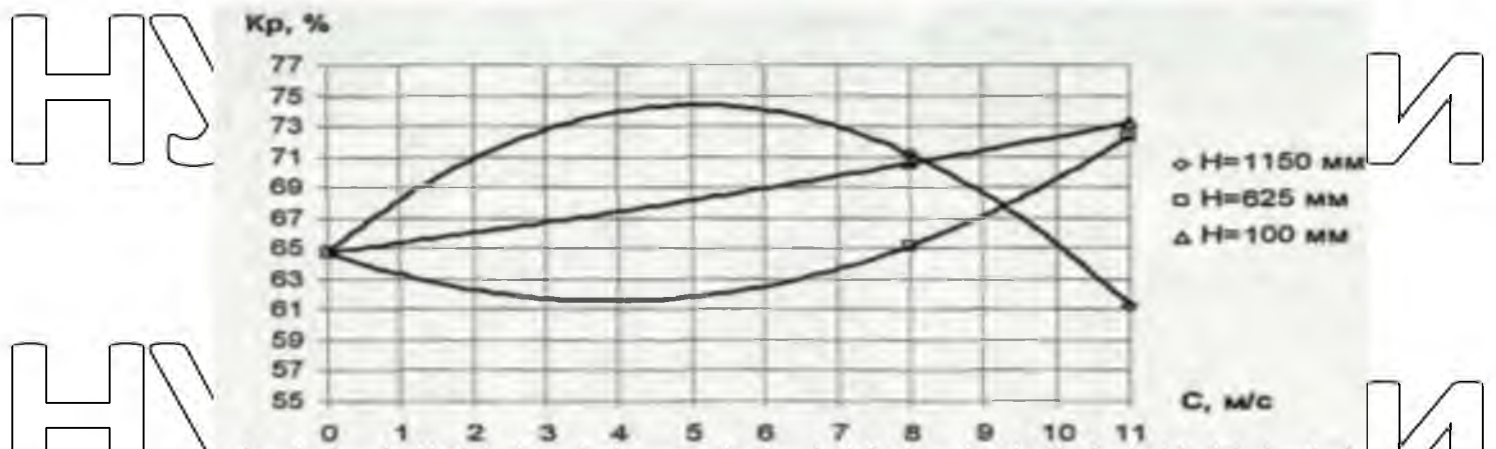


Рис.2.20. Залежності $K_{pm} = f(C)$, $V = 2,7$ м/с, $N = 3$ млн. шт/га

З представлених графіків видно, що найбільша рівномірність розподілення зерна по ширині стрічки досягається при висоті підведення повітряного потоку 1000... 625 мм. Швидкість руху агрегату не суттєво впливає на якість розподілення зерна. При зміні висот пневмоподачі до 625 мм, показник рівномірності несуттєво знижується.

Зі встановленням висоти підведення потоку вище 625 мм якість розподілення різко знижується.

При проведенні однофакторних експериментів в умови ґрунтового каналу, виявлені залежності якості розподілу насіння від висоти підведення повітряної подачі H і норми висіву N (малюнку 2.11, 2.12).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

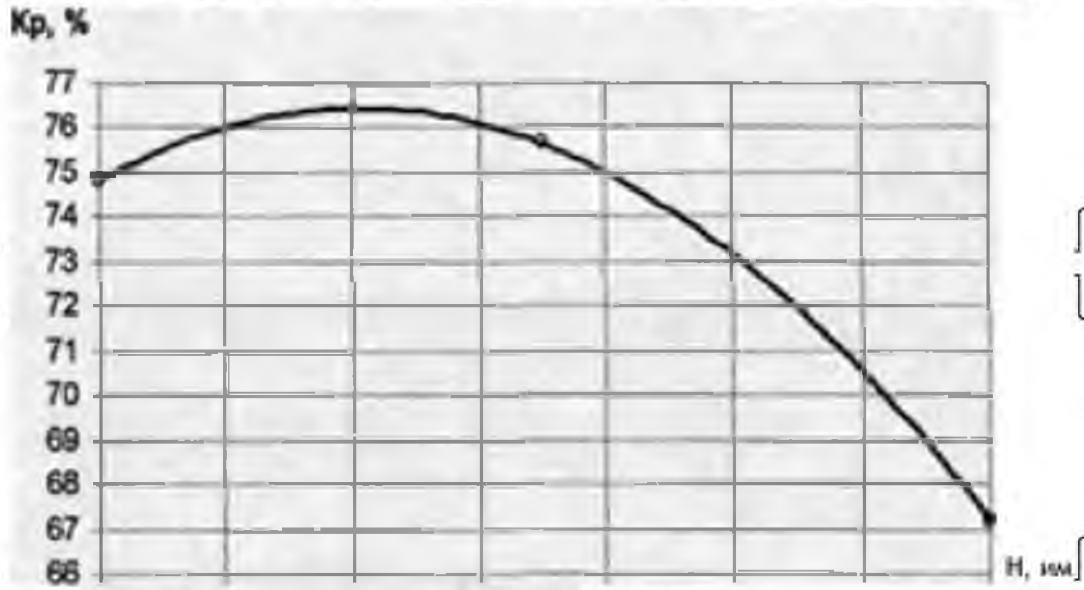


Рис. 2.21, а. Залежність $K_{рш} = f(H)$, $V = 6$ км/ч, $N = 3,5$ млн. шт/га вздовж засіюваної стрічки

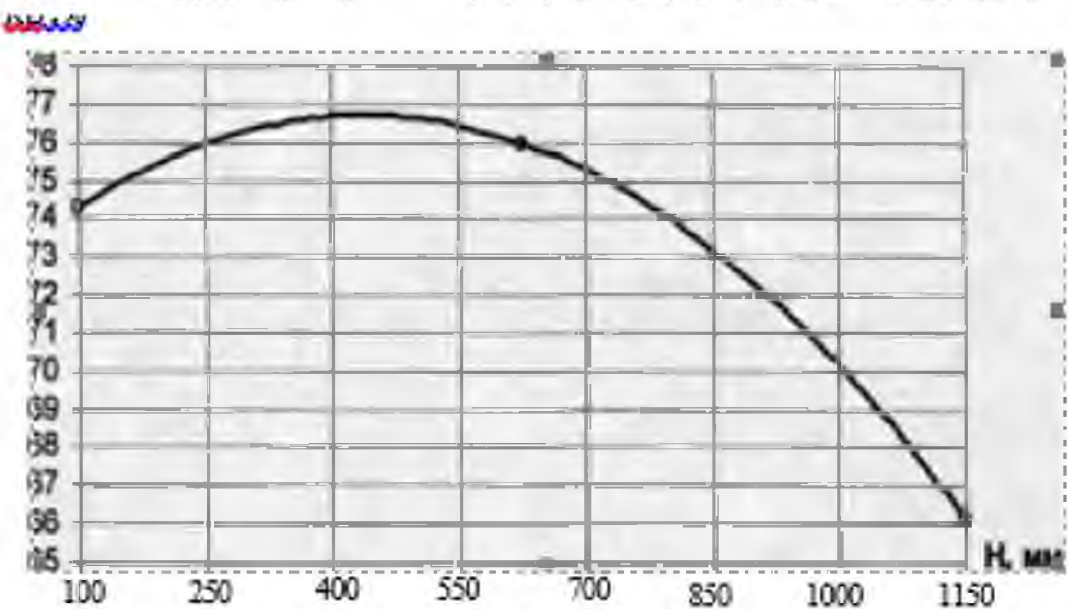


Рис. 2.21, б. Залежність $K_{рш} = f(H)$, $V = 6$ км/ч, $N = 3,5$ млн. шт/га по ширині ПОЛОСИ

НУБІП України

НУБІП України ¹⁰⁷

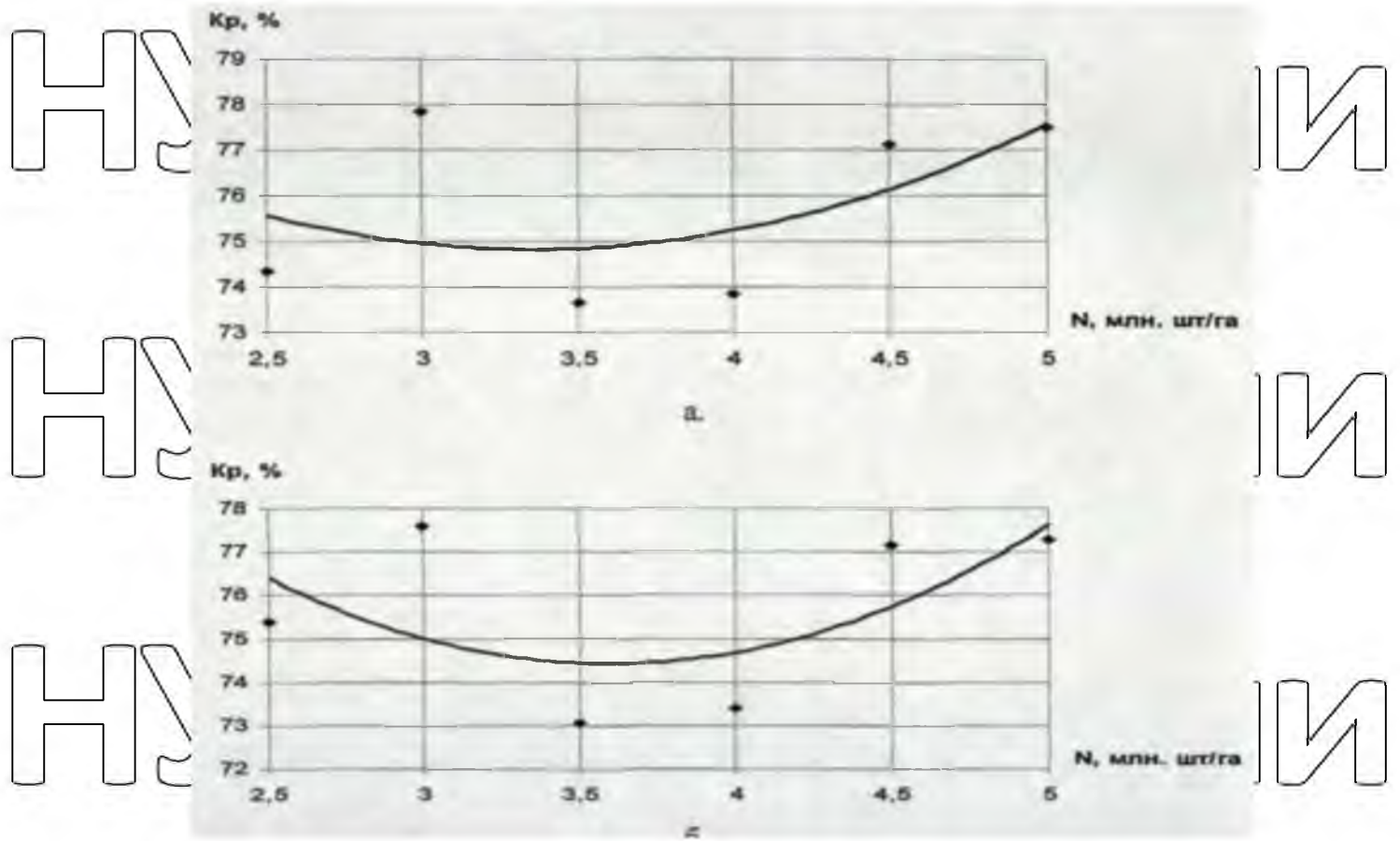


Рис.2.22. Залежності $K_{pr} = f(N)$, $V = 6$ км/ч, $H = 625$ мм., а – вздовж засівної стрічки, б – по ширині полоси

При розгляді графічних залежностей розподілу насіння по ширині смуги (малюнок 3.11 – 3.12) видно, що найкраща рівномірність досягається при наступних значеннях параметрів: $H = 250-600$ мм, V — не має яскраво вираженого оптимуму для досягнення найбільшої рівномірності, $N = 2,5 — 3$, та

$4,5 - 5$ млн. шт/га, $C \geq 11$ м/с. Для визначення оптимальних параметрів пневмомеханічної висівної системи на стадії лабораторних досліджень застосовувалася теорія планування експерименту. З цією метою за результатами класичного експерименту була виділена область варіювання п'яти факторів: висота підведення пневмоподачі x_1 , швидкість повітряного потоку x_2 , швидкість руху агрегату x_3 , норма висіву x_4 .

НУБІП України ¹⁰⁷

У планованому експерименті приймається до розгляду діапазони варіювання «висота підведення пневмоподачі» $H = 100... 1100$ мм. Фактор «швидкість повітряного потоку» варіюємо в межах $C=11...15$ мм, так як показали теоретичні дослідження, в цьому діапазоні спостерігаються максимуми рівномірності розподілу. Для фактору «швидкість руху лапи» обраний діапазон варіювання $V = 0,5...2,5$ м/с, для фактору «норма висіву» $N=1,5...5,5$.

Для опису залежностей рівномірності розподілу насіння прийнятий симетричний композиційний ортогональний план з чотирма факторами.

Даний тип плану обрано з тієї причини, що при виконанні умов ортогональності коефіцієнти рівняння регресії розраховуються незалежно один від одного і при вибракуванні статистично незначущих перерахунків інших не вимагається. Ефект композиційних плану дозволяє спочатку отримати лінійну модель процесу, а в разі її неадекватності добудувати до більш складної моделі другого порядку. З метою отримання адекватної моделі було прийнято доповнити реалізовану матрицю планування 2^4 зірковими точками $\alpha = 2$ і виконати досвід в центрі плану, здійснивши, таким чином, композиційний перехід до плану другого порядку [75]. Спочатку розглянуто залежність рівномірності розподілу насіння по довжині смуги від вище названих чинників.

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідним, так як

$$G_{0,05}^{\text{расч}} = 0,0878 < G_{0,05}^{\text{табл}} = 0,157 \quad [75]$$

Після реалізації експерименту і обробки даних по визначенню впливу параметрів пневмомеханічної висівної системи на рівномірність розподілу насіння по довжині смуги отримано рівняння регресії:

$$Y_1 = 72,4643 - 3,3492X_1 + 2,797X_2 + 0,908X_4 + 1,3475X_1X_2 - 0,8686X_1X_3 - 1,003X_1^2 \quad (3.1)$$

НУБІП України

Дане рівняння містить сім коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (3.1) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною.

$$F_{0.05}^{\text{табл}} = 1,83 > F_{0.05}^{\text{факт}} = 1,14$$

Після перекладу рівняння (3.1) з кодованого виду в натуральний отримано рівняння (3.2):

$$K_{pd} = -1,5724 + 0,0654H + 6,031C + 1,158V + 0,98N - 0,0054HC - 0,0019HV - 0,000016H^2 \quad (3.2)$$

Результати обчислення рівномірності розподілу насіння по довжині смуги наведені в таблиці. За цими даними побудовано поверхні відгуку-залежності рівномірності розподілу вздовж лінії від параметрів пневмомеханічної висівної системи (висоти підведення пневмоподачі H , швидкості повітряного потоку в насіннепровід C) при фіксованих значеннях швидкості руху агрегату V , норми висіву N . Поверхні відгуку наведені на рис. 3.13.

При аналізі рівняння (3.1) і поверхонь відгуку (рис.2.13) видно, що найбільший вплив на рівномірність по довжині смуги K_{pd} надають: висота підведення пневмоподачі H і швидкість повітряного потоку в насіннепровід C . Найбільше значення K_{pd} досягнуто при $H = 350$ мм, $C = 15$ м/с.

Рис. 2.13. Поверхні відгуку: а - $K_{pd} = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 1,5$ млн. шт/га; б - $K_{pd} = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 2,5$ млн. шт/га; в - $K_{pd} = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 3,5$ млн. шт/га; г - $K_{pd} = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 4,5$ млн. шт/га; д - $K_{pd} = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 5,5$ млн. шт/га

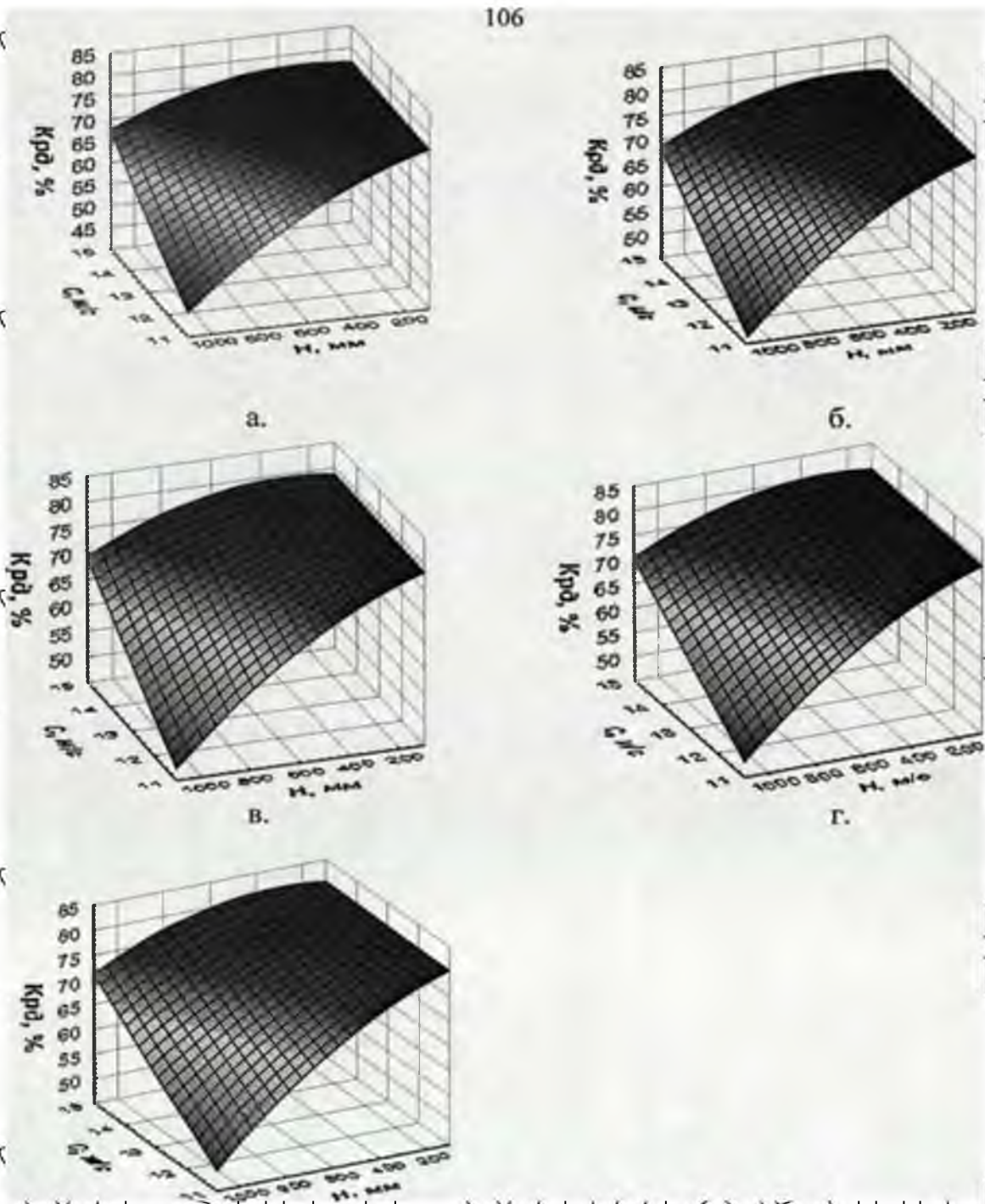


Рис. 2.23. Поверхні відгуку

НУБІП України

швидкості руху агрегату $V = 2,5$ м / с, норми висіву $N = 5,5$ млн. шт / га.

Далі розглянута залежність рівномірності розподілу насіння по ширині засівної смуги від вище названих чинників.

НУБІП України

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідним, так як

$$G_{0,05}^{\text{расч}} = 0,12 < G_{0,05}^{\text{табл}} = 0,157 \quad [75]$$

НУБІП України

Реалізація експерименту і обробка даних по визначенню впливу параметрів пневмомеханічної висівної системи на рівномірність розподілу насіння по ширині засівної смуги дозволила отримати рівняння регресії:

$$Y_2 = 71,655 - 3,5072X_1 + 2,192X_2 - 0,5656X_1X_2 - 1,4869X_1X_4 - 0,5819X_2X_4 - 1,3832X_1^2 + 0,5254X_2^2 \quad (3.3)$$

Дане рівняння містить вісім коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (3.3) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною.

НУБІП України

$$F_{0,05}^{\text{табл}} = 1,83 > F_{0,05}^{\text{расч}} = 1,14$$

Після перекладу рівняння (3.3) з кодованого виду в натуральний, отримано рівняння (3.4):

$$K_{\text{рш}} = 8,7534 + 0,0505H + 5,586C - 3,6778N - 0,00226HC - 0,002435HN - 0,5819CH - 0,000022H^2 + 0,5254N^2 \quad (3.4)$$

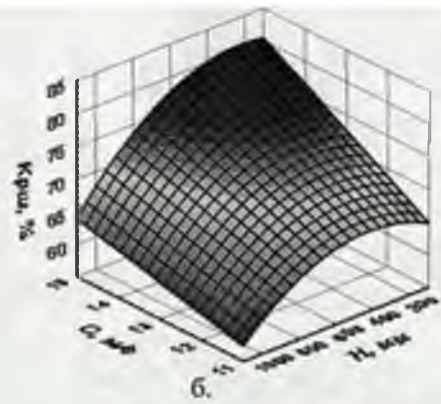
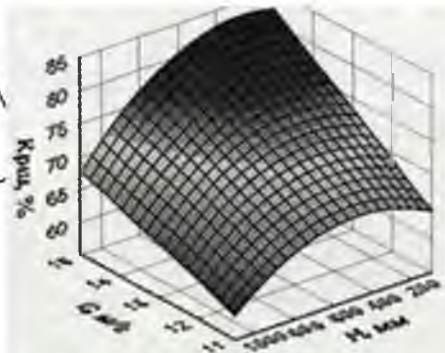
За результатами розрахунків рівняння (3.4) побудовані поверхні відгуку залежності рівномірності розподілу по ширині смуги від висоти підведення пневмоподачі H , і швидкості повітряного потоку в насіннепровод C , при фіксованих значеннях швидкості руху агрегату V , норми висіву N . (рис. 2.14.

(а, б, в, г, д).

НУБІП України

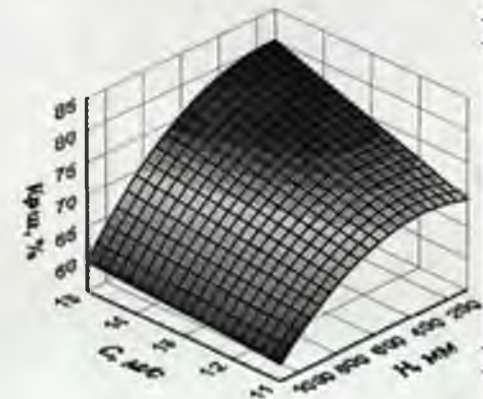
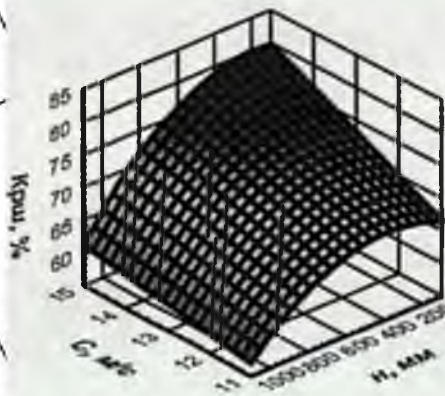
НУБІП України ¹⁰⁷

НУ



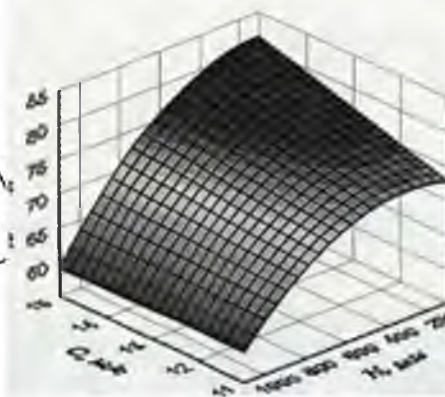
НИ

НУ



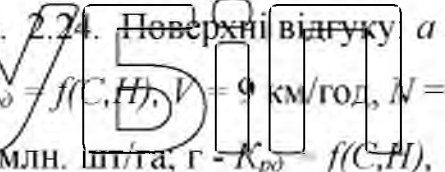
НИ

НУ



НИ

НУ



НИ

Рис. 2.24. Поверхні відгуку $a - K_{рд} = f(C, H), V = 9 \text{ км/год}, N = 1,5 \text{ млн. шт/га};$ б - $K_{рд} = f(C, H), V = 9 \text{ км/год}, N = 2,5 \text{ млн. шт/га};$ в - $K_{рд} = f(C, H), V = 9 \text{ км/год}, N = 3,5 \text{ млн. шт/га};$ г - $K_{рд} = f(C, H), V = 9 \text{ км/год}, N = 4,5 \text{ млн. шт/га};$ д - $K_{рд} = f(C, H), V = 9 \text{ км/год}, N = 5,5 \text{ млн. шт/га}$

НУБІП України

НУБІП України

108

При аналізі рівняння (3.3) і поверхонь відгуку (рис. 2.14) видно, що найбільший вплив на рівномірність по ширині смуги засівають впливає висота підведення пневмоподачі H і швидкість повітряного потоку в насіннепроводі C .

Вплив швидкості повітряного потоку на рівномірність посилюється при зниженні висоти підведення пневмоподачі, і досягає свого максимуму на висоті підведення пневмоподачі $H = 350$ мм. Вплив висоти підведення пневмоподачі на рівномірність знижується при зменшенні висоти підведення, а після досягнення рівня 350 мм швидкість повітряного потоку чинить негативний вплив на показник K_{pm} .

Результати розрахунків за рівнянням (3.4) показали, що найбільш раціональними значеннями робочих параметрів пневмомеханічної системи при яких досягається найбільша рівномірність розподілу насіння по ширині смуги є: висота підведення повітряного потоку $H = 350$ мм, швидкість повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с, км/год, норма висіву $N = 5,5$ млн. шт/га. K_{pm} при цьому склав 80%. Параметр - швидкість руху агрегату не чинить впливу на показник K_{pm} .

Також розглянуто залежність ширини смуги розсіву насіння від вище

названих чинників.

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідним, так як:

$$G_{0,05}^{\text{расч}} = 0,06 < G_{0,05}^{\text{табл}} = 0,157 \quad [75]$$

Після обробки даних повного факторного експерименту з визначення впливу параметрів пневмомеханічної висівної системи на ширину смуги засівають. Отримано наступне рівняння регресії:

$$y_3 = 218,0227 - 28,9375X_1 + 6,8958X_2 + 4,6563X_1X_2 + 9,53125X_2X_3 - 3,15625X_2X_4 + 7,09375X_3X_4 - 16,8327X_1^2 + 8,0071X_2^2 + 5,443X_3^2 \quad (3.5)$$

НУБІП України

Дане рівняння містить дев'ять коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (3.3) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною.

НУБІП України

$$F_{0,05}^{\text{табл}} = 1,83 > F_{0,05}^{\text{факт}} = 1,14$$

Після перекладу рівняння (3.5) з кодованого виду в натуральний, отримано рівняння (3.6):

НУБІП України

$$L = 1876,93 - 0,036H - 230,011C - 86,9812V + 41,0319N + 0,0186HC + 5,29152CV + 3,1563CN - 0,0003H^2 + 8,0071C^2 + 1,63V^2$$

За допомогою даного рівняння (3.6) побудовані поверхні відгуку залежності ширини засіяної смуги від висоти підведення пневмоподачі

H , і швидкості повітряного потоку в насіннепровід C , при фіксованих значеннях швидкості руху агрегату V , норми висіву N . (рис. 3.16. а, б, в, г, д). Поверхні відгуку наочно демонструють, що ширина смуги розсіву насіння не завжди пропорційна коефіцієнту рівномірності розподілу насіння по ширині (рис. 2.15).

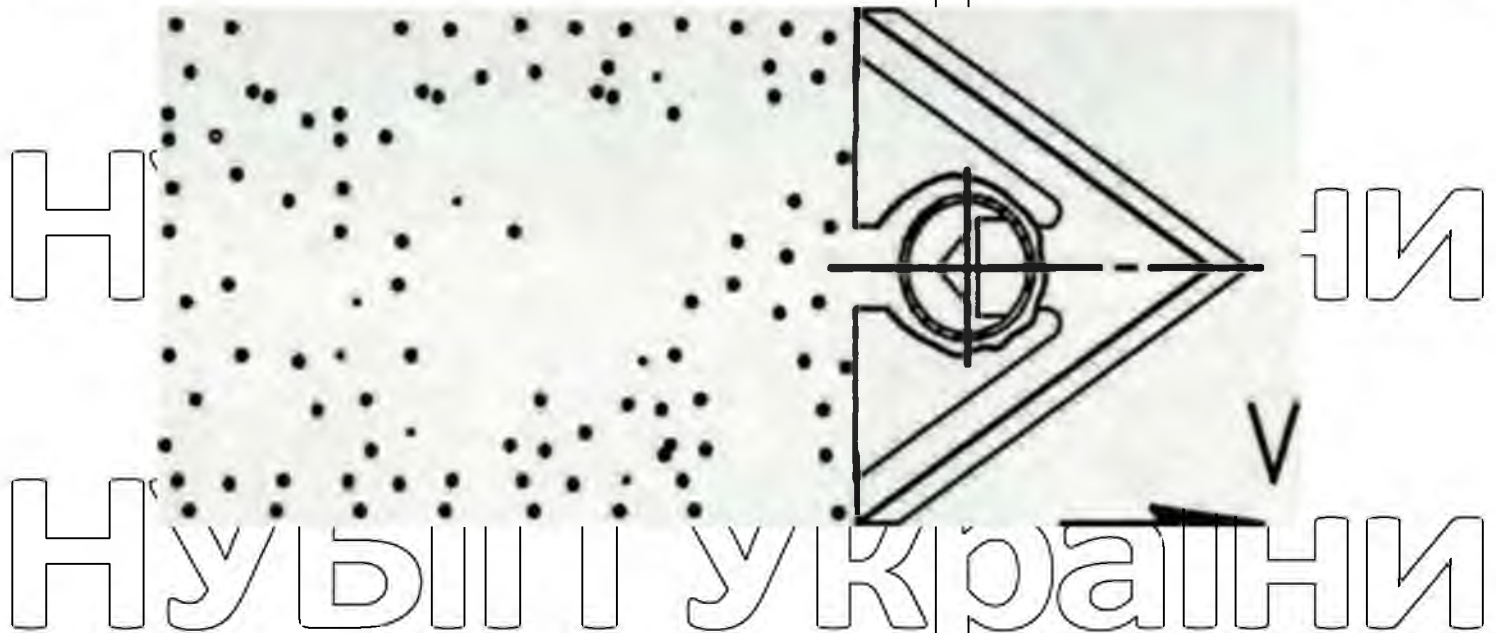


Рис. 2.25. Сівба, що здійснена лаповим сошником з пасивним розподільником насіння при умові пневмомеханічної подачі посівного матеріалу в сошник

НУБІП України

НУБІП України

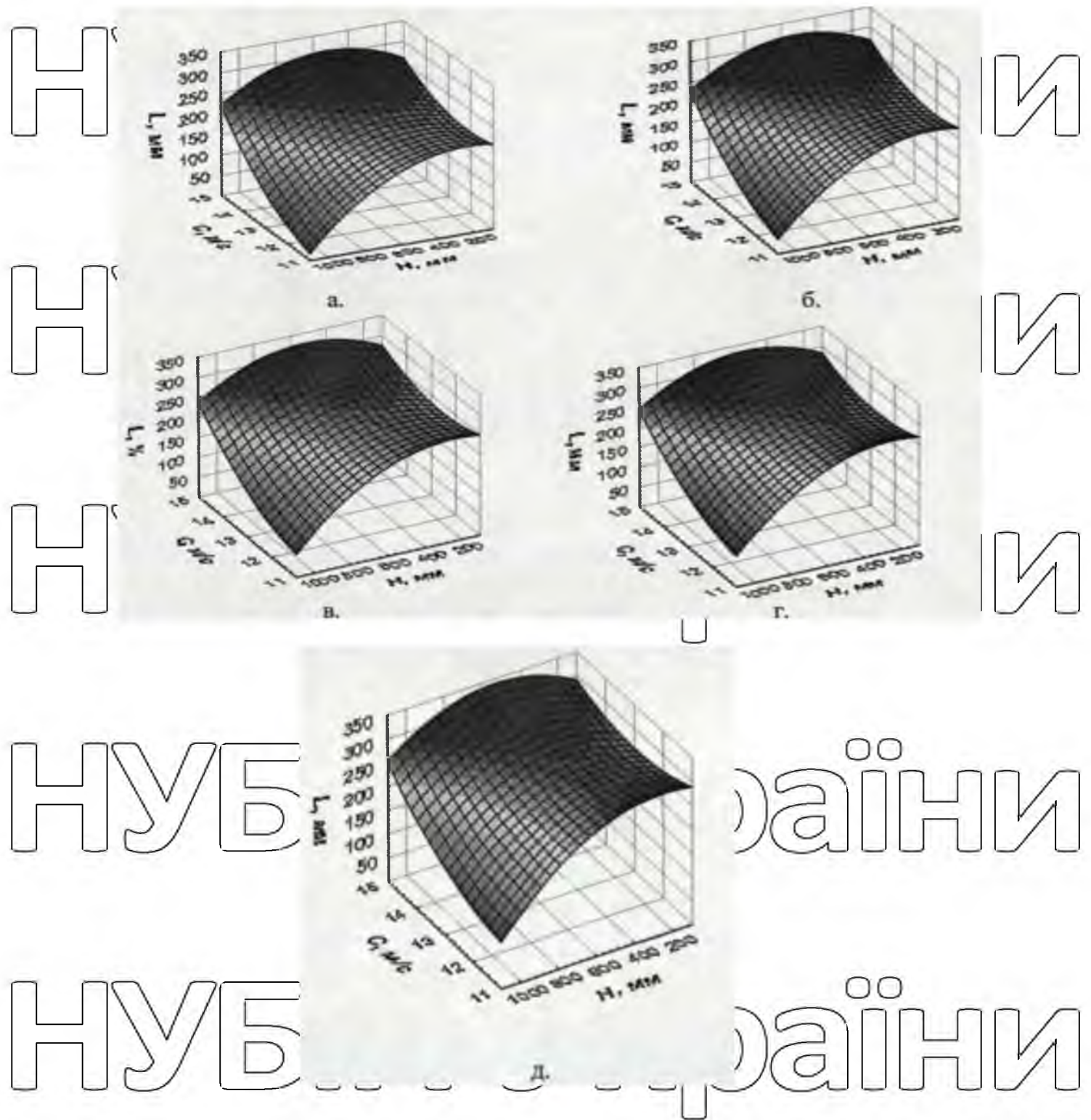


Рис. 2.26. Поверхні відгуку:

НУБІП України

НУБІП України ¹¹¹

а - $L = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 1,5$ млн. шт/га; б - $L = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 2,5$ млн. шт/га; в - $L = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 3,5$ млн. шт/га; г - $L = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 4,5$ млн. шт/га; д - $L = f(C, H)$, $V = 9$ км/год, $N = 5,5$ млн. шт/га

Аналіз рівняння (3.5) і поверхонь відгуку (рис. 2.16) показує, що факторами, найбільш сильно чинять вплив на ширину розсіву є: висота підведення повітряного потоку H і швидкість повітряного потоку в насіннепроводі C .

Вплив висоти підведення повітряного потоку на ширину розсіву знижується при зменшенні висоти підведення, а після досягнення рівня 600 мм чинить негативний вплив на цей показник. За допомогою рівняння (3.6) і побудованих поверхонь відгуку вдалося, знайти найбільш раціональні параметрами роботи пневмомеханічної висівної системи, при яких досягається найбільша ширина розсіву насіння. Ці параметри мають такі значення: висота підведення повітряного потоку $H = 600$ мм, швидкість повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с, км/год, норма висіву $N = 5,5$ млн. шт/га, швидкості руху агрегату $V = 2,5$ м/с. Аналізуючи моделі (3.4), (3.3), (3.5) за коефіцієнтами регресії, можна зробити попередні висновки.

1. Найбільша рівномірність по довжині K_{pd} і ширині смуги K_{pk} смуги досягнута при наступних значеннях параметрів:

- висота підведення повітряного потоку $H = 350$ мм;
- швидкість повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с;
- швидкість руху агрегату $V = 2,5$ м/с;
- норми висіву $N = 5,5$ млн. шт/га

Параметри, при яких досягається максимальна ширина засівачих стрічки, мають такі значення:

- висота підведення повітряного потоку $H = 600$ мм;
- швидкість повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с.

НУБІП України

НУБІП України ¹¹⁷

- норма висіву $N = 5,5$ млн. шт/га;

- швидкості руху агрегату $V = 2,5$ м/с.

2. Найбільш значущі фактори, які впливають на рівномірність розподілу насіння по довжині і ширині смуги, а також на ширину розсіву - це висота H підведення повітряного потоку та швидкість встановленого повітряного потоку в насіннепроводі C .

Фактори V швидкості агрегату і N норма висіву в меншій мірі впливають на рівномірність розподілу, і ширину розсівання.

На показник рівномірності розподілу насіння по ширині засіяної смуги швидкості руху посівної машини V не робить вплив.

3. Найкраща робота даної посівної машини, з точки зору якості виконання технологічного процесу забезпечується при наступних значеннях параметрів:

- висоті підведення пневмоподачі $H = 350$ мм,
- швидкості повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с.

технологічних

- швидкості руху агрегату $V = 1,5 - 2,5$ м/с,

- нормі висіву $N = 3,5 - 5,5$ млн. шт/га.

За результатами лабораторних досліджень виготовлена пневмомеханічна висівна система для макетного зразка, що представляє собою модернізовану сівалку СКП - 2,1

НУБІП України

НУБІП України

Результати експериментальних досліджень

НУБІП України

3.1. Порівняння теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Функціями будь-якого експерименту є підтвердження або спростування теорії і уточнення тих явищ, обґрунтування яких на теоретичному рівні неможливе або складне. Для порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень розглядаються залежності рівномірності розподілу насіння K_p по довжині і ширині смуги від одного з параметрів $H, W, M (Q), C$.

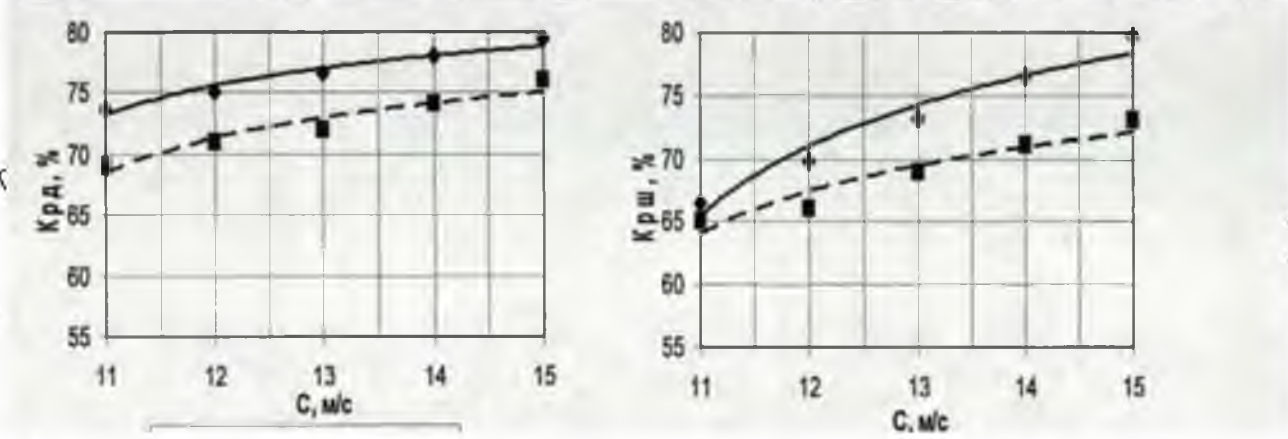
Теоретичні залежності рівномірності розподілу насіння по довжині і ширині ряду K_p взяті з глави 2. Експериментальні значення цього показника були отримані під час лабораторних досліджень (глава 3). Для порівняння розглядаються залежності рівномірності розподілу рослин по довжині K_{pd} і ширині смуги K_{pi} від швидкості встановленого повітряного потоку в напівсферистому каналі (рис. 3.1). Так як під час теоретичних досліджень швидкість повітряного потоку, що надходить з повітропроводу в насіннепроводі, варіювалася ϵ а в лабораторних дослідженнях швидкість лежачого потоку повітря в насіннепроводі змінювалася при фіксованому значенні кута подані повітряного потоку $\alpha = 15^\circ$ і діаметр повітропроводу $d = 13$ мм, тоді необхідно забезпечити перерахунок (табл. 3.1).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Н



1

НУБІП України



а.

б.

НУБІП України

Рис. 3.1. Теоретичні та експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння, при $H=350$ мм, $B=2,5$ м/с (9 км/год), $N=3,5$ млн шт/га ($Q=240$ шт/с): а - уздовж смуги; б - по ширині смуги.

Таблиця 3.1 Значення швидкості повітряного потоку в насіннепроводі в залежності від швидкості повітряного потоку потрапляючого в насіннепровод з діаметром повітропроводу $d=13$ мм.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

Швидкість повітряного потоку потрапляючого в насіннепровід, c	21	23	25	27	29
Швидкість установленого повітряного потоку в насіннепроводі, C	11	12	13	14	15

В залежності від рівномірності розподілу насіння по довжині K_{pd} і ширині смуги $K_{pш}$ на висоті повітряного потоку відносно вихідного кінця насіннепроводу показані на рисунку 3.2

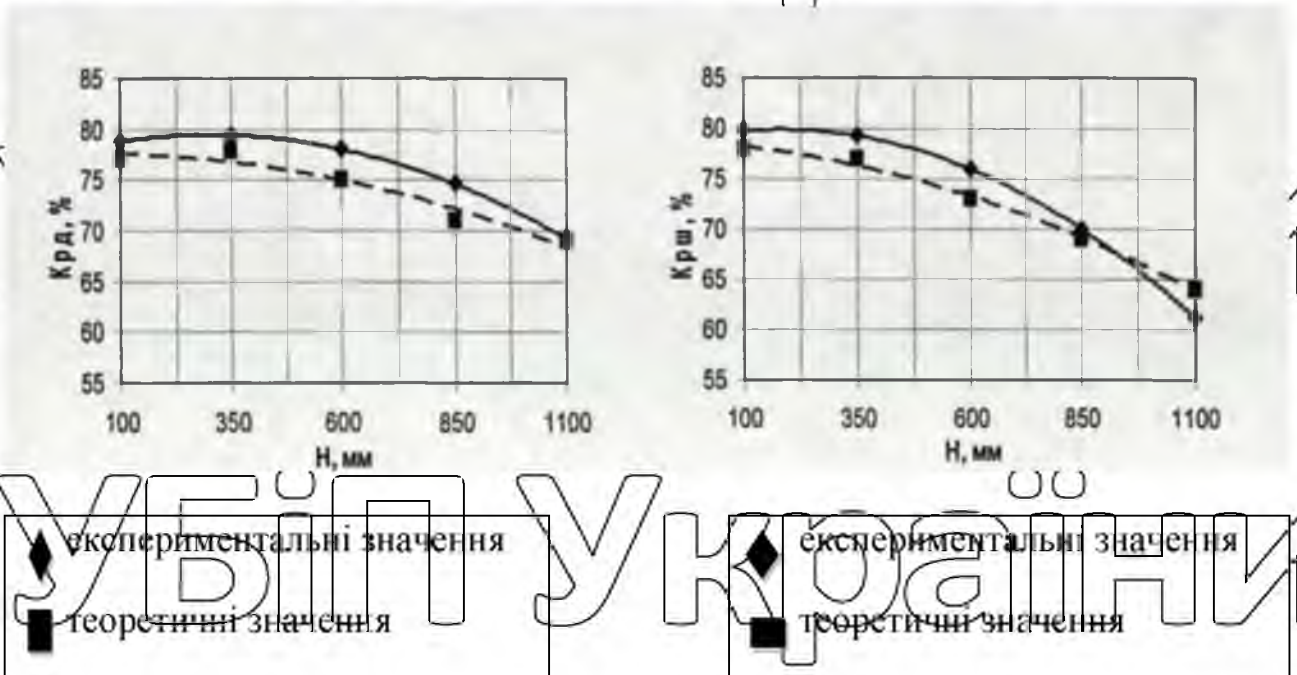


Рис. 3.2. Теоретичні та експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння, при $C = 15 \text{ м/с}$; $V = 2,5 \text{ м/с}$ (9 км/год), $N = 3,5 \text{ млн штук/га}$ і $Q = 240$

НУБІП України

шт/с): *a*- уздовж смуги; *б* - по ширині смуги. Залежності рівномірності розподілу рослин по довжині K_{pd} і ширині смуги K_{pm} від швидкості руху агрегату представлені на рис. 3.3.

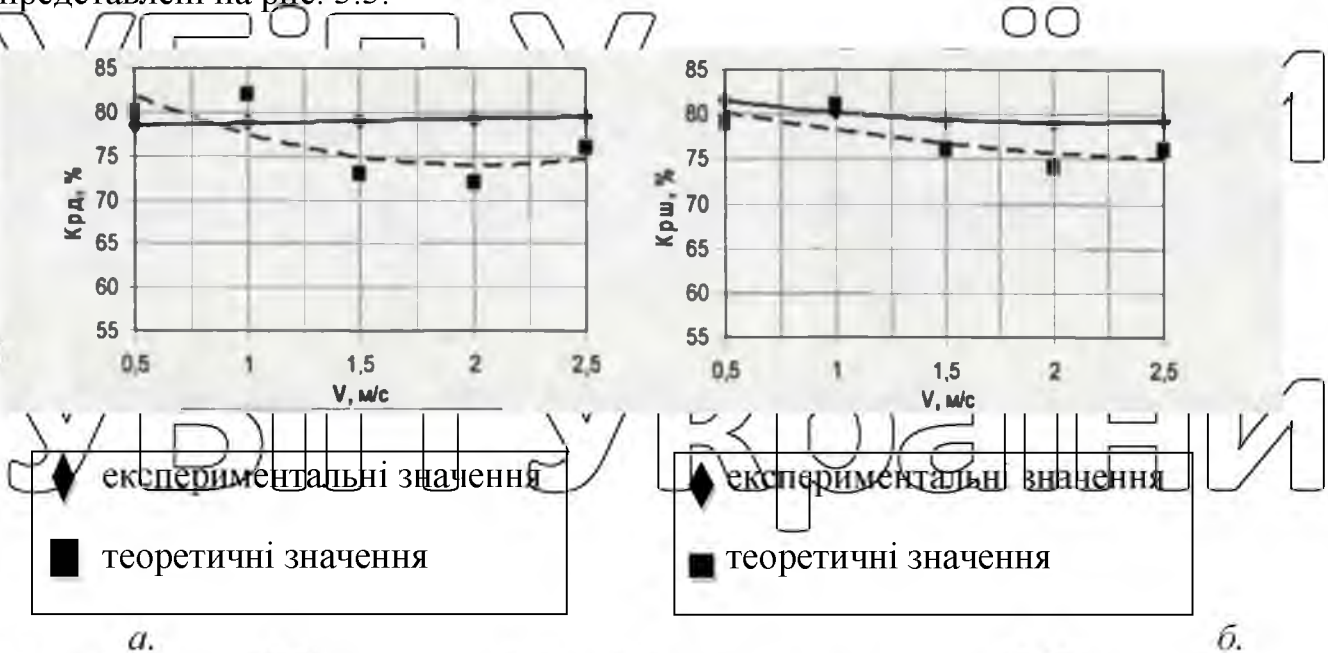
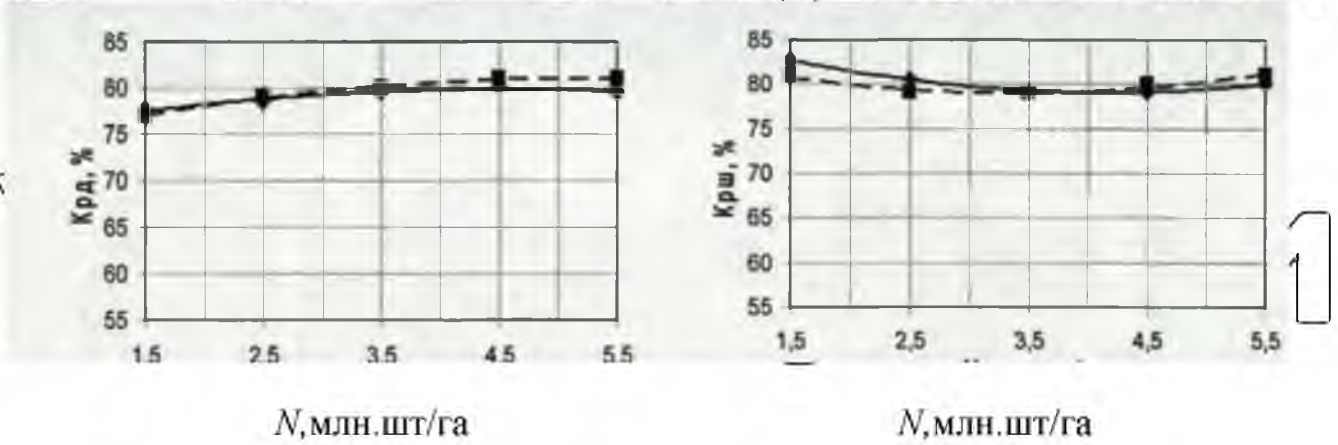


Рис. 3.3. Теоретичні та експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння, при $O = 15$ м/с; $l = 350$ мм, $Q = 240$ шт/с: *a* - уздовж смуги, *б* - по ширині смуги. Залежності рівномірності розподілу насіння по довжині K_{pd} і ширині смуги K_{pm} від норми висіву (споживання зерна) представлені на рис. 3.4

НУБІП України

Н



НУБІП України

Рис. 3.4. Теоретичні та експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння при $C \pm 15$ м/с; $H = 350$ мм, від V до 2,5 м/с (9 км/год): а - уздовж смуги; б - по ширині смуги.

Графіки, показані на рисунках 3.17 і 3.20, показують, що теоретичні та експериментальні криві підкоряються тій же регулярності, незважаючи на незначні розбіжності в абсолютних значеннях. Розбіжності між теоретичними та експериментальними залежностями пояснюються наступними причинами: теоретичні дослідження не враховують факторів, які можуть вплинути на рівномірність розміщення насіння над площею, таких як: коефіцієнт прослизання ведучого колеса, нерівномірна швидкість агрегату, відмінності вологості зерен і, як наслідок, незначні відмінності в їх аеродинамічних властивостях. З вищесказаного випливає, що теоретичні та експериментальні залежності мають однакову тенденцію до зростання і дотримання однаковими законами.

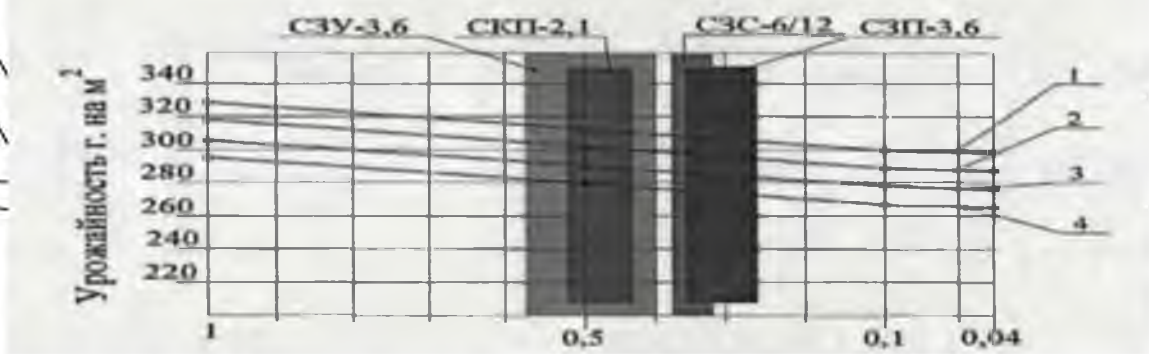
НУБІП України

3.2. Процес розподілу насіння за харчовою зоною.

За результатами експериментів з визначення впливу розмірів і форми продовольчої площі на урожай зернових культур, проведених в СІБНДІСХ в умовах лісостепової зони Омської області, [20] (табл. 3.2), побудовано графік (рисунок 3.20), який відображає залежність продуктивності пшениці від коефіцієнта рівномірності розподілу та швидкості посіву, чітко показуючи можливості посівного щабелю, з точки зору якості посіву.

Таблиця 3.2.
Вплив розмірів і форми харчової зони на врожайність пшениці

Коефіцієнт рівномірності розміщення насіння Кр %	Норма висіву шт. на м ²	Середнє значення врожайності г/м ²	Норма висіву шт. на м ²	Середнє значення врожайності г/м ²	Норма висіву шт. на м ²	Середнє значення врожайності г/м ²	Норма висіву шт. на м ²	Середнє значення врожайності г/м ²
100		333		305		296		287
50		332		293		301		308
1	300	331	400	304	500	275	600	302
4		294		246		229		264



Коефіцієнт рівномірності розподілення

Рис. 3.5. Залежність врожайності від рівномірності розподілу насіння за площею харчування і нормою посіву: 1-3 млн шт/га, 2-4 млн шт/га, 3-5 млн шт/га, 4-6 млн шт/га.

З аналізу графіка, показаного на рис. 3.20 видно, що при рядному посіві сівалки СЗ-6/12 засівають звичайним посівом, площа поверхні поля займає всього 32-38%. При посіві сівалкою СКП - 2,1 коефіцієнт рівномірності розподілу K_p становить 0,43-0,52, чого явно не вистачає для сприятливої умови вирощування рослин. Використання експериментальної системи посіву, з пневматичною підживленням насіннєвого матеріалу в сошник, дозволяє розсіяти насіння пшениці на 73 - 77% посівної площі. Таке розташування створює умови для більш раціонального використання поживних речовин і вологості ґрунту в умовах посушливої зони землеробства.

3.3 Процес розподілу насіння по довжині і ширині смуги при посіві .

Залежність показника розподілу насіння посівної площі від параметрів пневмомеханічної системи посіву для окремого сошника здійснювався в лабораторії за допомогою імітаційного стенду, показаного на рисунку 3.3, що дозволяє змоделювати процес посіву насіння сільськогосподарських культур, зі швидкістю руху агрегату: 1,45; 1,95; 2,45; 3,24 м/с,

НУБІП України ¹²⁸

Експеримент проводився з метою порівняння характеристик розподілу насіння за площею посіву зі смугою, без подачі повітря і розсіяними методами посіву, з пневмомеханічним постачанням насіння в сошник. Під час експерименту була використана сошник, оснащений пасивним насіннєвим розподільником, параметри якого виправдані і рекомендовані, для розпорошеного посіву, фахівцями Державного науково-дослідного інституту національних досліджень і наук СІБНДІСХ [70].

Результати експерименту узагальнені в таблиці 4.3

Таблиця 3.3.

Порівняльна оцінка розподілу насіння за площею просіявання, при різних швидкостях ременя і пневматичних режимах подачі

Висота підведення повітряної подачі в насіннепровід, Н мм	Швидкість встановленого потоку в насіннепроводі С, м/с	Швидкість руху стрічки в V, км/ч м/с	Рівномірність розподілу насіння по площі К _p %		
			Вздовж посівної стрічки	За шириною захвату лап	
-	0	9,3/2,6	66,1	64,75	
		6/1,7	63,13	61,08	
		3,3/0,92	67,26	64,27	
	1100	8	1,5/0,42	67,3	64,3
			9,3/2,6	71,37	71,2
			6/1,7	66,8	66,23
-	15	3,3/0,92	66,41	69,54	
		1,5/0,92	71,93	71,46	
		9,3/2,6	64,55	61,28	
	-	-	6/1,7	71,29	68,56
			3,3/0,92	72,47	71,61
			9,3/2,6	64,55	61,28

НУБІП України ¹²¹

		1,5/0,42	69,85	67,62
	8	9,3/2,6	65,52	62,18
		6/1,7	73,74	73,74
600		3,3/0,92	75,9	75,85
		1,5/0,42	73,99	70,55
	15	9,3/2,6	73,64	72,32
		6/1,7	71,77	73,54
		3,3/0,92	69,92	67,71
		1,5/0,42	72,25	71,21
	8	9,3/2,6	71,52	70,56
100		6/1,7	74,09	72,95
		3,3/0,92	71,71	68,34
		1,5/0,42	74,74	74,72
	15	9,3/2,6	74,6	73,2
		6/1,7	77,71	77,35
		3,3/0,92	74,59	73,07
		1,5/0,42	75,7	75,06

З аналізу результатів експериментів, представлених в таблиці 3.3, видно, що найбільша однорідність розподілу досягається при більш високій швидкості потоку повітря, отже, при більш високій швидкості насіння. Максимальна K_p досягається зі швидкістю постійного потоку повітря $C = 15$ м/с, в насіннепроводі.

Найбільш стабільна робота системи висіву. З точки зору рівномірності розподілу насіння спостерігається при приєднанні повітровою в нижній частині насіннепроводу, а швидкість потоку повітря $C = 15$ м / с, при цьому витрата повітря при вході в насіннепровід становила $C_0 = 29,14$ м / с, що близько до порогового значення (32 м / с). Середнє значення коефіцієнта рівномірності розподілу K_p досягає 73 - 77,3%. Результати попередніх досліджень показують,

НУБІП України ¹²⁷

що при $K_p = 77\%$ величина прибутковості приймає максимальне значення, при подальшому збільшенні рівномірності розподілу вона не збільшується. Тому

цілком достатньо, щоб $K_p = 77\%$, що відповідає без рядковому (підгрунтово-розкидному) способу посіву [12, 13]. При проведенні експериментів з посівом

насіння на клейку стрічку в якості контрольного варіанту оцінюється сошник з пасивним насінневим розподільником, без подачі повітря, оцінювався як варіант

управління. Попередні дослідження показали, що цей насінневий дистриб'ютор

[70] забезпечує рівномірний розподіл насіння, рівний 78,3%. Оцінка

однорідності при методі контролю Єгрізкова Є.П. [76] показала, що

вищевказаний пасивний розподіл насіння без пневматичного гедування

забезпечує рівномірність розподілу насіння від 64,3 до 64,74%. При використанні

стрічки з липким шаром, нанесеним на поверхню для фіксації насіння, повністю

виключається фактор перерозподілу насіння, що виникає при зіткненні з

поверхнею дна борозни і прокатці по ній. Щоб наблизити умови лабораторних

досліджень до реальних, проведено ряд експериментів проводився в умові

грунтового каналу (рис. 3.5).

3.4. Процес розподілу насіння по довжині і ширині смуги при посіві в польових умовах.

Лабораторні дослідження в стані грунтового каналу проводилися за допомогою установки, що імітує роботу виробничого плантатор.

На рис. 33.22. представлено загальний вигляд компонування пневматично-механічної системи посіву в грунтовому каналі.



Рис. 3.6. Загальний тип лабораторної установки в ґрунтовому каналі. 1 - бункер для насіння; 2 - вентилятор з приводом; 3 - повітропровід; 4 - сівалка; 5 - льодовий каток; 6 - насіннепровід; 7 - сошник лапи з дистриб'ютором

В результаті експерименту були отримані дані, що характеризують розміщення насіння за площею (табл. 4.4).

Оцінка рівномірності розподілу рослин по довжині і ширині смуги при швидкості руху агрегату $V = 6$ км / год.

НУБІП України

Таблиця 3.4.

Способ посева	Статистические показатели											Показатель равномерности распределения $K_p, \%$	
	Ср. арифм. расстояние между растениями $X_{cp}, \text{мм.}$		Ср. кв. отклонение $\sigma, \text{мм.}$		Ошибка ср. выборки $m, \text{мм}$		Коэффициент вариации $V, \%$		Относительная ошибка ср. выборки $m_d, \%$				
	Вдоль полосы	По ширине полосы	Вдоль полосы	По ширине полосы	Вдоль полосы	По ширине полосы	Вдоль полосы	По ширине полосы	Вдоль полосы	По ширине полосы	Вдоль полосы	По ширине полосы	
Рядовой посев сошником без распределителя (СЗС – 6/12).	10,3	4,16	15,87	4,64	3,63	1,04	1,31	1,17	28,8	25,45	49,27	51,59	
Полосной посев сошником с распределителем (контроль).	12,19	9,09	10,55	8,98	2,06	2,06	0,87	1,02	18,98	21,08	66,83	66,05	
Разбросной посев с вводом пневмоподачи в верхней части семяпровода (эксперимент).	13,6	9,09	14,7	10,79	3,97	2,56	1,04	1,23	24,99	28,11	67,19	66,14	
Разбросной посев с вводом пневмоподачи в средней части семяпровода (эксперимент).	8,5	8,15	8,95	6,32	1,69	1,6	1,03	1,05	18,9	18,85	75,66	76,01	
Разбросной посев с вводом пневмоподачи в нижней части семяпровода (эксперимент).	9,29	8,29	9,08	9,72	1,51	1,87	0,99	1,16	19,1	22,37	74,82	74,29	

За результатами експериментів побудовано графік залежності рівномірності розподілу рослин, довжини і ширини смуги від способів посіву, в умовах ґрунтового каналу (рис. 3.23).

НУБІП УКРАЇНИ

125

НУ

НУ

НИ

НИ

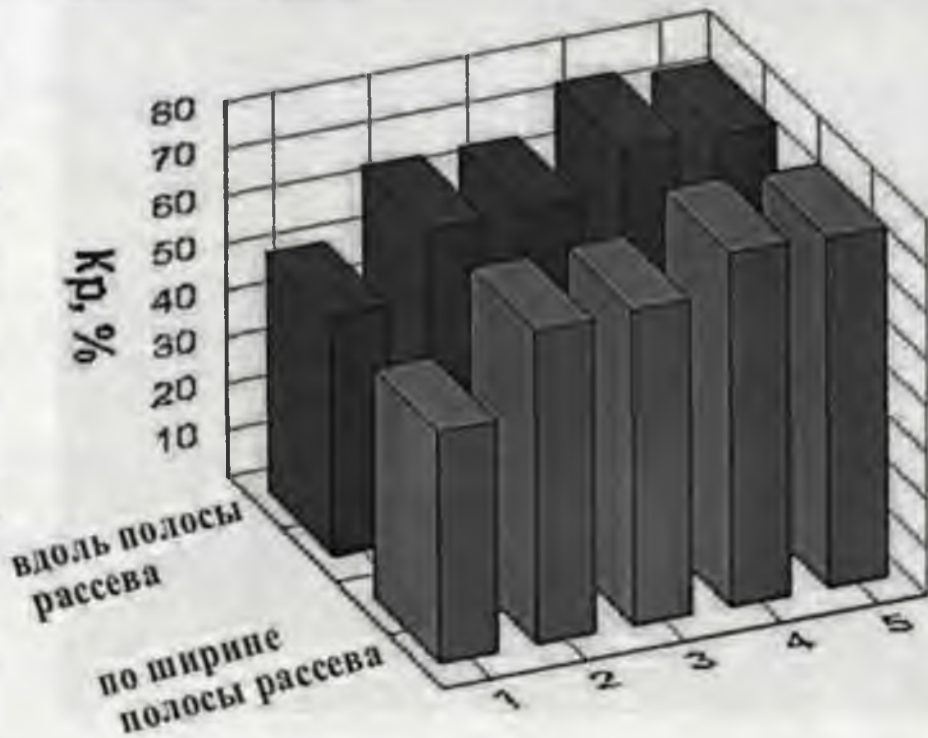


Рис. 3.7. Графік залежності рівномірності розподілу рослин, по довжині і ширині смуги, від способів посіву, в умовах ґрунтового каналу.

1 - звичайний посів сошником без розподільника (СЗС - 6/12); 2 - стрічковий посів сошником з розподільниками (контроль); 3 - розсіювання посіву з введенням пневматичної підгодівлі у верхній частині насіннепроводу трубопроводу (експеримент); 4 - розсіювання посіву з введенням пневматичного корму в середню частину насіннепроводу каналу (експеримент); 5 - розсіювання посіву з введенням пневматичної підгодівлі в нижній частині насіннепроводу каналу (експеримент).

Згідно з представленими даними, видно, що найнижча однорідність досягається в процесі роботи серійного сошника плантатора NWS - 6/12 і становить 49,27% і 51,59% в довжину і ширину смуги відповідно. При використанні сошника з пасивним розподільником (контрольний варіант), без подачі повітря рівномірність довжини і ширини смуги становила 66,83% і 66,05%. Посів сошником з використанням пасивного насінневого розподільника

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України ¹²⁶

в умовах пневматичної подачі, що виводиться в нижню частину насіннепроводу, забезпечує рівномірність 74,82% і 74,29% " в довжину і ширину 124 смужки.

Рівномірність 75,66% і 76,01% в довжину і ширину смуги досягається шляхом подачі повітря в середню частину напівфабрикату. Подача повітря у верхню частину насіннепроводу дала невелике збільшення однорідності, в порівнянні з контрольним варіантом і склала 67,19% і 66,14% в довжину і ширину смуги.

Таким чином, рівномірність розподілу насіння при посіві контрольного варіанту нижче більш ніж на 8 і 9% в довжині і ширині смуги, а при посіві серійного варіанту нижче більш ніж на 26 і 24% в довжину і ширину смуги, в порівнянні з експериментальною системою посіву.

3.5. Результати лабораторно-польових досліджень.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень для обґрунтування раціональних параметрів пневматично-механічної системи сівалки для посіву зернових культур було виготовлено макет зразка, перевірено ефективність його роботи в лабораторії. Польові випробування прототипу, який є модернізованою сівалкою СЕС-6/12, яка оснащена експериментальною пневматично-механічною системою посіву для посіву зернових культур надрами-розсіванням, проводилися на експериментальних полях СІБМІС Таврійського району села Сосновецьке. Для тестування в ВАТ «ОФ СІБМІС» в системі сівозміни було обрано поле, на якому було виділено ділянку для експериментів з укладання. Експериментальна ділянка додатково була розділена на п'ять секцій, які є такими фонами: передпосівна обробка сівалкою СКП-2.1, передпосівна обробка культиватором Lemken, передпосівна обробка бороною БМШ-15, передпосівна обробка душильником ЛДГ-15 і фон без обробки. На експериментальних ділянках були визначені умови випробувань: вологість і твердість ґрунту, структурний склад ґрунту, ущільнення і обприскування ґрунту (додаток «Умови»). 125 Згодом були проведені постійні фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин. В середині фази культивування

НУБІП України ¹²⁷

гербицидна обробка культур проводилася до того, як рослини увійшли в трубочку. Заготівля та облік здійснювався щодня зернозбиральним комбайном

«Сампо130» з електронним ваговий пристрій

НУБІП України

Умови експериментів:

1. Тип ґрунту чорноземний звичайний.

2. Механічний склад середнього суглинку

3. Структурний склад ґрунту дрібно грудковий.

НУБІП України

4. Вологість ґрунту в %, шарами, див.:

0... 5 - 24,10 ... 22,16%

5... 10 - 29,44 ... 27,78%

10... 15 - 28,69 ... 26,26%

НУБІП України

5. Цільність ґрунту, г/см, шарами див.:

0... 5 - 0,75 ... 0,90

5... 10 - 0,76 ...

10... 15 - 0,9 ... 0,99

НУБІП України

6. Для посіву відібрали насіння пшениці «Нива-2», посівні норми 3,5 млн шт/га, енергія проростання 54%; чистота 99,75%; вага 1000 насіння 36,3г; вологість 13,4%.

НУБІП України

3.6. Визначення рівномірності розподілу рослин по довжині і ширині смуги в полі.

Найважливішим показником оцінки якості посіву є розподіл насіння за харчовою площею. Рівномірність розподілу насіння по довжині і ширині смуги в смугу спосіб посіву визначалася з розсади за допомогою каркаса розмірами 500

НУБІП України

х 500 мм (рис. 3.8)

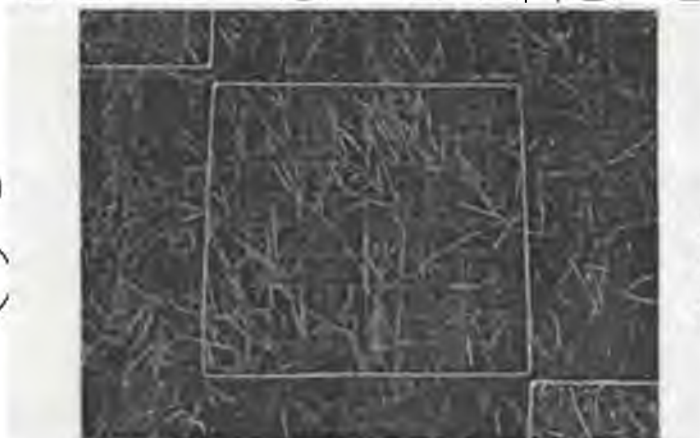


Рис. 3.8. Визначення рівномірності розподілу рослин.

Кадри на ділянці розташовувалися по діагоналі з чотириразовим повторенням. Відстань між рослинами, як уздовж, так і в поперечнику, були зроблені в кожній смугі під час проходження стрілкової лапи. Результати експериментів і розрахунок статистичних показників рівномірності розподілу рослин по довжині і ширині смуги при посіві серійним, контрольним і експериментальним плантатором в польовому агротехнічному експерименті представлені в таблицях 3.5, 3.6.

Розподіл рослин по довжині смуги з швидкістю висіву

$N = 3,5$ млн.шт/га, швидкість руху агрегату V становить $2,5$ м / с.

Статистичні показники

Спосіб посіву	Ср. арифм. відстань між рослинами $X_{ср}, мм$	Ср. кв. відхилення $\sigma, мм.$	Помилка ср. вибірки $m, мм.$	Коефіцієнт варіації $V, \%$	Відносна помилка ср. вибірки $m_B, \%$	Показник Рівномірності розподілення $K_{р\delta} \%$
Рядковий посів сошником без розподільника (СЗС-6/12)	12,4	13,18	3,02	1,06	24,34	51,16
Смушковий посів сошником з розподільником (контроль)	8,8	6,08	1,13	0,69	12,85	69,34
Розкидний посів з застосуванням пневмоподачі посівного матеріалу в сошник (експеримент)	6,1	5,47	0,62	0,89	10,04	78,52

Розподіл рослин по ширині смуги з швидкістю висіву $N = 3,5$ млн шт/га, швидкістю руху агрегату $V = 2,5$ м/с

	Статистичні показники					
	Ср. арифм. відстань між рослинами $X_{ср}, \text{мм}$	Ср. кв. відхилення $\sigma, \text{мм}$	Помилка ср. вибірки $m, \text{мм}$	Коефіцієнт варіації $V, \%$	Відносна помилка ср. вибірки $m_B, \%$	Показник Рівномірності розподілення $K_{р\delta}, \%$
Рядковий посів сошником без розподільника (СЗС-6/12)	4,7	6,2	1,42	1,32	30,37	46,97
Смушковий посів сошником з розподільником (контроль)	6,6	7,65	1,42	1,15	21,46	63,65
Розкидний посів з застосуванням пневмоподачі посівного матеріалу в сошник (експеримент)	5,97	6,52	0,73	1,09	12,35	76,14

За показником нерівномірного розподілу рослин побудовано графік (рис. 3.9) рівномірності розподілу рослин по довжині і ширині смуги.

Кр. %

80
70
60
50
40
30
20
10

вдоль
полосы
по ширине
полосы

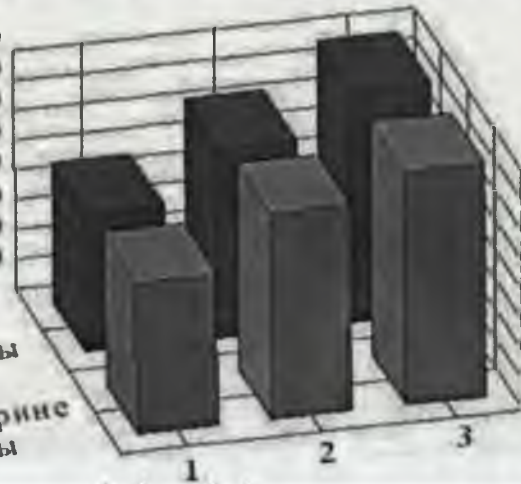


Рис. 3.9 Графік залежності рівномірності розподілу рослин, довжини і ширини смуги, від способів посіву.

1 - звичайний посів сошником без розподільника (ESS - 6/12); 2 - стрічковий посів сошником з розподільниками (контроль); 3 - розсіяний посів з пневматичною підголівлею насіння в сошник (експеримент).

Як видно з графіка рисунка 3.9 і таблиць 3.5 - 3.6, використання пневматичної подачі насіння в сошник (пневмомеханічне висів) дозволяє розподіл насіння з більшою однорідністю, ніж серійна машина ESS - 6/12 і контрольний варіант з пасивним розподільником без використання пневматичного механічного посіву. Показник рівномірності розподілу рослин при нормі висіву $N = 3,5$ млн штук / га, а швидкість руху агрегату $V = 2,5$ м / с по смугі $K_{рн}$ склав: 51,6% (ESS - 6/12), 69,34% (контроль), 78,52% (експеримент) і по ширині смуги $K_{рш}$ відповідно дорівнював 46,97%, 63,65% і 78,14%.

3.7. Визначення рівномірності глибини включення насіння.

При визначенні рівномірності глибини включення насіння в різні методи посіву, в тому числі посіву з використанням експериментальної системи посіву, був використаний метод вимірювання етилової частини рослини (рис. 3. 10) [53].



Рис. 3.10. Вимірювання ґрунтової частини рослини

Результати статистичної обробки наведені в таблиці 3.7.

Глибина інкорпорації насіння

Таблиця 3.7

Показники	Результати розрахунків		
	Розкидний посів (експеримент)	Смушковий посів (контроль)	Рядковий посів СЗС (6-/12)
Середня глибина закладення \bar{x} , см	5,75	4,5	5,25
Середньоквадратичне відхилення σ , см	0,67	0,82	0,91
Коефіцієнт варіації V , %	11,84	17,9	18,3
Помилка середньої вибірки P , см	0,14	0,18	0,27
Відносна помилка середньої вибірки P , %	2,4	4,0	5,1

НУБІП України 137

Порівняльні випробування показали, що експериментальна система посіву

забезпечує стабільний посів зернових культур на глибину 4...6 см (більше 40%)

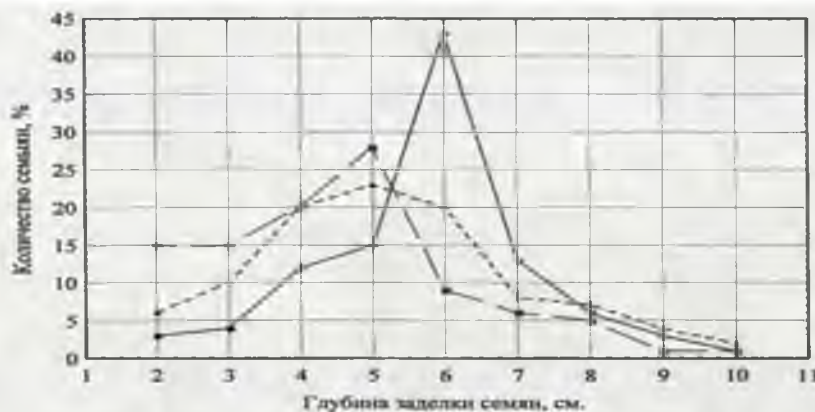
зі швидкістю руху агрегату $U = 2,5 \text{ м / с}$, в порівнянні з контрольним варіантом

(менше 30%) і серійним зразком - сіялкою СКМ - 2,1 (менше 25%) (рис. 3,11)

Середня глибина включення насіння при посіві: сіялка з експериментальною системою висіву становила 5,75 см; стрічковий посів сошником, оснащеним пасивним насіннєвим розподільниками (контролем), становив 4,5 см; звичайний посів серійною машиною (ESS - 6/12) - 5,25 см. Стандартне відхилення показало,

що сіялка, оснащена експериментальною системою посіву, дозволяє запечатувати насіння злаків з більшою однорідністю, в порівнянні з контрольним варіантом і з серійною машиною. Значення стандартного відхилення при посіві експериментальним плантатором складо 0,67, що відповідає агротехнічним вимогам до зернових культур ($\pm 1,0$) см і перевищує цей показник керуючої версії і серійної машини, які дорівнюють 0,82 і 0,91 см відповідно.

Коефіцієнт варіації глибини включення насіння V в експериментальний плантатор також вище, ніж у контрольної версії і серійної машини СКМ - 2,1, і становить 11, 84, 17,8 і 18,3% відповідно.



— разбросной посев с пневмомеханической подачей семян в сошник (эксперимент),
- - - - - полосной посев с установленным распределителем семян
- · - · - · - рядовой посев без распределителя семян.

Рис. 3.11 Криві розподілу насіння в глибині включення під час посіву різними способами.

НУБІП України

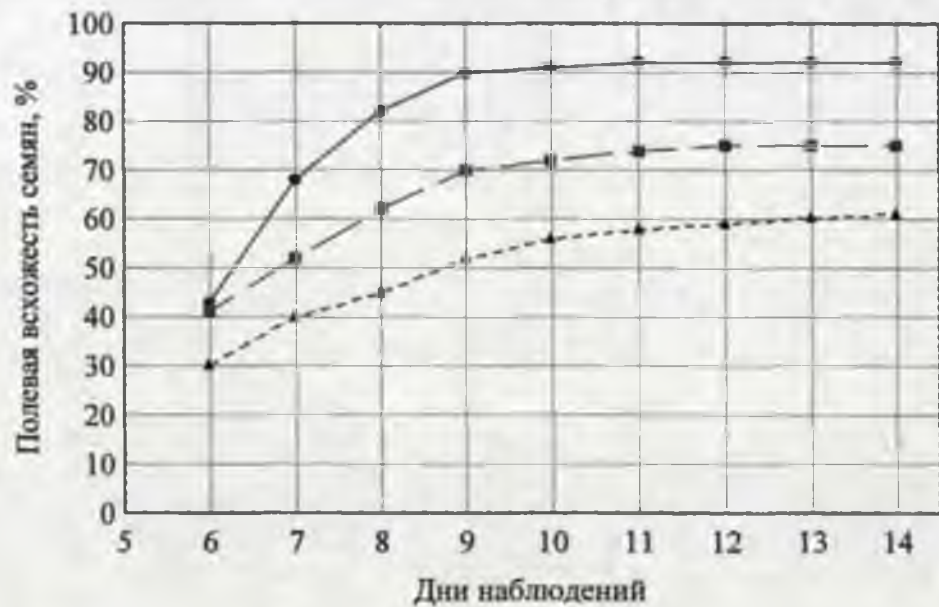
НУБІП України 138

Від рівномірності включення насіння в глибину залежать такі показники, як схожість поля і динаміка появи розсади (дружелюбність розсади).

3.8 Залежність зовнішнього вигляду розсади від способів посіву.

Схожість поля з підрунтово-розкидному посіві стійкою з пневматичним механічним посівом з посівною нормою $N = 3,5$ млн / га становила 92,1%, а при посіві з контрольним варіантом і серійною машиною СКП - 6/12 - 75 і 60,8% відповідно. Динаміка зовнішнього вигляду розсади насіння при посіві експериментальною машиною, а також контрольний варіант і серійний сівалка з встановленими показниками посіву $N = 3,5$ млн / га представлена на рис. 3.12

НУБІП України



— розбросной посев с пневмомеханической подачей семян в сошник (эксперимент)
- - - - - полосной посев с установленным распределителем семян
... .. рядовой посев без распределителя семян.

НУБІП України

Рис. 3.12 Динаміка відносного проростання поля

У перший день появи розсади різниця в кількості насіння, що вирости, між експериментальними і контрольними ділянками становила всього 2%, між експериментальними ділянками і ділянками, засіяними серійним зразком, різниця складала 13%. Різниця в кількості зібраних насіння продовжувала зростати до дев'ятого дня після посіву (четвертий день після появи розсади) і становить

НУБІП України

20 і 38% між експериментом і контрольним варіантом і між експериментом і посівом серійного зразка відповідно. На одинадцятий день спостережень (шостий день з моменту появи розсади) на експериментальній ділянці досягається максимальне значення зійшовшого насіння, в той час як при контролі і висіванні СЗС- 6/12 ділянок розсада продовжує з'являтися, досягаючи максимуму тільки протягом 12 до 14 днів спостережень (7-9 днів з дня появи розсади). Це пояснюється тим, що при субземельних дисперсійних посівах забезпечується більш рівномірний розподіл насіння по площі харчування, і більш дружні пагони надаються в порівнянні з іншими методами посіву. Тому найбільша дружелюбність розсади спостерігалася після посіву модернізованим сівалкою з використанням пневматичної механічної системи посіву і пасивним насінневим розподільником. На один-два дні раніше експериментальних ділянок в кінці появи розсади пояснюється більш рівномірним включенням насіння уздовж шарів глибини. Велика площа харчування і дружелюбність розсади сприяють збільшенню проростання поля і, отже, збільшенню врожайності.

3.9 Залежність врожайності насіння зерна в польових експериментах від способу посіву.

Польовий досвід проводився для визначення впливу типу посівних систем, що забезпечують різні методи посіву (звичайні, смугові, розсіяні) на врожайність зернових культур, за різними фонами передпосівної обробки. Експеримент проводився в 2007-2008 роках за схемою (рис. 3.7), з трічі повторюючими варіантами. Швидкість агрегату V становила 2,5 м/с, швидкість висіву $N = 3,5$ млн штук / га. Дані досвіду наведені в таблиці 4.7. Врожайність, після обмолоту експериментальних ділянок методом безперервного збирання врожаю, визначалася за формулою (3,30). Потім, використовуючи програмне забезпечення STATIST для ПК, був проведений двофакторний аналіз дисперсії,

НУБІП України ¹³⁶

що показує вплив способу посіву і передпосівної обробки на урожай, а також частку впливу кожного з факторів на врожайність [3 7].

НУБІП України

Таблиця 3.8.

Врожайність пшениці т/га сорту Нива-2 в польових і агротехнічних експериментах 2007, 2008

Приём предпосевной обработки	Рядовой посев (СЗС – 6/12)	Полосной посев (контроль)	Разбросной посев с пневмомеханической подачей (эксперимент)		
2007г.	СКП – 2,1	1,33	1,27	1,33	НСР ₀₅ = 0,05
	БМШ	1,18	1,18	1,3	
	Культиватор «Лемкен» (Рубин)	1,1	1,31	1,31	
	ЛДГ	1,05	1,13	1,36	
	Без обработки (контроль)	0,83	1,22	1,32	
	Средняя урожайность	1,1	1,22	1,32	
2008 г.	СКП – 2,1	1,09	0,87	1,41	НСР ₀₅ = 0,07
	БМШ	0,83	0,83	1,36	
	Культиватор «Лемкен» (Рубин)	0,89	0,96	1,06	
	ЛДГ	1,07	1,2	1,53	
	Без обработки (контроль)	0,69	0,91	0,95	
	Средняя урожайность	0,91	0,95	1,26	
Средняя урожайность по годам	1,01	1,09	1,29		

Аналіз експериментальних даних показав, що на розмір врожаю більше впливає фактор рівномірності розподілу, тобто спосіб посіву, його частка склала 63,08% і 67%, за 2007 і 2008 роки відповідно. Частка впливу фактора - прийому передпосівної обробки склала 21,29% і 18%. Відповідно. Використання сівалки, оснащеної пневматичною механічною системою посіву, дозволило отримати підвищення врожайності на 0,28 т/га (27%) в порівнянні з серійною машиною (СЕС - 6/12), і 0,2 т/га (18%) в порівнянні з контрольною версією (УРС - 2,1). З вищесказаного випливає, що для отримання гарантованого врожаю пшениці

НУБІП України

НУБІП України¹³⁷

необхідно сіяти підґрунтового-розкидним способом, найкращу якість якого забезпечує пневматично-механічна система посіву.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СІВАЛКИ-КУЛЬТИВАТОРА

Сумарний річний економічний ефект від застосування удосконаленої посівної машини полягає не тільки в досягненні більш високого рівня врожайності, але і в тому, що застосування підґрунтового розкидного посіву сприяє скороченню кількості бур'янів, а отже, і скорочення гербіцидного навантаження. Збирання зернових, посіяних розкидним способом можна проводити в будь-якому зручному для руху комбайна напрямку.

У наших розрахунках визначається економічна ефективність удосконаленої зерновий сівалки з урахуванням величини прибавки врожаю, яка забезпечується застосуванням експериментальної пневмомеханічної висівної системою.

Сумарний річний економічний ефект від застосування експериментальної посівної машини буде виражатися в отриманні прибутку від реалізації прибавки врожаю, за вирахуванням сумарних витрат на переобладнання серійного і контрольного варіанту.

Визначення економічної ефективності експериментальної сівалки СКПІМ - 2,1 для посіву зернових культур здійснювалося шляхом зіставлення витрат по виконанню технологічного процесу за допомогою вдосконаленої машини, контрольного варіанту СКП - 2,1 м і серійної СКП - 2,1 без пасивних розподільників (СЗС - 6/12), з урахуванням середньої врожайності пшениці, отриманої в польовому агротехнічному досвіді 2007 року.

Серійний і контрольний варіанти позначимо символами над індексу «с» і «до», а удосконаленою - «у».

Продуктивність сівалки за годину експлуатаційного часу:

НУБІП України ¹³⁸

$$W_{зк} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p$$

(4.1)

де B_p – робоча ширина захвату сівалки, $B_p = 2,1$ м

V_p – робоча швидкість агрегату, $V_p = 9$ км/ч;

$W_{зк} = 1,89$ га/год.

Продуктивність сівалки за годину змінного часу визначається по формулі:

$$W_c = W_{зк} \cdot K_{см} \quad (4.2)$$

де $K_{см}$ – коефіцієнт використання часу зміни, для зернових сіянок $K_{см} = 0,8$ [101]. Зональна річна нормативна навантаження на одну сівалку Q_z типу СЗС

(СКП – 2,1) в гектарах складає 118,2 га [73].

Прибавка врожайності культури ΔU в розрахунку на 1 га, центнерів

визначається за формулою:

$$\Delta U_c = U_y - U_c \quad (4.3)$$

$$\Delta U_k = U_y - U_k \quad (4.4)$$

де ΔU_c – прибавка врожаю в порівнянні з серійною машиною;

ΔU_k – прибавка врожаю в порівнянні з базовою машиною;

U_y – врожайність пшениці «Нива – 2» при посіві вдосконаленої сівалки, по результатам досвіду $U_y = 1,29$ т/га;

U_c – врожайність пшениці «Нива – 2» при посіві вдосконаленої сівалки, по результатам досвіду $U_c = 1,01$ т/га;

U_k – врожайність пшениці «Нива – 2» при посіві контрольним варіантом сівалки СКП – 2,1М, по результатам досвіду $U_k = 1,09$ т/га.

Додаткова виручка за рахунок реалізованого приросту врожаю

САВ визначається за формулою:

$$C_{ДВ} = \Delta U \cdot U_p \quad (4.5)$$

НУБІП України

де C_p - середня ціна реалізації 1 тонни насіння пшениці «Нива - 2» (в

середньому за даними Головного Управління сільського господарства

адміністрації Омської області становить 1500 грн. за 1 тону) $C_{гсм}$ визначається за формулою:

$$C_{гсм} = \frac{L_f \cdot \pi}{W_{зк}}$$

НУБІП України

де L_f - вартість одного кг палива, грн., $L_f = 4.8$ грн.;

g - витрата палива за годину, кг., $g = 5.0$ кг [73].

Амортизаційні підрахунки C_a в грн/га знаходять за формулою:

НУБІП України

$$C_a = \frac{B_c \cdot a_c + B_m \cdot a_m}{Q_z}$$

де B_c - балансова вартість сівалки, балансова вартість сівалки типу СЗС (СКП - 2,1) на 2007 рік становить 39000 грн.

НУБІП України

B_m - посівної машини прийнятої за контрольний варіант 39162 грн.; дана сума складається з балансової вартості сівалки серійної машини, витрат на виготовлення комплекту розподільників для насіння і їх установку.

Вартість виготовлення та встановлення розподільників залишає: 18 грн / шт, встановлюються протягом 1 години, при базовій ставці механізатора 18 грн / год. Разом отримуємо: 39000 грн. + 18 · 3 грн. + 18 грн. = 39180 грн.

НУБІП України

B_m - вартість удосконаленої машини складається з балансової вартості серійної машини і витрат на виготовлення і установку елементів пневмомеханічної висівної системи з пасивними розподільниками насіння.

НУБІП України

НУБІП України ¹⁴¹

Витрати на переобладнання серійного зразка БА складаються з наступних елементів:

- пасивні розподільники насіння, 18 грн / шт, 162 грн.
- повітропровідні перехідники 15 грн / шт, $50 \cdot 9 = 135$ грн;
- повітропровід (15 м), 90 грн;
- вентилятор без приводу, найбільш підходящий за типорозміру і технічними характеристиками (ВР - 300 - 45 - 2), 750 грн;
- витрати на виготовлення рами для вентилятора 150 грн;
- виготовлення розподільника повітря, 150 грн.
- гідрорукава з прохідними штуцерами 300 грн;
- гідропривід 1800 грн;
- металовироби 45 грн;
- витрати на установку б ч, 45 грн.

Балансова вартість удосконаленої сівалки дорівнює: $B_c + B_\Delta = (39000 + 3627)$

грн.

B_m - балансова вартість трактора, $B_m = 108000$ грн.;

a_c - норма річних амортизаційних відрахувань сівалки, $a_c = 12.5\%$;

a_m - норма річних амортизаційних відрахувань трактора, $a_m = 17\%$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування C_p в грн/га визначають за формулою:

$$C_p = \frac{B_c \cdot P_c + B_m \cdot P_m}{Q_z} \quad (4.8)$$

де P_c , P_m - норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування відповідно сівалки $P_c = 18\%$ і трактора $P_m = 9.9\%$

НУБІП України

Оплату праці C_m в грн/га визначають за формулою:

$$C_m = \frac{S_m}{W_{зк}} \quad (4.9)$$

де S_m - годинна ставка тракториста, $S_m = 6.14$ грн.

Прямі експлуатаційні витрати C в грн/га визначають за формулою:

$$C = C_{гсм} + C_a + C_p + C_m \quad (4.10)$$

Питомі капіталовкладення K в грн/га визначають за формулою:

$$K = \frac{B_c + B_m}{Q_3} \quad (4.11)$$

Наведені витрати Π грн/га визначають за формулою:

$$\Pi = C + E \cdot K \quad (4.12)$$

де E - коефіцієнт ефективності капітальних вкладень $E = 0,1$.

Економічна ефективність, щодо серійної машини ϵ_n^c і машини прийнятої за контрольний варіант ϵ_n^k в грн/га, застосування удосконаленої сівалки на 1 га визначають за формулами:

$$\epsilon_n^k = (\Pi^c - \Pi^p) + C_{\Delta B} \quad (4.13)$$

$$\epsilon_n^c = (\Pi^c - \Pi^p) + C_{\Delta B} \quad (4.14)$$

Річний економічний ефект ϵ_2 в грн в розрахунок на 1 сівалку визначають за формулою:

$$\epsilon_2 = \epsilon_n \cdot Q_3 \quad (4.15)$$

Термін окупності капітальних вкладень на удосконалення сівалки ($T_{ок}$), визначається наступним чином:

$$T_{ок} = \frac{\Delta B}{\epsilon_2} \quad (4.16)$$

Значення розрахованих показників економічної ефективності проекту наведені в таблиці 4.8.

НУБІП України

Таблиця 4.1

Показники економічної ефективності проекту

Показники	Удосконаленої машини	Контрольний варіант СКП-2.1м	Серійна машина СЗС 6/12
Продуктивність сівалки за експлуатаційний час, $W_{\text{св}}$	1.89	1.89	1.89
Продуктивність сівалки за час змінного часу, W_1	10.6	10.6	10.6
Урожайність, $У$ т/га	1.32	1.22	1.17
Прибавка урожайності $\Delta У$, т. с 1га -В порівнянні з серійною машиною	0.28	0.08	-
-В порівнянні з контрольною машиною	0.2	-	-
Додаткова виручка за рахунок реалізованого приросту урожаю $C_{\text{дб}}$ грн з 1га. -В порівнянні з серійною машиною	301	105	-
-В порівнянні з контрольною машиною	196	-	-
Вартість ГЗМ $C_{\text{гзм}}$ на 1.га	16	16	16
Балансова вартість сівалки, B_c грн	54178.92	49784.43	49569
Балансова вартість агрегату, B грн	191446.92	187052.43	186837
Амортизаційні зняття C_d грн з 1га.	254.72	250.07	249.85
Зняття на ремонт та ТО C_p грн з 1га.	197.48	190.78	190.29
Оплата праці робітникам C_n грн з 1га.	12.2	12.2	12.2
Прямі експлуатаційні затрати C грн з 1га.	457.93	446.59	445.74
Питомі капіталовкладення K грн	1619.38	1582.39	1580.49

НУБІП України ¹⁴⁸

Продовження табл. 4.1.

Річний економічний ефект, Е грн			
-В порівнянні з серійною машиною	33738.57	12499.01	-
-В порівнянні з контрольною машиною	21430.97	-	-
Термін окупності капіталовкладень $T_{ск}$			
-В порівнянні з серійною машиною	0.14	0.0018	-
-В порівнянні з контрольною машиною	0.2	-	-

1. Отримані математичні залежності, що визначають ступінь впливу факторів на характер руху насіння в системі: «насіннепровід – повітряний потік – розподільник зерна – ґрунт».

2. Визначено розподіл насіння по довжині K_{pd} і ширині K_{pu} смуги розсіювання.

Найбільший вплив на рівномірність розподілу насіння здійснюють такі фактори: висота підведення повітряного потоку до насіннепроводу H і швидкість усталеного повітряного потоку в зернопроводі C . Такі фактори як норма висіву N і швидкість руху агрегату в меншій мірі впливають на зміну рівномірності розподілу насіння.

3. В результаті дослідження встановлено значення раціональних параметрів,

таких як: висота підведення повітряного потоку відносно вихідного кінця насіннепроводу $H = 350$ мм, швидкість усталеного повітряного потоку в насіннепроводі $C = 15$ м/с, кут підведення повітря до насіннепроводу $\alpha = 15^\circ$, діаметр повітропроводу $d = 13$ мм, швидкість руху агрегату $V = 2 - 2,5$ м/с, норма висіву $N = 3,5 - 5,5$ млн. шт/га. При цьому досягається максимальне значення показників рівномірності, як уздовж K_{pd} , так і по ширині K_{pu} смуги розсіву. При даних значеннях забезпечується підґрунтова розкидка сівба із шириною розсіву 255 - 270 мм, при ширині захвату сошника 280 мм.

4. Застосування пневмомеханічної висівної системи на базі сівалки СКП-2,1М забезпечило рівномірність розподілу насіння K_p по довжині і ширині смуги 75

і 76% відповідно, що дало прибавку врожаю на 0,28 т/га (27%) порівняно з серійною машиною (СЗС - 6/12) та 0,2 т/га (20%) в порівнянні з контрольним варіантом (СКП-2,1)

НУБІП України ¹⁴⁶

5. Застосування удосконаленої сівалки СКП-2,1М з пневмомеханічною висівною системою, дозволило збільшити економічну ефективність її застосування у порівнянні з серійною машиною (СРС - 6/12) на 224,57 грн/га і 142,65 грн/га з сівалкою (СКП - 2,1) з пасивними розподільниками насіння, що була прийнята за контрольний варіант.

6. Річний економічний ефект в порівнянні з серійною машиною склав

33738,57 грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А.с. 378160 СССР, МКИ А 01С 7/04. Пневматический распределитель семян./ А.И. Олонцев, В.П. Чебыхин, Г.М. Рекубрацкий, П.А. Хегай. -№ 1616796/30-15; Заявлено 26.01.1971; Опубликовано 18.04.1973. Бюллетень №19.
2. А.с. 447980 СССР, МКИ А 01С 7/04. Высевающий аппарат./ В.В. Мальцев. -№1876620/30-15; Заявлено 31.01.1973; Опубликовано 30.10.1974. Бю ллетень №3 2.
3. А.с. 615881 СССР, МКИ А 01С 7/04. Высевающий аппарат./ В.К. Иващев, А.Г. Елисеев. -№ 2450928/30-15; Заявлено 02.02.1977; Опубликовано 25.07.1978. Бюллетень №27.
4. А.с. 759063 СССР, МКИ А 01С 7/04. Пневмовихревое распределительное устройство./ В.И. Тараненко, СП. Богатырёва, Н.Н. Петренко. -№ 2733932/30-15; Заявлено 11.03.1979; Опубликовано 30.08.1980. Бюллетень №32.
5. А.с. 818526 СССР, МКИ А 01С 7/04. Пневматическая высевающая система сеялки./ А.В. Линкей, Л.Г. Мецишениа, К.Г. Иваненко., П.В. Сасолин, Г.М. Пекерман, В.П. Иванов, С.А. Кузнецов, Ю.Н. Бандаренко. -№ 2829824/3015; Заявлено 12.10.1979; Опубликовано 07.04.1981. Бюллетень №13.
6. А.с. 854299 СССР, МКИ А 01С 7/04. Пневматическая сеялка./ В.А Насонов, М.С. Жомко, ЛП Пасечник. № 2885043/30-15; Заявлено 20.02.1980; Опубликовано 15.08.1981. Бюллетень №30.
7. А.с. 917746 СССР, МКИ А 01С 7/04. Универсальная пневматическая сеялка./ А.В. Ликкей, К.Г. Иваница, П.В. Сысолин, Г.М Пекерман. -№ 2866258/30-15; Заявлено 09.01.1980; Опубликовано 07.04.1982. Бюллетень №13.
8. Агроклиматические ресурсы Омской области. Л.: Гидрометеиздат. 1971 г.-187с.
9. Агроклиматический справочник по Омской области. Л.: Гидрометеиздат, 1959,-227с.

НУБІП України ¹⁴⁸

10. Агроэкологическое совершенствование сошников сеялок / Огрызков Е.П., Огрызков В.Е., Кобяков И.Д.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1999. - № 9. - с. 8-9.

11. Баранов В.В. Исследование влияния семяпроводов на распределение семян при посеве. Автореф. дис. канд. техн. наук. - 1960. - 18с.

12. Бахмутов В.А. Размещение семян по площади при рядковых посевах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1980. - № 5. - С 18-20. 13. Бахмутов В.А., Любич В.А. Влияние равномерности распределения растений по площади на урожайность // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1981. - № 5. - С 31-33.

13. Белолодов В.А., Островский И.В. Влияние конструктивных параметров сеялок на равномерность размещения семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1980. - № 3. - С 12 - 15.

14. Беляев Е.А. Посевные машины. - М.: Россельхозиздат, 1987. - 60с.

15. Беседин Б.А., Домрачев В.А., Кем А.А. Системный анализ проблемы качества посевов // Научно-технический бюллетень / ВАСХНИЛ Сиб. Отд — ние, 1987. - Вып 7. - С 20 - 26.

16. Борисенко П. Г. Влияние агротехнических приемов на урожай, ускорение созревания и посевные качества семян яровой пшеницы в подтаежной зоне Омской области: Автореф. дис. канд. с. х. наук. - Омск., 1978. 20 с.

17. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. - М.: Машиностроение, 1976. - 272 с.

18. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебн. для вузов. - 6-е изд. етер. М.: Высш. шк., 1999, 576 с.

19. Верёвкин В. С. Влияние нормы высева на урожай и посевные качества семян яровой пшеницы в условиях южной лесостепи и степи Омской области: Диссертация канд. с.-х. наук. - Омск, 1989. - 159 с: ил.

20. Винер В.В. Овес. Правила возделывания: Для северных и средних черноземных губерний по наблюдениям на Шатиловской опытной станции - 2-изд. - СПб., 1912. - 44с.

21. Вклад молодых учёных в научное обеспечение в АПК Сибири: Материалы конференции молодых учёных СибНИИСХ. - Омгау, ВНИИБТЖ / Сиб. Отд-ние. СибНИИСХ. - Омск, 1999. - 64 с.

НУБІП України

22. Гмурман В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1972. — 368 с.

23. Горячкин В.П. Сборник сочинений. Т.1. -М.: Колос, 1968, - 714 с.

24. ГОСТ 23728-88 - ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. — Введ. С 01.01.88 до 01.01.94. 1988. - 19 с.

25. ГОСТ 26711-89. Сеялки тракторные. Общетехнические требования. М.: Издательство стандартов, 1989.- 10 с.

26. Грималовский. А. М. Влияние гербицидов на нитрификационную способность почвы: аналитический обзор литературы.- Кишинёв.-1977.- С. 30 -

32.

27. Грищенко Ф., В. Шведков. Определение параметров стойки сошника безрядковой сеялки. // Техника в сельском хозяйстве. -1972. -№3.

-С 84-86.

28. Грищенко Ф.В. Анализ работы сошника для безрядкового посева зерновых культур, при различных углах наклона лапы к плоскости наклона // Сб научн работ // Рязанск. СХИ, -1983. -Выпуск 10. С 31-33.

29. Грищенко Ф.В. Основы теории движения семян и распределения их в почве при безрядковых посевах: Сб. научных работ РСХИ, вып 10. Рязань, 1963 г.-с 15-30.

30. Густота насаждений, площадь питания и урожай /Ульрих Н.Н. // Вестнике.- х. науки, 1971. №9. с. 101- 110.

31. Домрачев В.А., Кем А.А., Шевченко А.П. Концепция создания конкурентоспособных посевных устройств при возделывании многолетних трав: Материалы пятой Международной научно-практической конференции (Абакан, 10-12 июля 2002 г.) РАСХН. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2002. - С. 257-259.

32. Домрачев В.А., Кем А.А., Шевченко А.П. Пути совершенствования техники для условий Западной Сибири.

33. Домрачев В.А., Кем А.А., Шевченко А.П. Пути совершенствования технического обеспечения селекционно-опытного дела.

34. Домрачев В.А., Шевченко А.П. Обоснование параметров устройства для разбросного посева мелкосеменных культур: Материалы первой науч. конф. - Омск: Изд-во ОмГАУ, 2001. - С. 39-41.

НУБІП України ¹⁵⁶

35. Доронин В.Г.. Прогноз распространения сорняков на полях Омской области и основные меры борьбы с ними в 2004 году. // Сибирский фермер. 2004. - 2004. - №5(39). - С 9 - 11.

НУБІП України

36. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) - Изд. 4-е перераб. и доп. - М.: Колос, 1979. - 416 с.

37. Земледелие без плуга: актуальные научные достижения и практический опыт. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2001. - № 8.

– С. 42 - 46.

НУБІП України

38. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Любушко Н.И., Зволинский В.Н.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2001. - № 2. — с. 4 - 7.

39. Зональные агротехнические требования к технологиям возделывания зерновых культур в Омской области.- Первая версия.- Омск: изд-во ОмГАУ, 2002.-20 с.

НУБІП України

40. Зырянов. В.А. Равномерность распределения растений по площади при посеве зерновых культур и трав // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1985. -№5. - С 35 -37.

41. Иванов М.А. Садоводство в Омской области. Омск 1958 г.

42. Из истории посевных машин / Семёнов А. Н. // Тр / Кишиневский СХИ им. М.В. Фрунзе, 1959. т. 20. Опытная станция полеводства «Вильямсово», с. 353-371.

НУБІП України

43. Ипполитов Д.В. О способах посева зерновых культур. Прогрессивные способы посева зерновых культур. — М.: Наука, 1959. - 82 с.

44. Казаков Е.Д., Кретовик В.Л. Биохимия дефектного зерна и пути его использования -М.: Наука.-1979 г.

НУБІП України

45. Карпенко А.Н., Холянский В.М. Сельскохозяйственные машины. -8 изд. перераб. и дополн. - М.: Агропромиздат, - 2001.-563 с.

46. Кем А.А., Красильников Е.В. Сборник ОмГАУ посев 50 - мех. Фака

47. Кем А.А., Красильников Е.В. Сборник молод. уч. Новосибирск, 2006

48. Кем А.А., Шарыпов Н.М. , Беседин Б.А. . Способы регистрации посева семян на имитационном стенде.

НУБІП України

49. Клепан Н.И., Саун А.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины, 2-е изд. - М.: Колос, 1980. -671/с

НУБІП України¹⁵¹

50. Клипов А.А., Листопад Г.Е., Устенко Г.П. Программирование урожая: Труды Волгоградского сельскохозяйственного института. -Т XXXVI. 1971. -571 с.

НУБІП України

51. Ковриков И.Т. Обоснование некоторых параметров распределителя семян и сошника безрядковой зерновой сеялки // Тракторы и сельхозмашины. 1976. №3. -С26-28.

52. Ковриков И.Т. Основные принципы разработки распределительных устройств подпочвенно —разбросных сошников зерновых сеялок. / Тракторы и сельхозмашины. -1983. №5. С13 -14

НУБІП України

53. Колясов Ф.Е. Влияние способов посева на условия развития и урожайность зерновых. Прогрессивные способы посева зерновых культур. — М.: Наука, 1959. -82 с.

54. Красильников Е.В Жетписбаев А.Ш Сборник молод уч. СибНИИСХ. 2006

55. Красильников Е. В. Сборник молодых уч. СибНИИСХ 2007 г. Критерий оценки равномерности распределения растений по площади /БахмутовВ.А. Сб. науч. работ//Саратов. СХИ. - 1977-Вып. 98. -с.34-37.

НУБІП України

56. Курбатов А.В. О совершенных способах посева сельскохозяйственных культур. Прогрессивные способы посева зерновых культур. - М.: Наука, 1959. - 82 с.

57. Куц В.Ф. Исследование и обоснование параметров системы: высевающий аппарат - семяпровод - сошник селекционной сеялки.: Диссертация канд. техн. наук. - Омск, 1975. — 145 с.: ил.

НУБІП України

58. Лаврухин П.В. Расширение понятия точности посева. // Земледелие. 2003.-№3.-С. 17-18.

60. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. — Л.: Сельхозгиз, 1955.-764 с.

НУБІП України

59. Любушко Н.И, В.А. Юзбашев, Е.Ф. Кузнецов. Направление развития конструкции зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины. -1985. -№2, -С4550.

60. Любушко Н.И. Методика расчёта и определения равномерности распределения семян зерновых культур по площади. М.: ОНТИ ВИСХОМ. 1970,- 16 с.

61. Качинский Я.А. Технологические основы теоретического и технологического обоснования принципов различных способов посева и

НУБІП України

НУБІП України ¹⁵⁷

создания рабочих органов посевных машин: труды ВИМ, Т. 129.-М.: 1997.С39-47.

62. Малеев М.К. Обоснование параметров рабочих органов сеялок культиваторов для посева на почвах подверженных ветровой эрозии. —Тр. КазНИИМЭСХ, 1975. Т. 5, с95 -118.

63. Мельников СВ. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / СВ. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. - М.: Наука, 1980.-168с.

64. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытноконструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / ВНИИГи. - М.: 1983. - 145 с.

65. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть 2. / Нормативно справочный материал. М.: Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ. 1998-252с.

66. Механизация растениеводства Западной Сибири: Монография/ В. А. Домрачев, И.Ф. Храмов, В.Е. Ковтунов, А.А. Кем. - Омск: ООО Издательскополиграфический центр «Сфера», 2005. - 240с.

67. Михальцов Е. М. Обоснование параметров распределителя семян сошника сеялки для подпочвенного разбросного посева зерновых: Диссертация канд. Техн. Наук. - Новосибирск 2001.-178 с: ил.

68. Михальцов Е.М. К обоснованию выбора подпочвенно-разбросного способа посева как более рационального по отношению к рядковому. // Молодые учёные Сибирского региона - аграрной науке: Тезисы докладов конференции молодых учёных, посвященной 400-летию земледелия Омского Прииртышья (г. Омск, 14-15 июля 1999 г.).- Омск, 2000.- Вып. 1.- С. 73-77.

69. Михальцов Е.М., Кукушкин П.Л. К обоснованию конструкции сошника сеялки зерновой стерневой. / Научно-технический прогресс в механизации сельского хозяйства Сибири: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 40-летию отдела механиз. СибНИИСХоза.- Омск, 1997.- С. 62-65.

70. Начитов Ф.Я. Краткий конспект лекций по курсу: «Организация и управление производством»: Учеб. пособие / Начитов Ф.Я.; Ом. гос. аграр. унт. - Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. - 92с.

71. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. - М.: Высшая школа, 1990.- 607 с.

72. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов - М.: Машиностроение, София: Техника, 1980.-304с.

73. Новый метод оценки распределения семян в рядах // Огрызков Е.П., Огрызков В.Е., Огрызков П.В. // Техника в сельском хозяйстве. - 2005. - № 4. С. 48.

74. Влияние семяпровода на равномерность посева / Комаристов В.Е. // Тракторы и сельхозмашины. - 1960 - №4 - с. 26-30.

75. О влиянии семяпроводов на распределение семян при рядовом и гнездовом способах посева / Баранов В.В. // Сельхозмашины, -1952-№9.- с. 16-18.

76. ГОСТ 10.5.1.-2000. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. - Введ. 15.06.2000. -М.: Минсельхозпрод России, 2000. - 72 с.

77. Патент на полезную модель. Домрачев В.А., Ковтунов, Кем А.А.,

78. Красильников Е.В. 154

79. Пигулевский М.Х. К анализу высева зерна рядовой сеялкой.

80. «Область зерновых траекторий» и «Плоский высев» Пл., 1917.-32с.

81. Планирование, программирование и прогнозирование урожая сельскохозяйственных культур. -М.: ВАСХИЛ, 1975. — 158 с.

82. Посевная техника в России и странах СНГ / Зволинский В.Н., Любушко Н.И. // Техника и оборудование для села. - 2000. - № 2. - С. 5 - 10.

83. Посевная техника ведущих зарубежных фирм / Аронов Э.Л., Вернер Е.А. // Техника и оборудование для села. - 2002. - № 4. - С. 36 - 38.

84. Приемы формирования оптимального посева на начальных этапах развития растений. [Электронный ресурс] - Режим доступа : [http : // www. Library.timacad. ru / sources / electr_izd / Kovalev / 3_priemiform.htm](http://www.Library.timacad.ru/sources/electr_izd/Kovalev/3_priemiform.htm).

85. Развитие конструкций зерновых сеялок прямого посева / Зволинский В.Н., Любушко Н.И. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2003. - № 7. - С. 28-32.

86. Растение почва и гербициды: аналитический обзор литературы. Кишинёв. - 1977.-72с.

87. Растениеводство Омской области: Стат. сб. / Омский облкостат. Омск, 2004.-71с.

88. Результаты опытно-конструкторских работ по созданию зерновых сеялок для посева на скоростях 9-15км/час / Любушко Н.И.// Тр. Всесоюз. НИИ с.-х. машиностроения им. В.П. Горячкина, 1967, вып. 51. Энергетика и параметры машинотракторных агрегатов. С. 24-41.

89. Руденко. И.В. Эффективный способ посева яровой пшеницы. Информационный листок.

90. Свидетельство на полезную модель 51815 РФ, МПК А 01 С 7/20. Почвообрабатывающий рабочий орган.

91. Сельскохозяйственные машины и орудия / Григорьев СМ. [и др.].М.- Л.: Сельхозгиз, 1957.-384с.

92. Сельскохозяйственные машины. Практикум Алинъяев М.Д. [и др.].Подред. А.И. Тарасенко. -М. Колос, 2000.-240с.

93. Семёнов А. Н. Зерновые сеялки. -М.: Машгиз, 1959.-318 с.

94. Синягин И.И Площадь питания растений.-М.: Россельхозиздат, 1979. Смиловенко Д.А. Исследование рабочих органов сеялок для разбросного подпочвенного посева зерновых культур. // Сб научн. трудов. / Белорусский НИИ Механизации. -Минск, 1953.- С27 -29.

95. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: под ред. А.В. Красильченко. -Т -2. 1961 г. -862 с.

96. Стратегия ми тактика исследований в земледелии на основе планирования эксперимента: Метод. Рекомендации / РАСХН. Сиб. Отд-ние; Подгот. А.Я Жежер, А.М. Ктиков, А.Н.Власенко, О.Д. Сорокин. — Новосибирск, 1999. — ПО с.

97. Стрелна И.Г. —Общее семеноведенье полевых культур. -М., Колос, 1966. -463 с.

98. Тенденция развития посевных и посадочных машин. / Сост.: Брандт Ю.К., Соколов В.А. -М.: ВНИИТЭИСХ, 1978. - 52 с.

99. Теория конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин: учебник для вузов/сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой, О.В. Верняев, ИИ. Смирнов, Е.Т. Сулган—Ща, под ред. Е.С. Босого. -2-е изд, перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1977. -568 с.

100. Теория нового технологического процесса сошника / Огрызков Е.П., Огрызков В.Е., Огрызков П.В.// Техника в сельском хозяйстве. - 2003. - № 5. — С. 36-37.

НУБІП України ¹⁵⁵

101. Типовые нормы выработки и расходы топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Часть I. - М.: Колос, 1984. — 660 с. 104.

102. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. -Л.: Гидрометелиздат. 1980.-320 с.

103. Шевченко П.Д. Интенсивная технология возделывания многолетних трав на корм. -М.: Росагропромиздат, 1990. - 256 с.

104. Шевченко А.П. Агроинженерное обоснование устройства для разбросного посева к сеялке СЗТ-3,6/Проблемы Северного Нечерноземья Омской области: Материалы первой науч. конф. - Омск: Изд-во ОмГАУ, 2001. С. 4-5

105. Шевченко А.П. Изучение равномерности распределения растений по площади/Ретроспектива и современное состояние аграрной науки в северном регионе Омской области: Сб. науч. ст. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002.- Вып. 1 . С. 121-126.

106. Шевченко А.П. Изучение физико-механических свойств семян мелкосеменных культур/Ретроспектива и современное состояние аграрной науки в северном регионе Омской области: Сб. науч. ст. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002.-Вып. 1.-С. 115-120.

107. Шпар Д., Элмер Ф., Постникова А., Протасов Н. Зерновые культуры - Мн: «Фул-информ», 2000, 421 с. ПО. Эдельштейн В.И. За высокие урожай овощей. —М.: Сельхозгиз, 1954 г.

108. Экономическая оценка комплексных программ НПО. Колос: Метод, рекомендации / СибНИИСХ. Сост.: Комелев В.С. и др.]. - Новосибирск, 1987. - 62 с.

109. Экономическая эффективность новых сельскохозяйственных машин.: Методика и нормативно-справочные материалы. -М.: Машиз, - 1961. - 314 с.

110. Agritechnica 91; Stimmung besser als die Lage/Sign.: SGA.// Landwirtschaft - Bl. Weser-Ems -1991(-)Jg. 13№49.-S.29.

111. Ewbank N., Buckby L. Lynx engineering enters seed drill market with the seedline system // Landwards.-2002.-Vol.82, № 1.- P. 153-155.

112. Griepentrog H. -W. Zur Bewertung der Fleckenverteilung von Saatung // Landtechnik -1990/-Jg 54 №2. S. 78 -79.

113. Sweeting Harry/ Press wheels and stubble mulehing on tiedowns. — "Power Farming magazine", 1974, 83, №1, P. 4-6.

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

ПОЛІТИКА

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

НУБІ! ПІД КРАЇНИ

НУБІП України ¹⁵⁷

Результати аналізу дисперсії

Коригувальна коефіцієнт $C = 66,39$

Коефіцієнт студента $T_{0,5} = 2,05$ $T_{0,1} = 2,76$

Дисперсія	Сума квадратів	Степінь вільності	Середній квадрат	$F(\Phi)$	$F_{0,5}$	Частка фактора, %
Спільна	1,28	44	-	-	-	-
Повторень	0,02	2	-	-	-	-
A	0,38	2	0,19	13,57	3,34	70,44
B	0,17	4	0,04	3,07	2,71	15,92
AB	0,30	8	0,04	2,63	2,29	13,64
Залишок	0,4	28	0,01	-	-	-

Фактор	$HCP_{0,5}$	$HCP_{0,5\%}$	$HCP_{0,1}$	$HCP_{0,1\%}$
A	0,09	7,33	0,12	9,87
B	0,11	9,47	0,15	12,74
AB	0,20	16,4	0,27	22,07