

УДК 631.362.35.+УДК 633.853.+УДК 631.31

№ держреєстрації 0111U002549

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
72312, м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18,  
ТЕЛ. (0619) 42-13-83, 42-21-32

ЗАТВЕРЖДУЮ:

Директор НДІ МЗПУ,

чл.-кор. НААНУ, д.т.н.,

\_\_\_\_\_ В.Т. Надикто

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015р.

**ЗВІТ**  
**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**  
**ЗА 2011- 2015 р.р.**

п.п. 2. Розробка технологій і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства півдня України

Завідувач відділу: \_\_\_\_\_ чл.-кор. НААНУ, д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії \_\_\_\_\_ д.т.н. Михайлов Є.В.

2015 р.

Результати роботи розглянуті НТР  
Протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

Розділи	Виконавці	ПІБ	Підпис
1	Керівник підпрограми д.т.н., професор	Михайлов Є.В.	
3	к.т.н., доцент	Караєв О.Г.	
2	к.т.н., доцент	Білокопитов О.В.	
1	к.с.г.н., доцент	Кольцов М.П.	
3	к.т.н., доцент	Саньков С.М.	
2	к.т.н., доцент	Вершков О.О.	
1	к.т.н., доцент	Бондаренко Л.Ю.	
2	к.т.н., доцент	Волік Б.А.	
3	к.т.н., доцент	Чижиков І.О.	
2	к.т.н.,	Семенюта А.М.	
3	інж.,	Матковський О.І	
1	інж.,	Білокопитов О.О.	
1	асп.,	Задосна Н.О.	

## РЕФЕРАТ

Звіт з НДР: 66 сторінок, 40 рисунків, 7 таблиць, 26 посилань.

Об'єкти дослідження – технологічні процеси об'єктів післязбиральної обробки зерна; склад олійної сировини соняшнику господарств регіонів України; п'ятикорпусний дисковий плуг; плуг – букер; робочі органи фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах інтенсивного саду; коливальний робочий орган викопувального плуга; процес механізованого садіння підщеп плодових культур у перше поле розсадника апаратом дискового типу.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи: процесів післязбиральної обробки зерна (ПУОЗ); технічних засобів для обробітку ґрунту; садіння та викопування підщеп плодових культур.

Методи дослідження – теоретико - експериментальні методи із застосуванням елементів системного аналізу. Для розробки математичних моделей і методів розрахунку використано основні положення вищої математики, теорії ймовірностей і масового обслуговування, методи ідентифікації та імітаційного моделювання. Перевірка гіпотез і обробка експериментальних даних виконана за стандартними та розробленими програмами.

У даному звіті пропонуються:

- методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна ( на прикладі півдня України);
- обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепаратора попередньої очистки олійної сировини соняшника;
- результати польових досліджень якісних та енергетичних показників роботи дискового п'ятикорпусного плуга;
- теоретичні дослідження плуга – букера для полицевого обробітку ґрунту;
- обґрунтування параметрів садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур;
- обґрунтування параметрів робочого органу плуга для викопування саджанців плодових культур;
- обґрунтування параметрів робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах інтенсивного саду.

ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА ЗЕРНА; ОЛІЙНА СИРОВИНА СОНЯШНИКУ; ПЛУГ – БУКЕР; ДИСКОВИЙ ПЛУГ; ВИКОПУВАЛЬНИЙ ПЛУГ; САДИЛЬНИЙ АПАРАТ; ФРЕЗЕРНА МАШИНА

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Розробка наукових основ підвищення ефективності процесу післязбиральної обробки зерна.....	6
1.1 Методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна ( на прикладі півдня України).....	6
1.2. Обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепаратора попередньої очистки олійної сировини соняшника.....	15
2 Розробка технічних засобів обробітку ґрунту.....	21
2.1 Результати польових досліджень якісних та енергетичних показників роботи дискового п'ятикорпусного плуга.....	21
2.2 Теоретичні дослідження плуга – букера для полицевого обробітку ґрунту.....	27
3 Обґрунтування умов та створення засобів механізації вирощування сертіфікованого садивного матеріалу кісточкових культур на зрошуваних землях України.....	33
3.1 Обґрунтування параметрів садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур.....	33
3.2 Обґрунтування параметрів робочого органу плуга для викопування саджанців плодових культур.....	40
3.3 Обґрунтування параметрів робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах інтенсивного саду.....	49
Література .....	62

## ВСТУП

Післязбиральна обробка зерна - один з найбільш трудомістких етапів його виробництва. Впровадження потокової технології обробки зерна, яка характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій, привело до різкого зниження витрат праці і, разом з тим, показало найбільш часте нераціональне застосування типів агрегатів і комплексів, що використовуються для різних господарських умов. Крім того, при пропонуваніх небагаточисельних розрахунках з обґрунтування параметрів процесу ПУОЗ в більшості випадків не враховується його ймовірно - статистична природа умов функціонування машин і агрегатів в умовах України і особливо в її найбільш зерновиробничих південних районах.

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернотоків проводиться без урахування фактичної продуктивності ЗОМ і достатніх інформаційних та методично - розрахункових баз для конкретного господарства і реальних зональних умов, а це висуває завдання розробки та вдосконалення методики розрахунку параметрів ТО ПУОЗ.

Існує проблема забезпечення якісної очистки олійної сировини соняшнику, що потребує провести дослідження щодо обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепараторів попередньої очистки олійної сировини соняшнику.

При розробці технічних засобів ґрунтообробних машин недостатньо уваги приділяється дисковим плугам за умови їх роботи в специфічних умовах.

Не менш актуальними залишаються проблеми розробки та удосконалення засобів механізації для садіння підщепи плодових культур та викопування їх саджанців.

# **1 РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА**

## **1. 1.МЕТОДОЛОГІЯ ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ( на прикладі Півдня України )**

### **1.1.1 Актуальність досліджень**

Післязбиральна обробка зерна (ПЗОЗ) - один з найбільш трудомістких етапів його виробництва. Впровадження потокової технології обробки зерна, яка характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій, призвело до різкого зниження витрат праці і, разом з тим, показало найбільш часте нераціональне застосування агрегатів і комплексів, що використовуються для різних господарських умов. Крім того, у відомих розрахунках з обґрунтування параметрів процесу післязбиральної обробки зерна в більшості випадків не враховують ймовірно-статистичну природу функціонування машин і агрегатів в умовах України і особливо в її найбільш зерновиробляючих південних районах.

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернокомплексів проводиться без урахування фактичної продуктивності зерноочисних машин (ЗОМ) і достатніх інформаційних та методичних розрахункових баз для конкретного господарства і реальних зональних умов, а це висуває завдання розробки та вдосконалення методики розрахунку параметрів технічної оснащеності (ТО) ПЗОЗ.

Раціональний підбір технічних засобів та їхніх параметрів в умовах господарств регіону дозволить за усередненими розрахунками знизити експлуатаційні витрати на 15 ... 20 грн. /т, і лише для південних регіонів України отримати економію коштів у розмірі 105 ... 140 млн. грн., що підтверджує актуальність теми.

### **1.1.2 Мета дослідження.**

Підвищення ефективності післязбиральної обробки насінневого і товарного зерна шляхом формування методології обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів.

#### **Завдання дослідження:**

1. Дати оцінку рівня технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна в господарствах півдня України.

2. Розробити багаторівневу систему ТО ПЗОЗ, математичні моделі функціонування технічних засобів, оціночні показники та критерії їх оптимальності.

3. Розробити методологію покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна.

4. Провести оцінку умов функціонування технічних засобів ПЗОЗ.

5. Обґрунтувати склад технічних засобів, оптимізувати їх конструктивні, технологічні, кінематичні параметри та провести їх випробування у виробничих умовах.

6. Оцінити ймовірно - статистичні зв'язки технічних засобів і розробити математичні моделі прогнозування якості роботи серійних і експериментальних машин і агрегатів ПЗОЗ.

7. Розробити методику обґрунтування складу і функціональних параметрів технічної оснащеності процесу ПЗОЗ.

8. Виконати практичну реалізацію та економічне обґрунтування розробленої методики розрахунку функціональних параметрів і складу серійних і експериментальних технічних засобів ПЗОЗ.

*Об'єкт дослідження* - технологічний процес післязбиральної обробки зерна в умовах господарств півдня України.

*Предмет дослідження* - взаємозв'язки складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна з показниками якості їх роботи і енерговитратами.

### **1.1.3 Методи дослідження.**

Робота виконана теоретико - експериментальним методом із застосуванням елементів системного аналізу. Для розробки математичних моделей і методів розрахунку використано основні положення вищої математики, теорії ймовірностей і масового обслуговування, методи ідентифікації та імітаційного моделювання. Перевірка гіпотез і обробка експериментальних даних виконана за стандартними та розробленими програмами.

#### 1.1.4. Результати досліджень.

Подана задача є задачею математичного програмування.

Запропонована методологія покомпонентної процедури обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна містить в собі наступні етапи.

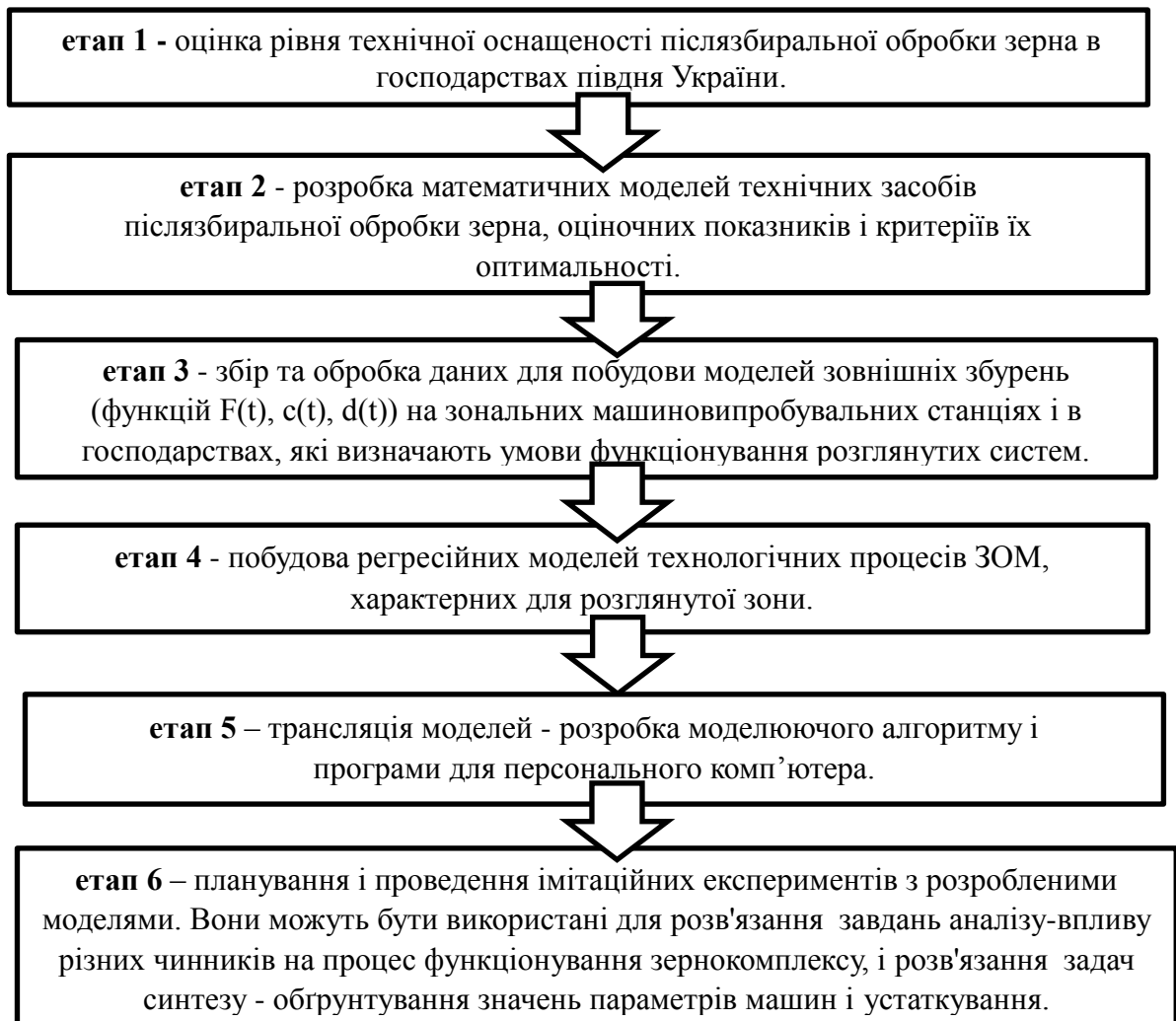


Рис. 1.1 - Структурна схема етапів покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна.

Це дозволило обґрунтувати склад та функціональні параметри технічних засобів ПЗОЗ в умовах господарств півдня України на прикладі навчального господарства ТДАТУ «Лазурне».

У результатах наведені дані за: зерновими культурами та розподілом господарств за валовим збором ЗМ; метеорологічними умовами та календарними термінами прибирання; статистичними характеристиками якості ЗМ; впливом якості вхідних матеріалів на продуктивність і підбір обладнання; технічною оснащеністю процесу післязбиральної обробки зерна в південних районах України.

У результаті дослідження числових характеристик вихідних матеріалів отримані графіки якості зернових матеріалів за засміченістю, натурою і вологістю (Рис. 1.2 – 1.8).



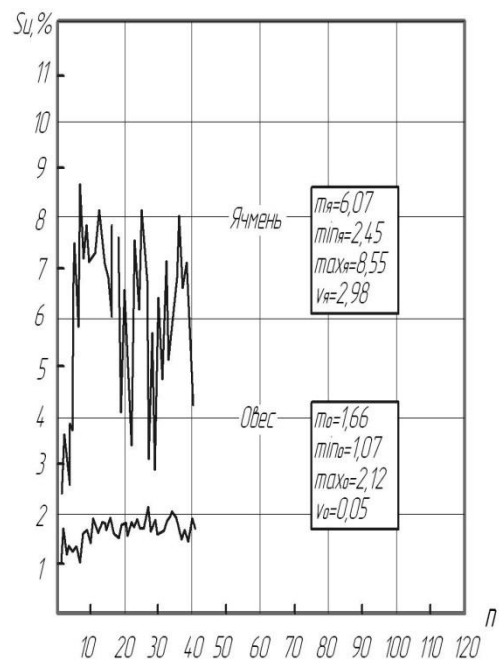
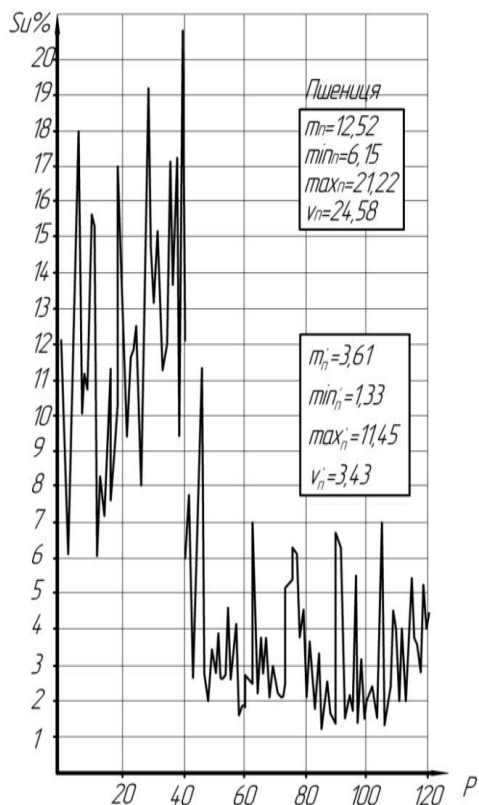


Рис. 1.2. - Якість вихідного зернового матеріалу за засміченістю  $Su(t)$

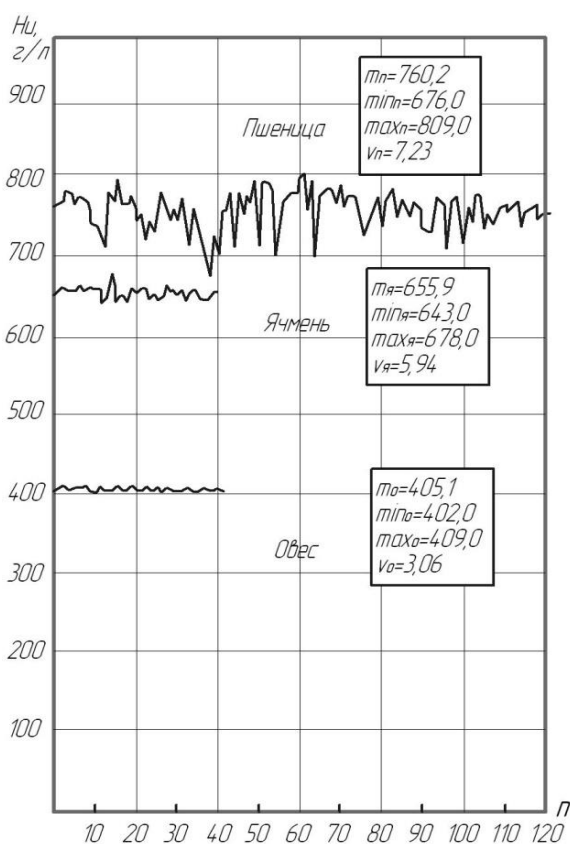


Рис. 1.3 - Якість вихідного зернового матеріалу за натурою  $Hu(t)$

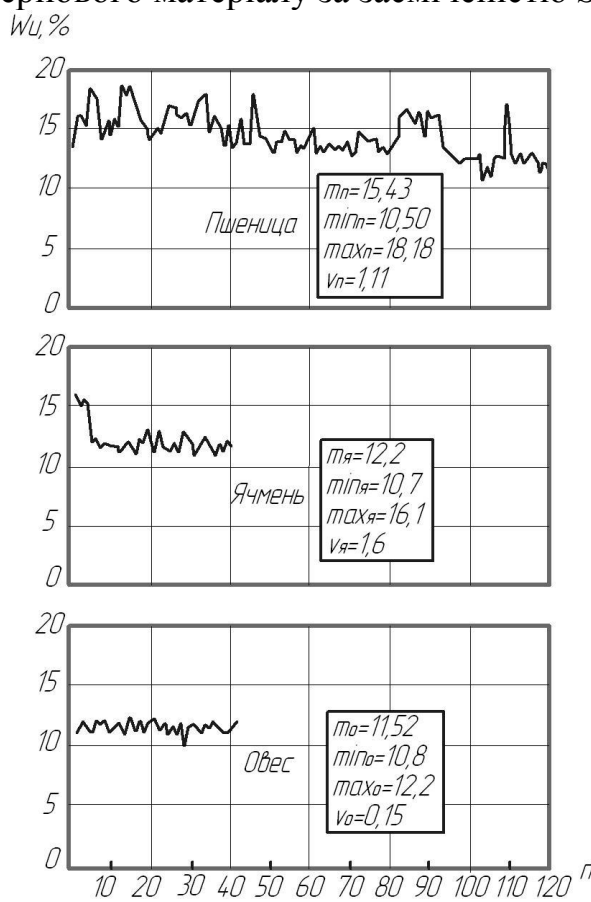


Рис. 1.4 - Якість вихідного матеріалу за вологістю  $Wu(t)$

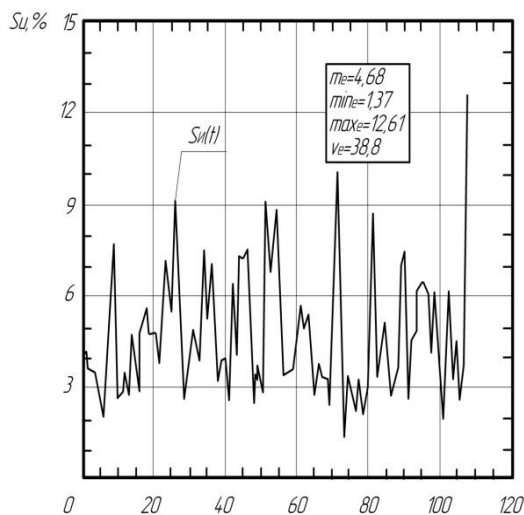


Рис. 1.5 - Якість вихідного зернового матеріалу пшениці елітного фонду за засміченістю  $Su(t)$

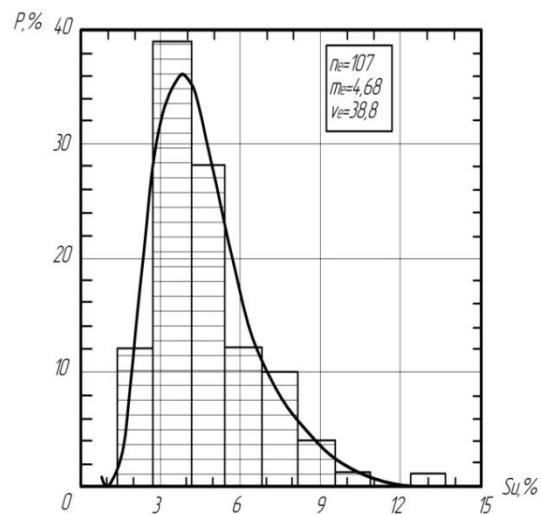


Рис. 1.6 - Розподіл загальної засміченості  $Su(P)$  вихідного матеріалу пшениці елітного фонду.

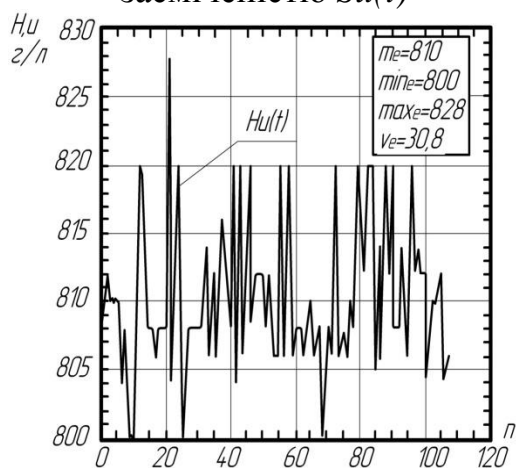


Рис. 1.7 - Натура  $Hu(t)$  вихідного зернового матеріалу (пшениця елітного фонду)

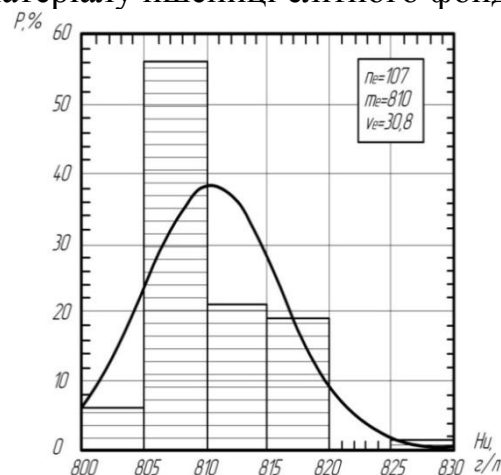


Рис. 1.8 - Розподіл натури  $Hu(P)$  вихідного зернового матеріалу (пшениця елітного фонду)

Отримано числові характеристики для системи випадкових величин, що характеризують умови роботи зерноочисних машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна.

Це дозволяє стверджувати, що вологість при таких числових характеристиках не впливає на показники якості роботи зерноочисних машин і агрегатів.

Встановлено високий рівень кореляційних зв'язків ( $R = 0,8 \dots 0,9$ ) між засміченістю і натурою зернових матеріалів, що служить основою непрямого методу для розробки експрес - аналізаторів засміченості та планування імітаційного експерименту для визначення часу обслуговування обсягів зерна на технічних засобах та продуктивності цих технічних засобів.

Розроблено ворохоочисник скальператорного типу та удосконалено лінію для обробки вороху на стаціонарі.

На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи ворохоочисника за рахунок подачі псевдозрідженого слою зернового матеріалу на зовнішню поверхню циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 2,0-2,5 рази в залежності від обробляємих зернових культур. Визначено технологічні, конструктивні та кінематичні параметри ворохоочисника: діапазон швидкості повітряного потоку у пневмосепараційній камері  $3,5-6,7 \text{ мс}^{-1}$ ; діаметр циліндричного решета (ЦР) – 600 мм; кут подачі ЗМ до ЦР –  $15^\circ$ ; коефіцієнт "живого" перетину лотка - інтенсифікатора –  $45^\circ$ ; частота обертання ЦР –  $20 \text{ мин}^{-1}$ ; частота обертання ротора діаметрального вентилятора –  $680 \text{ мин}^{-1}$ . Переваги ворохоочисника - простота конструкції, відсутність коливань і вібрацій, використання вентилятора діаметрального типу, створення умов мінімального травмування насіння, невелика енерго-металоємність у порівнянні з аналогами (МПО-50, СПО-50).

В результаті застосування ворохоочисника в агрегаті ЗАВ-40 продуктивність лінії збільшилась на 30-35%, а приведені витрати скоротилися у 1,7 рази.

Удосконалено технологічні та конструктивні параметри універсального сепаратора вороху УСВ-0,5 лінії для обробки вороху на стаціонарі. Збільшено на 25% діаметр підсівного решета, обмежено максимальне значення повітряного потоку у пневмокамері у діапазоні 3,0-4,2 м/с, поперечний перетин пневмотранспортеру сміття зменшено з розмірів  $500 \times 500 \text{ мм}$  до  $350 \times 350 \text{ мм}$ . Це дозволило поліпшити показники роботи сепаратора. Так, продуктивність сепаратору збільшилась на 10-15%, а енергоємність зменшилась на 7-10%.

Вивчено угруповання господарств, що займаються збиранням в регіоні, вибрано 148 господарств, в т. ч. 43 насінницьких.

При цьому встановлено, що в буртах найчастіше містяться 50 і більше відсотків необробленого зерна. Більш ніж у 75 % господарств відсутня поточна технологія обробки зерна. Лише в 3...5 % господарств є спеціальне насіннеочисне обладнання. Більш ніж у 80 % господарств не існують або не використовуються лабораторії з визначення якості зернових матеріалів.

Для визначення складу і параметрів зерноочисного комплексу використовувалася наступна стратегія. Задавались параметри для трьох варіантів; виконувалось моделювання; проводився аналіз результатів. У разі, якщо комплекс відповідає вимогам і обмеженням – припиняли роботу, якщо ні, то визначали «вузькі місця» і межі зміни параметрів, що задавались, і цикл моделювання повторювався до досягнення позитивного результату.

Розроблено методику обґрунтування функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ з використанням імітаційного моделювання. Для модельованої технології ПЗОЗ зерновий ворох від комбайнів надходить на зернокомплекс протягом 10 годин, зернокомплекс працює цілодобово. Сезонний збір задається по конкретному господарству за даними багаторічних спостережень. Розрахункове добове надходження зерна

приймається 10 % від сезонного, місткість транспортного засобу приймається 6 м<sup>3</sup>.

На прикладі господарства учгосп "Лазурне" ТГАТУ з валовим збором зерна 4900 т. визначені наступні параметри технологічного обладнання: продуктивність норії 50 т/год; кількість норій - 1; ширина робочих органів МПО, см - 150; кількість МПрО - 1.

Значення коефіцієнта добового використання обладнання для: норії - 0,362; МПО - 0,424; МПрО - 0,720.

Обсяги ємностей (ОБВХ) склали, м<sup>3</sup> для: завальної ями - 23,1; ОБВХ перед МПО - 25,86; ОБВХ перед МПрО - 116,76; ОБВХ загальний - 147,8.

Враховуючи розподіл валового сезонного збору зерна у господарствах регіону можна зробити висновок, що ємності для тимчасового вмісту зерна повинні починатися з модуля місткістю від 100 м<sup>3</sup> і більше.

### **1.1.5 Висновки**

Розв'язуючи науково-технічну проблему щодо підвищення якості зерна та зниження енерговитрат на його обробку в умовах господарств півдня України, отримані наступні результати.

1. Проведеним аналізом стану технологій ПЗОЗ встановлено, що потужності існуючих в Україні поточних технологічних ліній забезпечують обробку в середньому тільки 50 ... 60 % зернового матеріалу, що надходить за добу від комбайнів. При перевалочному методі обробки зерна експлуатаційні витрати збільшуються в 2...5 разів порівняно з використанням потокової технології. Рівні технічної оснащеності та енергоозброєності суміжних господарств одного району (області), які мають приблизно однаковий валовий збір зерна, відрізняються в 2...3 рази, а експлуатаційні витрати - до 5 разів. Визначено, що однією з основних причин такого стану є недостатня ефективність існуючих методик підбору складу і функціональних параметрів зернокомплексів, що не дозволяє враховувати реальні продуктивності машин і устаткування, і ймовірно - статистичну природу умов їх функціонування.

Перспективний підбір складу і функціональних параметрів технічних засобів для проєктованих і реконструйованих зернокомплексів повинен обґрунтовуватися на валовому зборі зерна для класів господарств та забезпеченні принципу поточності застосованих технологій.

2. Вперше розроблено багаторівневу систему технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна. Опис функціонування системи здійснюється за допомогою побудови графа стану та складання системи лінійних алгебраїчних і диференціальних рівнянь, в результаті чого отримані лістинги програм в пакеті MathCad - розв'язання системи рівнянь та визначені ймовірності функціонування системи. Це дозволило обґрунтувати параметри технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна. Наприклад: продуктивності норій і зерночисних машин; місткості завальних ям і відділень тимчасового зберігання зерна зернокомплексів.

3. Розроблено методику прогнозування якісних показників

зерноочисних машин за допомогою регресійних математичних моделей функціонування об'єктів післязбиральної обробки зерна. Її особливість полягає у використанні методу ідентифікації, багатопараметричних регресійних моделей та наданні багатовимірних моделей у вигляді одновимірних. Визначено оціночні показники та критерії їх оптимальності, які є підставою отримання регресійних моделей прогнозування якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів у виробничих умовах.

4. Розроблено алгоритм покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна. Це сприяє розвитку технічного прогресу в швидкості освоєння нових технологій післязбиральної обробки зерна. При цьому в 2-3 рази зменшуються наведені витрати на проектування, будівництво та проведення натурних випробувань зернокомплексів.

5. Побудовано інтегральні криві функцій розподілу вірогідності функціоналу  $Q_{\text{сез}}$  - валового збору зерна для класів господарств. Отримано закони розподілу обсягів зернової маси на технічні засоби для 3 -х варіантів модельованих зернокомплексів, які відрізняються значеннями коефіцієнтів добового використання устаткування і місткостями завальних ям і відділень тимчасового зберігання зерна. Розроблено алгоритм і моделюючу програму для реалізації імітаційного експерименту на базі реальних даних роботи досліджуваних об'єктів у виробничих умовах. Запропоновано класифікувати господарства - виробники зерна за показниками обсягу виробництва. За допомогою отриманого закону розподілу обсягів виробництва зерна в господарствах півдня України встановлено 14 класів господарств. Це дозволило за оцінними критеріями визначити кращий варіант з трьох модельованих зернокомплексів.

6. Отримано числові характеристики по засміченості, натурі та вологості ЗМ, що характеризують умови роботи зерноочисних машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна.

Це дозволяє стверджувати, що вологість при таких числових характеристиках не впливає на показники якості роботи зерноочисних машин і агрегатів.

Встановлено високий рівень кореляційних зв'язків ( $R = 0,8 \dots 0,9$ ) між засміченістю і натурою зернових матеріалів, що служить основою непрямого методу для розробки експрес - аналізаторів засміченості та планування імітаційного експерименту для визначення часу обслуговування обсягів зерна на технічних засобах та продуктивності цих технічних засобів.

7. Розроблено ворохоочисник скальператорного типу та удосконалено лінія для обробки вороху на стаціонарі.

На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи ворохоочисника за рахунок подачі псевдозрідженого слою зернового матеріалу на зовнішню поверхню

циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 2,0-2,5 рази в залежності від обробляємих зернових культур. Визначено технологічні, конструктивні та кінематичні параметри ворохоочисника. В результаті застосування ворохоочисника в агрегаті ЗАВ-40 продуктивність лінії збільшилась на 30-35%, а приведені витрати скоротилися у 1,7 рази.

У сепараторі вороху УСВ-0,5 лінії для обробки вороху на стаціонарі удосконалено конструктивні та технологічні параметри. Продуктивність сепаратору збільшилась на 10-15%, а енергоємність зменшилась на 7-10%.

8. Розроблені математичні моделі прогнозування якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів. Встановлено високий коефіцієнт варіації (37...50 %) вхідних і вихідних показників роботи зерноочисних машин і агрегатів. Виняток становить ворохоочисник скальператорного типу, у якого якісні та кількісні зв'язки між вхідними та вихідними факторами мають коефіцієнти кореляції 0,74...0,80.

Це дозволяє використовувати його як стабілізатор - збагачувач потоку ЗМ на вході в зерноочисну лінію.

Виявлена суттєва (на 20...40 %) помилка у визначенні продуктивності зерноочисних машин за технічними характеристиками у відмінності від показників їх якості в реальних умовах, що є основою для коригування існуючих методик розрахунку складу і функціональних параметрів зернокомплексів.

9. Розроблено методику обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна з використанням імітаційного моделювання, що дозволило на прикладі господарства учгосп "Лазурне", з валовим збором зерна 4900 т визначити наступні склад і параметри технічної оснащеності: продуктивність норії 50 т/год; кількість норій - 1; продуктивність МПО 50 т.; кількість МПрО - 1.

Значення коефіцієнта добового використання обладнання для: норії - 0,362; МПО - 0,424; МПрО - 0,720.

Обсяги ємностей (ОБВХ) склали, м<sup>3</sup> для: завальної ями - 23,1; ОБВХ перед МПО - 25,86; ОБВХ перед МПрО - 116,76; ОБВХ загального - 147,8.

При післязбиральному обробітку зерна енерговитрати знизилися на 30...40 %, а якість зерна підвищилась на 25...30 %.

10. Впровадження результатів досліджень у виробництво представлено технологіями та розробленими і випробуваними нами засобами післязбиральної обробки зерна.

Так, розроблено проекти зернокомплексів і виконана їх реконструкція в господарствах Красногвардійського району Автономної Республіки Крим, Василівського району Запорізької області, Приазовського району Запорізької області та в навчальному господарстві Таврійського державного агротехнічного університету "Лазурне".

Рекомендації щодо вдосконалення технологічних процесів

післязбиральної обробки зерна товарного зерна і насінневого фонду передані НВО " Еліта" Автономної Республіки Крим та головному управлінню АПР Запорізької облдержадміністрації.

11. Розроблений ворохоочисник скальператорного типу та удосконалена лінія для обробки вороху на стаціонарі випробувані і впроваджені в ННЦ «ІМЕСГ» (сmt. Глеваха), ГСКБ по жниварках (м. Бердянськ ) і дочірньому підприємстві "Гуляйпільський механічний завод" "ВАТ Мотор Січ" (м. Гуляйполе).

12. Раціональний підбір технічних засобів та їх функціональних параметрів дозволить за усередненими розрахунками знизити експлуатаційні витрати на 15... 20 грн./т. Так, при валовому зборі зерна 7,0 млн. тонн у південному регіоні України це дозволить отримати економію коштів на післязбиральний обробіток зерна в господарствах в розмірі 105... 140 млн. грн.

## **1.2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЧИСТКИ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКА**

### **1.2.1. Актуальність досліджень**

Отримання високоякісного насінневого матеріалу та олійної сировини соняшнику для переробної промисловості неможливо без якісної післязбиральної обробки. Тому важливого значення набуває необхідність очищення та сортування насіння, що дає можливість розділяти олійну сировину соняшнику на фракції і зменшити втрати повноцінного насіння та олійних домішок.

Високопродуктивні машини попереднього очищення зерна, як правило, використовують принцип поділу частинок по геометричних розмірах та у повітряному потоці. Незважаючи на широке використання явища руху матеріальних частинок в сучасних зерноочисних машинах, пов'язаних з сепарацією складових олійної сировини, кількісні закономірності руху тіл з урахуванням опору повітряного середовища і сьогодні потребують досліджень. Особливо це відноситься до вороху насіння соняшнику та його складових, вивченість яких недостатня, що робить проблему післязбиральної обробки соняшнику актуальною.

Існуючі технології і технічні засоби сепарування сировини олійних культур, не дають можливості якісно здійснювати розділення насінневого вороху, так як фізико-механічні та аеродинамічні властивості соняшнику та інших фракцій дуже схожі. Попередні дослідження показали, що найпростіше і найефективніше це здійснювати на пневморешітному сепараторі скальператорного типу з замкненою повітряною системою.

Дослідження таких технічних засобів і способів сепарування насіння олійної сировини соняшнику є актуальними в південному регіоні України.

### **1.2.2. Мета дослідження**

Підвищення ефективності процесу попередньої очистки олійної сировини соняшника машиною з замкненою пневмосистемою за рахунок обґрунтування її раціональних конструктивних та технологічних параметрів.

#### ***Завдання дослідження:***

1. Дати оцінку рівня технічних засобів попереднього очищення соняшнику;
2. Обґрунтувати конструктивно – технологічну схему жалюзійного повітрярозподільника машини попереднього очищення олійної сировини соняшника з замкненою пневмосистемою;
3. Розробити математичні моделі процесу аеродинамічного поділу складових олійної сировини соняшника у зоні жалюзійного повітрярозподільника;
4. Визначити вологість, натуру, фракційний склад та аеродинамічні властивості олійної сировини соняшника, яка надходить у господарства Півдня України;
5. Обґрунтувати конструктивні та технологічні параметри жалюзійного повітрярозподільника;
6. Провести виробничі випробування та надати техніко - економічну оцінку машини попереднього очищення олійної сировини соняшника з замкненою пневмосистемою.

*Об'єкт дослідження* – жалюзійний повітрярозподільник машини попередньої очистки соняшнику з замкненою пневмосистемою.

*Предмет дослідження* – взаємозв'язки режимів роботи, конструктивних та технологічних параметрів жалюзійного повітрярозподільника з підвищенням якості насіння та зменшенням енерговитрат на його обробку.

### **1.2.3. Методи досліджень**

Дослідження процесу сепарування олійної сировини соняшника здійснювались на основі теоретичного аналізу та експериментів.

Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин.

Експериментальні дослідження проведено з використанням розроблених методик та існуючих державних стандартів, регресійного аналізу, статистичних методів опрацювання результатів досліджень, стандартного та спеціально створеного експериментального обладнання.

Розрахунки виконували із застосуванням сумісних програмних пакетів “MATLAB 6,5”, “Microsoft Office Excel 2007”, Statistica 8.0.

### **1.2.4. Результати досліджень**

Для встановлення та визначення параметрів і режимів технологічного процесу роботи машини попередньої очистки зерна обґрунтована схема технологічна пневморешітного сепаратора зерна із замкнутою повітряною системою (Рис.1.1).



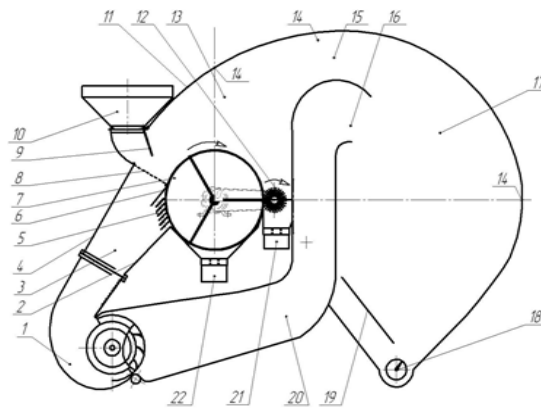


Рис. 1.1 Схеми технологічна пневморешітний сепаратор зерна із замкнутою повітряною системою

1 - вентилятор діаметральний; 2-стінка нижня; 3 - канал повітрярозподільний; 4 - стінка верхня; 5- повітрярозподільник жалюзійний; 6 - стінка середня; 7 - решето циліндричне; 8 - лоток-інтенсифікатор; 9 - заслінка; 10 - бункер; 11 - стінка верхня камери пневмосепарації; 12 - щітка очисна; 13 - камера пневмосепаруюча; 14 - обічайка; 15 - канал пневмосепаруючий; 16 - горловина; 17 - камера осадова; 18 - пристрій виведення легких домішок; 19 - площина відбійна; 20 - канал зворотний всмоктувальний; 21 - клапан виведення крупних домішок; 22 - клапан виведення фракції очищеного зерна.

Запропонована машина для очищення зерна (Рис.1.) Складається з встановленого під кутом  $60^\circ \dots 70^\circ$  до горизонтальної площини діаметрального вентилятора 1, до вихідної горловині якого встановлений повітрярозподільний канал 3, який у верхній частині перекритий лотком-інтенсифікатором 8. Верхня стінка 4 повітрярозподільного каналу 3 прилягає до початку лотка-інтенсифікатора 8 і до кінця завантажувального пристрою бункера 10 із заслінкою 9. Нижня стінка 2 повітрярозподільного каналу 3, прилягаючого до циліндричного решета 7 з горизонтальною віссю обертання виконана у вигляді жалюзійного повітрярозподільника 5. Лоток-інтенсифікатор 8 має перфоровану поверхню, а жалюзі повітрярозподільника 5 мають можливість змінювати живий перетин і кут нахилу жалюзі. Для очищення поверхні циліндричного решета 7 встановлена очисна щітка 12 з горизонтальною віссю обертання. Простір зверху циліндричного решета 7 і очисної щітки 12, обмежено верхньою стінкою 11, створює пневмосепаруючу камеру 13. Знизу циліндричного решета 7 і очисною щітки 12 встановлені клапани виведення фракції очищеного зерна 22 і клапан вивода крупних домішок 21. Продовження пневмосепаруючої камери 13 переходить у осадочну камеру 17 в нижній частині якої встановлена відбійна площина 19 і пристрій виведення легких домішок 18. У верхній частині осадочної камери

встановлено горловина 16 зворотного всмоктуючого каналу 20, з'єднаного з діаметральним вентилятором 1.

Аналізуючи умови переходу зернового потоку з лотка - інтенсифікатора на циліндричне решето (ЦР) (Рис. 1.2) приймаємо наступні допущення [9]:

- опір повітря відсутній;
- взаємодія часток, що надійшли на поверхню лотка і ЦР, не враховується;
- частки зернового матеріалу є абсолютно твердими тілами;
- розглядаємо частки як матеріальні точки при їхньому відносному русі по поверхні решета;
- коефіцієнт тертя точки об поверхню барабана постійний і не залежить від швидкості її руху і тиску;
- швидкість виходу струменів повітря з отворів лотка-інтенсифікатора постійна по довжині і ширині лотка;
- рух зернової суміші по поверхні лотка-інтенсифікатора здійснюється з рівномірним розподілом матеріалу по довжині і ширині лотка, висоті шару і з постійної порізністю;
- частка рухається по зовнішній поверхні циліндра з відставанням.

При цьому на крапку М буде діяти сила ваги  $G$  нормальна реакція поверхні  $N$ , сила тертя  $F$ , тангенціальна сила інерції  $C^t$  і нормальна сила інерції  $C^n$ .

Просіванню зернівок через поверхню циліндричного решета сприяє швидкість шару  $V_c$  зернового матеріалу, що розкладається на дві складові – нормальну  $V_c^n$ , спрямовану по радіусі усередину циліндра, і тангенціальну  $V_c^t$ .

При влученні часток у зону струменя повітря, що виходить із щілини лотка-інтенсифікатора зі швидкістю  $V_{л}$ , на шар зерна будуть діяти (Рис.1.2 б):  $R$  - сила впливу повітряного потоку;  $S$  - складова сили  $R$  на переміщення зернового шару;  $T$  - складова сили  $R$  на псевдозрідження матеріалу;  $F_{л}$  - сила тертя шару зерна об бічні стінки лотка;  $P_1$  - сила нормального тиску шару зерна на поверхню лотка;  $P_2$  - гравітаційна складова на переміщення шару матеріалу.

У результаті отриманої апріорної інформації, вивчення літературних джерел можна припустити, що класичний математичний опис розглянутого процесу представляє велику складність через велику кількість, як внутрішніх, так і зовнішніх сил, що діють на зерновий матеріал при різних етапах її проходження по робочому органі.

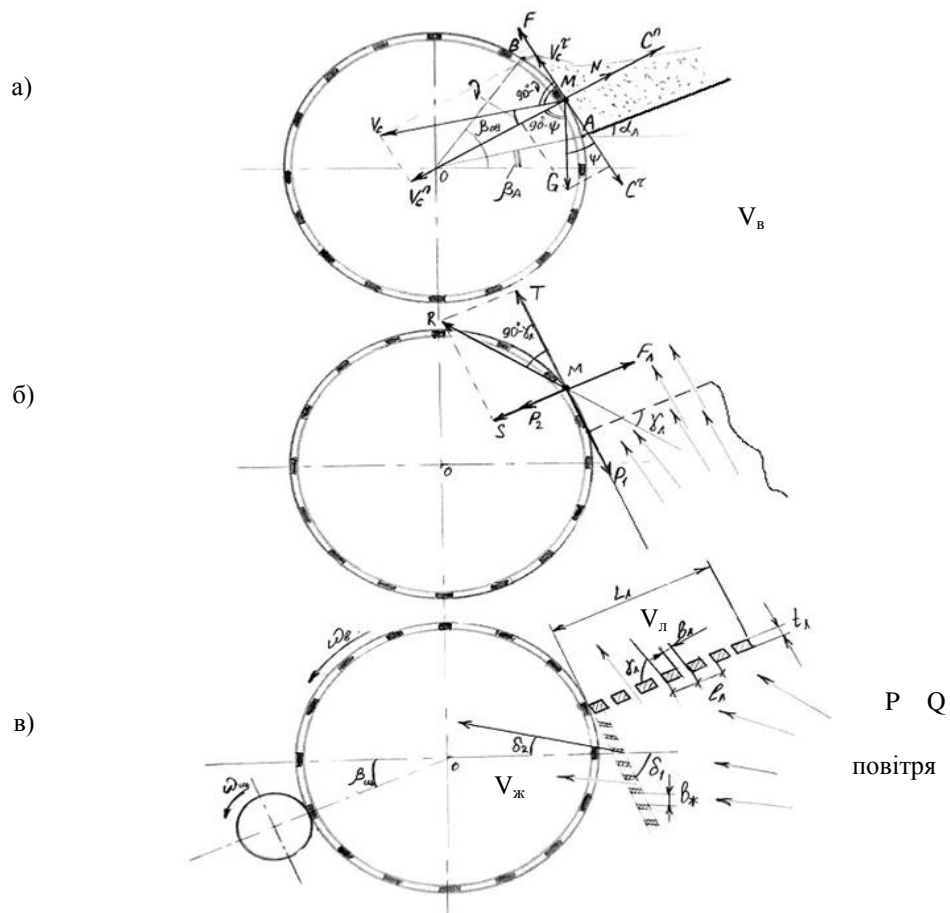


Рис. 1.2 - Схема до визначення умов переходу зернового потоку з лотка-інтенсифікатора на циліндричне решето:

- а) схема сил, діючих на зерно без впливу повітря;
- б) схема сил, діючих при впливі повітря на зерно крізь лоток-інтенсифікатор;
- в) схема при подачі повітря до лотка-інтенсифікатора та жалюзійного розподільвача та їх параметри [8].

Тому користуючись даними досліджень було виділено 7 параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна:

- швидкість повітряного потоку, м/с;
- подача зернового матеріалу, кг/с;
- кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі, град;
- кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої, град;
- коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника, %;
- положення стінки рухомої середньої, град;
- положення стінки рухомої задньої, град.

На підставі попередніх досліджень та апріорного аранжування факторів для проведення багатфакторного експерименту було визначено 3 фактори:

- швидкість повітряного потоку, м/с;
- кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої, град;
- коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника, %.

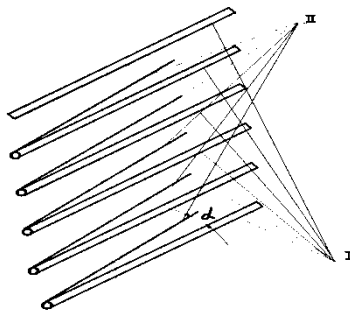


Рис. 1.3 Нерухомі та рухомі жалюзі

I - нерухомі жалюзі, II - рухомі жалюзі,  $\alpha$  - кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої.

Для оцінки ефективності процесу очищення сировини були використані повнота виділення домішок та втрати повноцінного насіння.

Таким чином, в результаті реалізації плану другого порядку були отримані математичні моделі (1) у вигляді поліномів другого ступеня, які адекватно описують процес сепарації олійної сировини соняшнику.

$$y_1 = 0,71 - 0,213x_1 - 0,14x_2 + 0,22x_3 - 0,34x_2x_3 + 0,52x_1^2 - 0,13x_2^2 - 0,27x_3^2 \quad (1.1)$$

$$y_2 = 0,5 - 0,17x_1 - 0,21x_2 - 0,34x_3 + 0,47x_1x_2 + 0,11x_1x_3 + 0,07x_2x_3 - 0,06x_1^2 + 0,077x_2^2 - 0,021x_3^2$$

Перше з рівнянь характеризує зміну повноти ввіделення домішок в залежності від параметрів і режимів роботи експериментального робочого органу, а друге рівняння описує характер змін втрат повноцінного насіння. Подальший аналіз цих рівнянь дасть можливість провести моделювання технологічного процесу і визначити раціональні значення параметрів і режимів роботи експериментального пневмосепаратора олійної сировини соняшнику.

### 1.2.5 Висновки

1. Рівень технічних засобів попереднього очищення соняшника не забезпечує якісної підготовки як насіння, так і олійної сировини для переробної промисловості.

2. Обґрунтовано конструктивно – технологічну схему жалюзійного повітрярозподільника машини попереднього очищення олійної сировини соняшника з замкненою пневмосистемою.

Розрахункова питома продуктивність пневморешітного сепаратора в 2 ... 2,5 рази вище продуктивності існуючих зерноочисних машин, оснащених циліндричними решетами з горизонтальною віссю обертання і зовнішньої робочої поверхнею.

Пневмосепаратор простий по конструкції, має меншу металоенергоємність у порівнянні з існуючими машинами попереднього очищення зерна, не має вібруючих і коливних елементів конструкції.

3. Розроблено регресійні математичні моделі процесу аеродинамічного поділу складових олійної сировини соняшника у зоні жалюзійного повітрярозподільника.

4. Визначено вологість, натуру, фракційний склад та аеродинамічні властивості олійної сировини соняшника, яка надходить у господарства Півдня України, які свідчать про зміну властивостей. Таким чином, встановлено, що чистота вихідного матеріалу, складала: по математичному

очікуванню  $Z(\text{cp}) - 92,762 \%$  , максимальне значені  $Z(\text{max}) - 97,1\%$ , мінімальне значення  $Z(\text{min}) - 84,6 \%$ , при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma - 3,778 \%$  і коефіцієнті варіації  $v - 4,073 \%$ .

5. Аналіз отриманих значень показує, що олійна домішка, яка включає в себе щуплі, подрібнені та пошкоджені насіння, по своїм діапазону критичної швидкості витання практично входить до складу повноцінного насіння соняшнику за винятком частини подрібнених, які разом з легкими домішками підуть у відходи.

6. Легкі домішки, частково знаходяться в середині діапазону критичних швидкостей повноцінного насіння і велика їх частина може бути відокремлена повітряним потоком. Аналіз результатів значень критичних швидкостей, складових вороху соняшнику, показує, що можливо лише часткове виділення їх зі складу вороху.

7. Аналіз аеродинамічних властивостей крупних домішок, показує, що найбільший діапазон критичної швидкості знаходиться саме у цієї категорії домішок. В той же час велика кількість крупних домішок за характеристикою входить до складу інших домішок, а отже їх виділення можливе за умови обробки насінневого вороху на пневмосепараторах з використанням як повітряних потоків, так і решіт.

8. Аналіз значень критичних швидкостей насіння інших рослин показав, що їх наявність, з 60 -ти проб має місце всього в п'ятьох пробах. Аналіз результатів значень критичних швидкостей, насіння інших рослин і бур'янів, свідчить, що виділити їх із складу вороху соняшнику повітряним потоком не представляється можливим.

9. На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи пневмосепаратора за рахунок подачі псевдозрідженого слою матеріалу на зовнішню поверхню циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 2,0-2,5 рази. Визначено технологічні, конструктивні та кінематичні параметри: пневмосепаратора діапазон швидкості повітряного потоку у пневмосепараційній камері  $3,5-6,7 \text{ мс}^{-1}$ ; коефіцієнт "живого" перетину жалюзійного повітрярозподільника – 30-75%; частота обертання ротора діаметрального вентилятора –  $320-680 \text{ мин}^{-1}$ . Переваги пневмосепаратора - простота конструкції, відсутність коливань і вібрацій, використання вентилятора діаметрального типу, створення умов мінімального травмування насіння, невелика енерго-металоємність у порівнянні з аналогами (МПО-50, СПО-50).

10. Техніко-економічні показники ефективності впровадження машини попереднього очищення олійної сировини соняшнику на прикладі аграрного підприємства Півдня України з обсягом валового збору соняшника 2000т. складуть (у цінах 2015 р.): експлуатаційні витрати - 147 грн./т; наведені витрати - 94547 грн.; річний економічний ефект – 91348 грн.; термін окупності додаткових капітальних вкладень - 3,42 року.

При використанні машини попереднього очищення олійної сировини соняшнику в умовах олійноекстракційних підприємств ці показники збільшаться у 1,2 – 1,4 рази.

## **2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ**

### **2.1 РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКІСНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИСКОВОГО П'ЯТИКОРПУСНОГО ПЛУГА**

#### **2.1.1 Актуальність досліджень**

Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва України нерозривно пов'язане з поліпшенням використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) під час виконання різних технологічних процесів. Зокрема, для найбільш трудомісткої технологічної операції – оранки, яка займає 35–40% загального обсягу робіт у рослинництві, необхідність покращення якості обробітку ґрунту обумовлена потребою у досягненні сучасного рівня задоволення вимог вирощуваних сільськогосподарських культур щодо повноти загортання пожнивних залишків і добрив, вирівнювання поверхні поля, рівномірності глибини обробітку тощо. Численними дослідженнями встановлено, що існуючі орні МТА працюють, як правило, з відхиленням фактичної глибини оранки від заданої у межах  $\pm 2,0 \dots 3,5$  см, що спричинює недобір врожаю, наприклад, зернових культур на 7–8%, збільшення витрат палива на 3–5% та зменшення продуктивності агрегатів, тому підвищення якісних і зменшення енергетичних показників основного обробітку ґрунту є актуальною проблемою

**Мета дослідження** – підвищення якісних і зменшення енергетичних показників основного обробітку ґрунту.

**Об'єкт дослідження** - порівняльний процес оранки машинно-тракторним агрегатом у складі трактора МТЗ-82 з експериментальним дисковим п'ятикор-пусним плугом та трактора Т-150К з серійним полицевим плугом ПЛН-5-35 у реальних умовах експлуатації з урахуванням впливу різних випадкових факторів виробничого середовища

#### **2.1.2 Програма досліджень.**

1. Проаналізувати способи та технічні рішення з підвищення рівномірності руху орних агрегатів на основі колісних тракторів та навісних плугів.
2. Дослідити процес руху орного агрегату у робочому положенні.
3. Експериментально оцінити експлуатаційні показники роботи дискового орного агрегату;
4. Визначити техніко-економічну ефективність роботи орного агрегату.

### **2.1.3 Методика досліджень.**

Методика досліджень базується на ГОСТ 24055 - 88, ОСТ 70.4.1- 80, ГОСТ 24057 – 88, ГОСТ 20915-75, ДСТУ 4397: 2005 [40 - 44]

### **2.1.4 Результати досліджень**

Практичне застосування виконаних досліджень і оцінка економічної ефективності основного обробітку ґрунту

Виробничі дослідження виконувались в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Аврора» Оріхівського району Запорізької області.

Під час проведення виробничих досліджень ґрунтообробних агрегатів, проводилося хронометрування роботи, з метою визначення часу простою на очищення робочих органів від накопичених на них ґрунту і рослин.

Порівнюючи результати хронометрування, доведено, що час витрачений на очищення робочих органів агрегату у складі трактора МТЗ-82 з експериментальним дисковим п'ятикорпусним плугом на 30 % менше, ніж трактора Т-150К з серійним полицевим плугом ПЛН-5-35 у реальних умовах експлуатації. Це значення збільшується зі збільшенням щільності ґрунту і розмірів рослин.

Фрагменти роботи експериментального дискового п'ятикорпусного плуга в умовах виробництва представлено на рисунку 2.1., а основні техніко -

економічні показники таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика проведення порівняльних лабораторно – виробничих досліджень

№	ПОКАЗНИКИ	ВАРІАНТ	
		Базовий	Експериментальний
1.	2.	3.	4.
Характеристика умов проведення лабораторно – виробничих досліджень			
1.	Дата проведення досліджень	3 15...24 серпня 2013 року	
2.	Місто проведення виробничих досліджень	Поле №3 – 87,3га, поле №4 – 117,3га, поле №5 – 113,3 га, поле №6 – 99га, поле № 7 - 65,7га	
3.	Агрофон	Стерня озимої пшениці, що поросла бур'янами (48 діб після збирання)	
4.	Тип ґрунту	Чорнозем звичайний, важко - суглинистий, слабо еродований	
5.	Глибина обробітку	до 25см;	
6.	Рельєф поля	пересічений, ухил до 3 %;	
7.	Розмір поля	L – 1800м; В(загальна) – 2400м; (432 га)	
8.	Вологість ґрунту в шарі	0...5 см – 18,4%; 5...10 см – 18,0% 10...15 см – 17,2%; 15..20 см – 17,1%	
9.	Щільність взятих ґрунтових зразків, г/см <sup>3</sup>	$\rho_{(min)} = 1,19 \text{ г.см}^{-3}$ ; $\rho_{(max)} = 1,34 \text{ г.см}^{-3}$ ; $\rho_{(cp)} = 1,27 \text{ г.см}^{-3}$ .	
10.	Кількість ударів твердоміру ДорНДІ по горизонтах	до 10 см – 25,6 від 10 до 20 см 29,7	
11.	Кут внутрішнього тертя, град	$\varphi_{(min)} = 54$ град; $\varphi_{(max)} = 68$ град; $\varphi_{(cp)} = 61$ град.	
12.	Кількість бур'янів на 1 м <sup>2</sup> довжиною	від 100 до 200 мм – 18,1шт; більше за 200 мм – 11,3шт.	
Характеристика МТА для проведення лабораторно – виробничих досліджень			
13.	марка трактора:	T-150К;	МТЗ-82;
14.	довжина трактора, мм;	5000	4700
15.	марка машини	плуг ПЛН-5-35	плуг ПД-5
16.	довжина машини, мм;	4280	3500
17.	експлуатаційна маса трактора, кг;	8150;	4700
18.	експлуатаційна маса – машини, кг;	950;	800
19.	максимальна ширина захвату, м;	1,75	1,4
20.	робоча швидкість, км/год.	8,3	9,3
21.	припустима робоча швидкість, км/год.	- до 11	
Характеристика вартісних і нормативних показників			
22.	вартість трактора, грн.;	543200;	176400;
23.	вартість машини	27832 грн	21613 грн
24.	норма амортизації для трактора, %	15	15
25.	норма амортизації для машини, %	15	15
26.	Нормативне завантаження на рік: - трактора – год; - машини – год.	1550 120	1550 120
27.	Норма витрат на ТР, ТО і зберігання: %, - $\alpha_{ТО}$ - норма відрахувань на ТО; - $\alpha_3$ -норма відрахувань на зберігання; - $\alpha_{ТР}$ - норма відрахувань на ремонт.	11 0,2 8	11 0,2 8





Рис. 2.1 – Фрагменти роботи експериментального дискового п'ятикорпусного плуга конструкції ДП «Гуляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор Січ»

Таблиця 2.2-Техніко-економічні показники орного експериментального диско-вого п'ятикорпусного плуга ПД-5 в порівнянні з полицевим плугом ПЛН-5-35

№ п.п	Показники	Варіант		Варіант	
		Розрахунковий	Проект	Експериментальний	Проект
		Базовий	Проект	Базовий	Проект
1	Вид роботи	Основний обробіток ґрунту			
2	Об'єм роботи, га	216	216	216	216
3	Склад агрегату: трактор машина	Т-150К ПЛН-5-35	МТЗ-82 ПД-5	Т-150К ПЛН-5-35	МТЗ-82 ПД-5
4	Продуктивність, га/год	1,31	1,16	1,19	1,12
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	164,9	186,2	181,51	192,86
6	Кількість обслуговуючого персоналу:	1	1	1	1
7	Витрати праці, люд.·год/га	164,9	186,2	181,51	192,86
8	Тарифний розряд роботи	V	V	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	15,5	15,5	15,5	15,5
10	Норма витрати пального, кг/га	20,79	11,82	23,86	12,62
11	Балансова вартість, грн:				
	- трактор	543200	176400	543200	176400
	- машина	27832	21613	27832	21613
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	10,0	10,0	10,0	10,0
13	Експлуатаційні витрати, грн/га	793,41	408,21	826,9	416,14
	у тому числі:				
	а) Основна і додаткова заробітна плата	19,52	22,05	21,49	22,83
	б) Амортизаційні відрахування:				
	– трактор	46,07	16,9	44,17	15,24
	– машина	26,56	23,3	29,23	24,12
	– всього	72,63	40,2	73,4	39,36
	в) Витрати на ПММ	207,9	118,2	238,6	126,2
	г) Витрати на ТО, ТР, зберігання,				
	– трактор	482,8	219,56	482,85	219,55
	– машина	10,56	8,2	10,56	8,2
	– всього	493,36	227,76	493,41	227,75
14	Капітальні вкладення, грн/га	2643,66	916,9	2643,66	916,9
15	Приведені затрати, грн/га	1189,96	545,74	1223,45	553,67
	На весь обсяг роботи, грн	257031,36	117880,9	264265	119593
16	Річний економічний ефект, грн		139150,5		144672

### **2.1.5 Висновки:**

Аналіз представлених порівняльних результатів досліджень, які виконано на основі як експерименту так і розрахунку, показують, що по більшості експлуатаційних показників, робота експериментального п'ятикорпусного орного плуга, краще, а ніж полицевого. Так, при незначному, більш високому показнику продуктивності орного полицевого агрегату, витрати палива як в розрахунковому варіанті так і у експериментальному більше ніж на 40 % у порівняно з експериментальним дисковим п'ятикорпусним орним плугом, а звідси і економічний ефект майже вдвічі вищий ніж при експлуатації полицевого плуга.

## **2.2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛУГА – БУКЕРА ДЛЯ ПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

### **2.2.1 Актуальність досліджень**

В процесі роботи реакція корпусу звичайного полицевого плуга складається з опору ґрунту на різання лемешем і опору на переміщення підрізаного шару полицею. Враховуючи, що леміш і полиця встановлені під кутом до напрямку руху, виникає поперечна складова реакції опору, яка компенсується польовою дошкою. Виникає питання, якщо поперечні складові реакції лемеша і полиці спрямувати у протилежні боки, то в ідеальному випадку можна відмовитись від польової дошки. Останнє суттєво зменшить тяговий опір, і як наслідок, навантаження на ферму.

В сільськогосподарській практиці відомий плуг, в якому правообертаюча полиця працює з лівопідрізаючим лемешем. Таке знаряддя отримало назву «букер». Агрегати, в основу яких покладено такі робочі органи не отримали широкого розповсюдження, бо їх використання з мобільними агрегатами не має сенсу. Проте цей принцип можна використати для взаємної компенсації реакцій лемеша і полиці у мостовому землеробстві.

### 2.2.3 Програма досліджень

У відповідності до прийнятих параметрів розрахувати значення поперечних складових тягового опору плуга-букера

### 2.2.4 Методика дослідження

Методика дослідження базується на основних положення хвищії математики та теоретичної механіки.

### 2.2.5 Результати досліджень

Суто теоретично така компенсація можлива, (рис. 2.1). Якщо розглянути схему діючих сил, то видно, що бокова сила  $F_B$  у випадку традиційного плуга спрямована в бік стінки борозни (вид а), а у випадку букера – в протилежний бік (вид б).

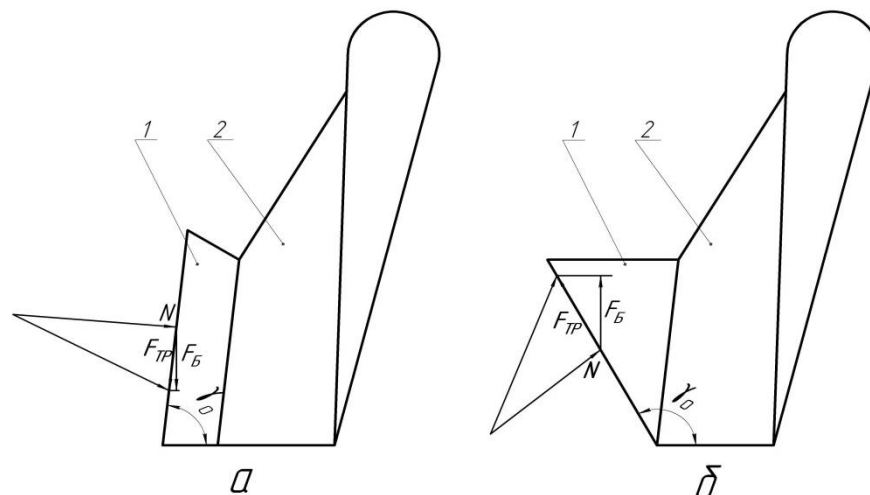


Рисунок 2.1 - Корпус (а – серійний плуг, б – букер): 1 – леміш; 2 – полиця

У відповідності до розрахунків за методикою А.М. Панченка [17, 36] сила різання ґрунту лемешем складає приблизно 70 % від загального опору плуга. Легко підрахувати, що в залежності від кута внутрішнього тертя ґрунту  $\gamma_0$  нахилу леза лемеша до стінки борозни,  $F_B$  буде становити від 5 до 20% від загального опору корпусу, тобто, бокові (поперечні) складові опору лемеша і полиці можна у значній мірі компенсувати.

А.М. Панченко [17, 36, 37, 38 ] розробив загальну теорію визначення загального тягового опору плуга. Виділимо з загальної теорії складові на різання і на переміщення ґрунту вздовж полиці.

Аналітична розрахункова формула для визначення тягового опору різання ґрунту для леза ріжучого периметра має вигляд

$$\begin{aligned}
P_{P1} = C_{yд} \cdot \left[ b \cdot a + \frac{0,66 \cdot a^2 \cdot ctg \varphi_2}{\cos(\alpha_p + \varphi_2)} \right] \cdot tg(45^0 + \varphi_2) + 4,9 \cdot b \cdot a^2 \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \gamma \times \\
\times [\sin \varphi_2 + \cos(\alpha_p - \varphi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot tg \varphi_1] + a^2 \cdot \{0,5 \cdot C_{yд} \cdot [tg(45^0 + \varphi_2) + ctg(\alpha_p)] \times \\
\times \frac{0,66 \cdot ctg \varphi_2}{\cos(45^0 + \varphi_2)} + 4,9 \cdot \delta_p \cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \gamma\} \cdot tg \varphi_1 + K'(z+x \cdot tg \varphi_1) \cdot b \\
+ 9,81 \cdot b \cdot a \cdot \gamma \times \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2
\end{aligned} \quad (2.1)$$

де  $b$  – приведена ширина захвату;  
 $a$  – глибина оранки;  
 $\alpha_p$  – кут різання;  
 $\varphi_1$  – кут тертя ґрунту по сталі;  
 $\varphi_2$  – кут внутрішнього тертя ґрунту;  
 $\gamma$  – питома вага ґрунту;  
 $K'$  – межа несучої спроможності;  
 $z, x$  – параметри площадки затуПЛення леза;  
 $\theta$  – задній кут леза;  
 $\delta_p$  – товщина лемеша;  
 $\alpha_p$  – кут постановки лемеша до дна борозни.

Пристосуємо наведену формулу до наших умов (рис. 2.2.). В проєкції на поперечний напрямок  $F_B = P_{P1}$ .

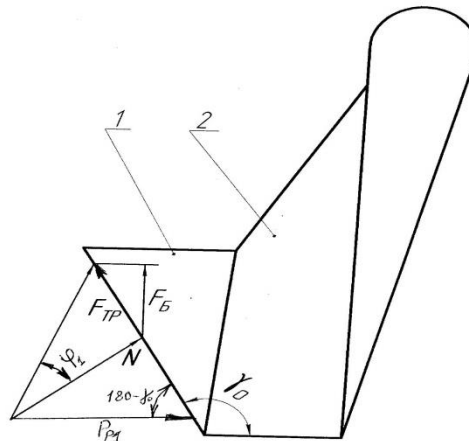


Рисунок 2.2 - Схема до визначення бокової складової різання

лемешем

У відповідності до схеми

$$N = P_{P1} \cdot \sin(180 - \gamma_0) = P_{P1} \cdot \sin(\gamma_0) \quad (2.2)$$

$$F_{TP} = N \cdot tg \varphi_1 = P_{P1} \cdot \sin(\gamma_0) \cdot tg \varphi_1 \quad (2.3)$$

$$F_B = F_{TP} \cdot \sin(180 - \gamma_0) = P_{P1} \cdot \sin^2(\gamma_0) \cdot tg \varphi_1 \quad (2.4)$$

Тяговий опір ґрунту на рух вздовж полиці

$$W_{вд} = 4,9 \cdot K_{ск} \cdot L \cdot H^2 \cdot tg^2(45^0 - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \gamma \cdot g \cdot \cos(\varphi - \varphi_2) \cdot \cos(\gamma_{п}) \cdot V^2, \quad (2.5)$$

де  $\gamma_{п}$  – середнє значення кута утворюючої полиці до стінки борозни;

L – довжина полиці;

H – висота полиці;

$\varphi$  – кут відвалювання;

$K_{СК} = (0,7 \dots 0,8)$ ,  $c^2/m^2$  – динамічний коефіцієнт.

Задамося вихідними даними і виконаємо розрахунки за наведеними формулами. Прийняті конструктивні параметри відповідають конструктивним параметрам виконаної нами моделі плуга-букера, параметри ґрунту – параметрам модельного середовища у ґрунтовому каналі [ 39 ].

Таблиця 2.1 – Розрахункові значення поперечних складових тягового опору плуга

№	С <sub>пит</sub> , кН/м <sup>2</sup>	V, м/с	$\gamma_0$ , град	Розрахункові значення, Н				
				P <sub>Р1</sub>	F <sub>Б</sub>	W <sub>ВД</sub>	W <sub>ВД</sub> - F <sub>Б</sub>	
1	0,5	1,67	120	144	43,6	54,0	10,4	
2			135	144	29,1		24,9	
3			150	144	14,5		39,5	
4		2,31	2,31	120	261	79,1	103,3	24,2
5				135	261	52,7		50,6
6				150	261	26,4		76,6
7		2,82	2,82	120	381	115,4	154,0	38,6
8				135	381	77,0		77
9				150	381	38,5		115,5
10	1,0	1,67	120	154	46,6	54,0	7,4	
11			135	154	31,1		22,9	
12			150	154	15,6		38,4	
13		2,31	2,31	120	271	82,1	103,3	21,2
14				135	271	54,7		48,6
15				150	271	27,4		78,9
16		2,82	2,82	120	392	118,8	154,0	35,2
17				135	392	79,2		74,8
18				150	392	39,6		114,4
19	1,5	1,67	120	164	49,7	54,0	4,3	
20			135	164	33,1		20,9	
21			150	164	16,6		37,4	
22		2,31	2,31	120	281	85,1	103,3	18,2
23				135	281	56,8		46,5
24				150	281	28,4		74,9
25		2,82	2,82	120	402	121,8	154,0	32,3
26				135	402	81,2		72,8
27				150	402	40,6		113,4

Параметри знаряддя:

Приведена ширина захвату –  $b = 0,08$  м;

Глибина оранки –  $a = 0,08$  м;

Довжина полиці –  $L = 0,19$  м;

Висота полиці –  $H = 0,1$  м;

Кут постановки лемеша до дна борозни -  $\alpha_p = 30^0$ ;

Середнє значення кута утворюючої полиці до стінки борозни -  $\gamma_{п} = 38^0$ ;

Задній кут леза -  $\theta = 10^0$ ;

Товщина лемеша -  $\delta_p = 0,003$  м;

Параметри площадки затуплення леза –  $z = x = 0,0002$  м;

Кут відвалювання -  $\varphi = 75^0$

Параметри модельного середовища:

Кут зовнішнього тертя -  $\varphi_1 = 22^0$ ;

Кут внутрішнього тертя –  $\varphi_2 = 30^0$ ;

Питома вага ґрунту –  $\gamma = 1,4$  т/м<sup>3</sup>.

В якості змінних параметрів прийняті питоме зчеплення часток ґрунту  $C_{пит}$ , робоча швидкість  $V$  та кут постановки леза лемеша до стінки борозни  $\gamma_0$ .

Результати розрахунків представлено в табл.2.1.

Аналіз даних таблиці та побудованих на її основі графіків показує, що бокова реакція може бути суттєво знижена. Особливо це відстежується зі збільшенням питомого зчеплення часток ґрунту (модельного середовища).

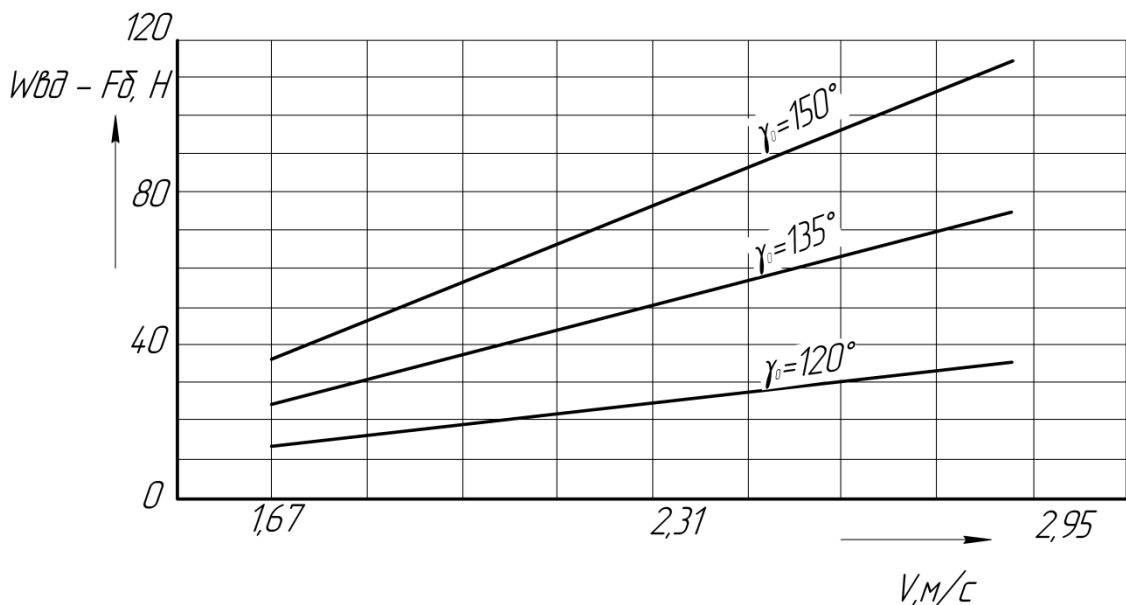


Рисунок 2.3 - Залежність бокової складової тягового опору від швидкості поступового руху та кута постановки леза лемеша до стінки борозни ( $C_{пит} = 0,5$  кН/м)



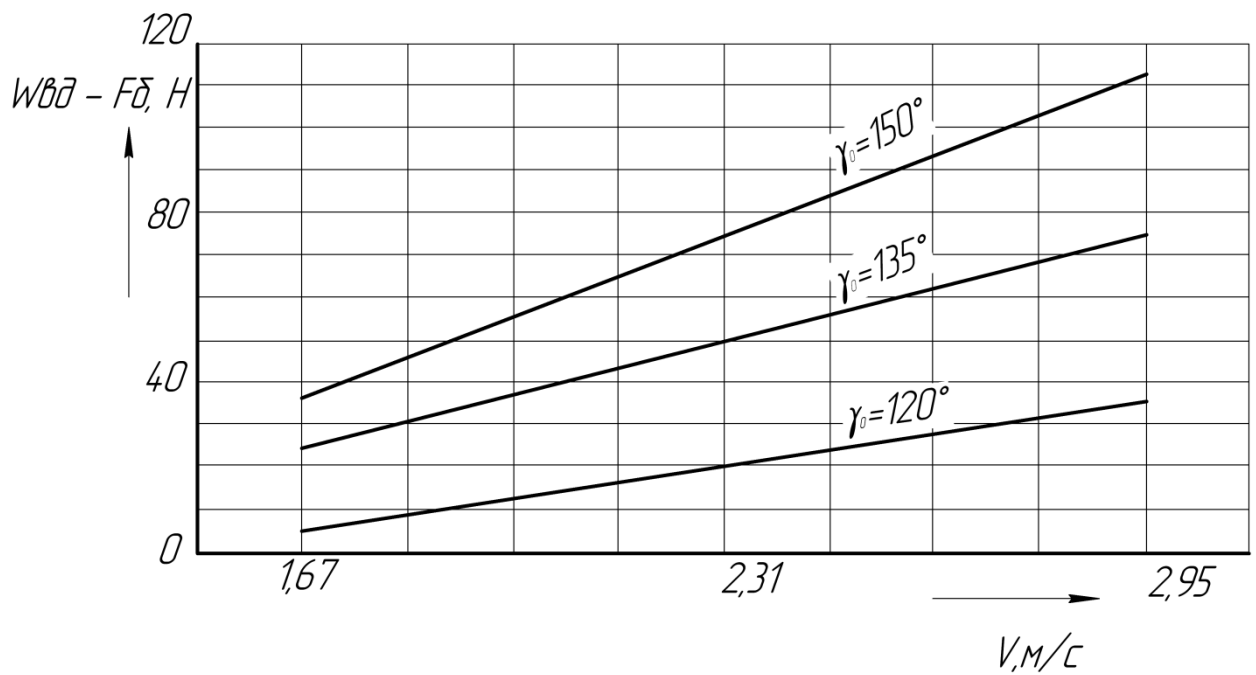


Рисунок 2.4 - Залежність бокової складової тягового опору від швидкості поступового руху та кута постановки леза лемеша до стінки борозни ( $C_{пит} = 1,5$  кН/м)

### 2.2.5. Висновки

1. Аналіз результатів виконаних розрахунків показує, що бокова реакція може бути суттєво знижена. Особливо це відстежується зі збільшенням питомого зчеплення часток ґрунту (модельного середовища).
2. Бокова складова тягового опору залежить одночасно від трьох параметрів: питомого зчеплення часток ґрунту, швидкості поступового руху та кута постановки леза лемеша до стінки борозни. Вплив цих складових практично не залежить один від одного, тому повністю погасити бокову складову не можливо. Але зменшення її абсолютної величини може значно покращити показники сталості ходу та зменшення тягового опору.
3. Запропонована методика дозволяє аналітично визначити загальну бокову реакцію плуга при різних конструктивних його параметрах. В якості недоліків слід відмітити, що в розрахунках нами було прийняте середнє значення кута нахилу утворюючої полиці до стінки борозни. Але у подальшому, ми відмовились від циліндроїдальної поверхні полиці на користь плоскої і це суттєво підвищило точність розрахунків.



### **3 ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ТА СТВОРЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ СЕРТИФІКОВАНОГО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ УКРАЇНИ**

#### **3.1 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ САДИЛЬНОГО АПАРАТА МАШИНИ ДЛЯ САДІННЯ ПІДЩЕП ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

**3.1.1 Актуальність теми.** Саджанці плодкових культур в Україні виробляються у 173 розсадницьких господарствах різних форм власності. За період з 2001 року по теперішній час їх виробництво зросло у 2,2 раза, але залишається недостатнім для запланованої заміни старих малопродуктивних садів і не у повній мірі відповідає сучасним вимогам до якості та ціни. У зв'язку з цим програмою розвитку сучасного промислового садівництва України на період до 2025 року передбачено збільшення виробництва високоякісного садивного матеріалу.

Однією з суттєвих причин недостатньої якості саджанців є недосконалість засобів механізації для садіння підщеп у перше поле розсадника [6]. У більшості розсадницьких господарств ця технологічна операція відбувається або переобладнаними машинами для садіння розсади, або вручну. Застосування таких машин не у повній мірі забезпечує дотримання нормативних вимог до якості висаджених підщеп, а застосування ручної праці садильників за показниками важкості трудового процесу відноситься до шкідливих (важких) умов праці другого класу. При цьому трудомісткість виробництва складає близько 4 тис. люд.-год/га при рівні механізації до 8 %, що негативно впливає на формування ціни саджанців.

Тому розробка засобів механізації, що забезпечать дотримання нормативних вимог до якості висаджених підщеп та зниження витрат ручної праці, є актуальним науковим завданням.

**3.1.2. Мета і завдання досліджень.** *Мета досліджень* – підвищити якість садіння підщеп плодкових культур у перше поле розсадника за показниками відхилення висаджених підщеп від вертикальної осі до 10° та

глибини садіння від 20 см до 25 см за рахунок їх переміщення у борозну садильним апаратом дискового типу в певному положенні до загортання ґрунтом.

Відповідно до поставленої мети вирішувалися такі **завдання**:

- провести функціональний аналіз конструкції садильної машини, визначити ступінь впливу конструктивних елементів на показники якості процесу садіння підщеп та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему садильного апарата;

- розробити математичну модель процесу садіння підщеп плодкових культур садильним апаратом дискового типу, яка описує процес переміщення підщепи із захвата садильного апарата в борозну до її остаточного положення в ґрунті;

- обґрунтувати конструктивну схему та розробити математичну модель оптимізації геометричних параметрів пристрою, який є складовою частиною садильного апарата і забезпечує задане положення підщеп у захваті відносно радіуса диска апарата;

- розробити методику та виготовити стенд для проведення лабораторних досліджень процесу роботи садильного апарата і дослідити процес його роботи в лабораторних умовах;

- розробити методику проведення дослідницьких випробувань макетного зразка машини, виготовити макетний зразок її секції, провести лабораторно-польові випробування та дати оцінку отриманим результатам.

*Об'єктом досліджень* є процес механізованого садіння підщеп плодкових культур у перше поле розсадника.

*Предметом досліджень* є закономірності впливу параметрів робочих органів секції садильної машини на якість процесу садіння.

**3.1.3 Методи досліджень.** Теоретичні дослідження проводилися з використанням методів математичного моделювання та положень теоретичної механіки, теорії ймовірностей, диференційного та інтегрального числення із подальшою розробкою прикладних програм.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторних та польових умовах відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики за допомогою ЕОМ з використанням програмного середовища пакета «MS Office Excel».

### 3.1.4 Результати досліджень.

*Результати теоретичних досліджень.* В результаті функціонального аналізу конструкції садильної машини розроблено функціонально-структурну модель її секції (рис. 3.1), на основі якої встановлено, що в існуючій конструкції садильного апарата відсутня функція  $F_3$ , яка створює умови для урівноваження підщеп у борозні.

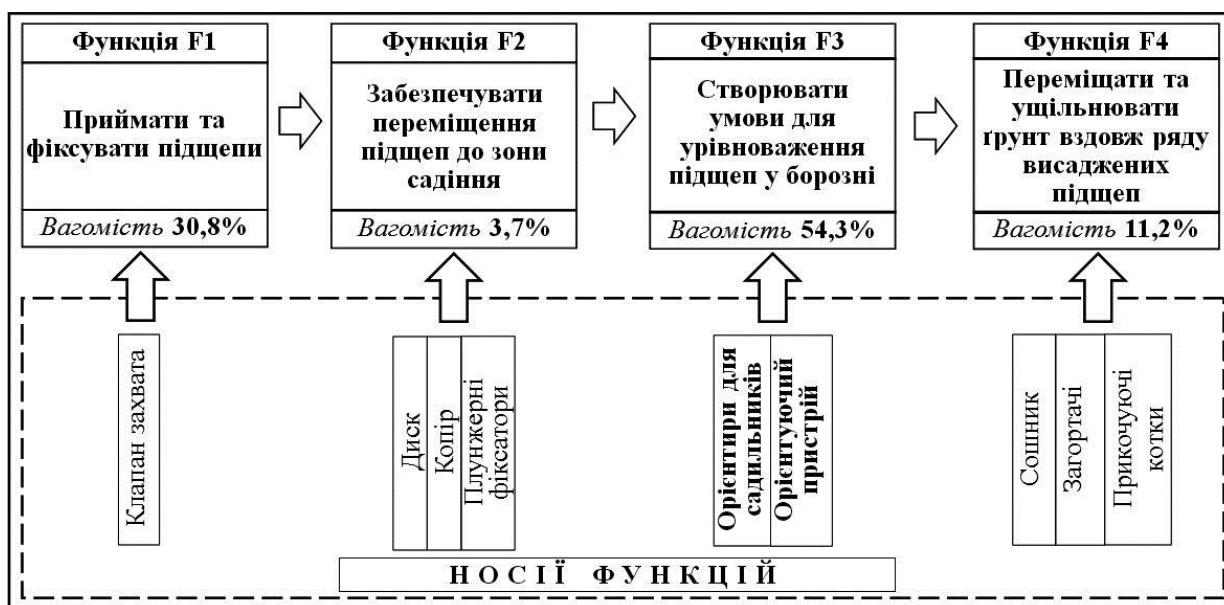


Рис. 3.1 Функціонально-структурна модель секції садильної машини.

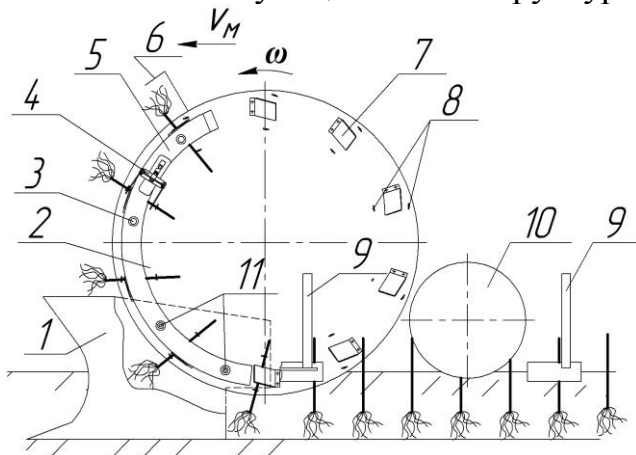


Рис. 3.2 Конструктивно – технологічна схема секції садильної машини:  
 1 – сошник; 2 – диск садильного апарата; 3 – плунжерний фіксатор; 4 – орієнтуючий пристрій; 5 – копір; 6 – обмежувач вкладання підщеп у захвати; 7 – захват; 8 – упори; 9 – загортачі; 10 – прикочуючі котки; 11 – пружини.

Для забезпечення цієї функції запропоновано існуючу конструкцію садильного апарата доповнити додатковими елементами, а саме:

орієнтуючим пристроєм (рис. 3.2, поз. 4), який забезпечить задане положення підщеп у захватах під певним кутом по відношенню до радіуса диска в протилежну сторону руху машини, а для дотримання заданої глибини садіння встановити орієнтири для садильників (рис. 3.2, поз. 6) у вигляді обмежувачів вкладання підщеп у захвати [27].

*Результати лабораторно-польових досліджень.* Для проведення лабораторно-польових випробувань на базі машини МПП-4 виготовлено макетний зразок секції з відповідними конструктивними змінами (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Макетний зразок секції машини для садіння підщеп плодових культур.

Висаджували підщепи яблуні М9 та аличі, кількістю 100 штук кожного виду у кожному досліді, з діаметрами в межах від 5 мм до 13 мм і довжиною від 420 мм до 500 мм. Кут  $\beta$  за допомогою упорів змінювався в таких межах:  $0^\circ; 5^\circ; 10^\circ; 15^\circ; 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ$ . Для дотримання заданої глибини садіння обмежувачі вкладання підщеп у захвати (відстань  $l$  від центрів захватів до крайньої точки основи підщеп) були налаштовані на глибину садіння 25 см. При проведенні досліджень параметри і режими роботи макетного зразка становили:  $V_m = 0,14$  м/с,  $a = 0,3$  м,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $b = 0,1$  м,  $R_C = 0,46$  м,  $l_2 = 0,065$  м,  $b_2 = 0,03$  м.

Умови проведення: тип ґрунту – темно-каштановий важкосуглинковий, фон – чорний пар. Середня вологість ґрунту -18,7%. Твердість ґрунту у горизонтах 0-30 см – від 0,63 МПа до 0,94 МПа.

Після обробки експериментальних даних встановлено, що значення кута відхилення висаджених підщеп від вертикалі  $\delta_{\text{ост}} \leq 10^\circ$  досягається при значенні кута  $\beta$  установки упорів у діапазоні від  $20^\circ$  до  $30^\circ$  (рис. 3.4) [25].

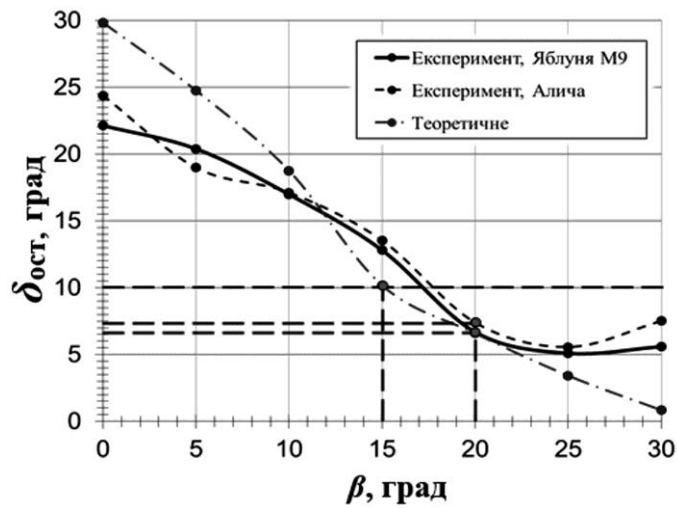


Рис. 3.4. Графік залежності середнього значення кута відхилення висаджених підщеп від вертикалі  $\delta_{\text{ост}}$  від кута відхилення підщеп у захваті  $\beta$ .

Коефіцієнт кореляції між теоретичними та експериментальними даними становить: для підщеп яблуні М9 -  $R = 0,981$ ; для підщеп аличі -  $R = 0,971$ . Найменше середнє значення кута  $\delta_{\text{ост}}$  для підщеп яблуні М9 та аличі зафіксовано на рівні  $5,1^\circ$  та  $5,6^\circ$  відповідно, при значенні кута  $\beta = 25^\circ$ . При  $\beta = 30^\circ$ , середнє значення кута  $\delta_{\text{ост}}$  дещо збільшувалось і становило для підщеп яблуні -  $5,6^\circ$  і для підщеп аличі -  $7,5^\circ$ . При цьому середнє значення глибини садіння становило 23,6 см для підщеп яблуні та 24 см для підщеп аличі. Отримані дані знаходяться в діапазоні значень нормативних вимог, що підтверджує результати теоретичних досліджень. Однак значення  $\beta = 25^\circ$ , може бути оптимальним при садінні на темно-каштанових важкосуглинкових ґрунтах. На інших ґрунтах, наприклад на більш глинистих або піщаних, значення кута  $\beta$  може дещо різнитися.

Агротехнічну оцінку роботи макетного зразка секції проведено при  $\beta = 25^\circ$ . В результаті визначено якісні показники садіння, які представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості роботи макетного зразка секції машини для садіння підщеп плодових культур на суглинкових ґрунтах

Назва показника	Значення показника	
	яблуня М9	алича
Відхилення підщеп від вертикальної осі (середнє), град	5,1	6,6
Глибина садіння (середнє), см	23,8	24,2
Крок садіння (середнє), см	18,7	18,8
Відхилення підщеп від осі ряду (середнє), см	$\pm 1$	$\pm 1,5$
Технологічний вихід підщеп, %	92	89

При визначенні техніко-економічних показників використовувалися результати лабораторно-польових випробувань та агротехнічної оцінки роботи макетного зразка секції садильної машини. За базову машину був прийнятий зразок машини МПП-4 без садильного апарата, який на даний час використовується в ДП ДГ «Мелітопольське». Отримано такі значення показників: збільшення продуктивності праці – у 1,44 раза, зниження витрат праці – на 30,8%, річна економія коштів склала 2384 грн, а строк окупності – 2,6 року.

**3.1.5. Висновки.** На підставі аналізу технологій та засобів механізації садіння підщеп плодових культур у перше поле розсадника, а також проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу садіння підщеп обґрунтовано конструктивно-технологічну схему та параметри садильного апарата дискового типу, які забезпечують підвищення якості садіння підщеп плодових культур у перше поле розсадника та знижують витрат праці.

За результатами досліджень зроблені такі висновки:

1. Встановлено, що існуючі засоби механізації садіння підщеп у перше поле розсадника не забезпечують процес садіння за показниками відхилення висаджених підщеп від вертикальної осі та глибини садіння, а також визначено, що машини із садильними апаратами дискового типу є найбільш придатними для внесення конструктивних змін.

2. На основі функціонального аналізу машини для садіння підщеп визначено, що суттєвий вплив на якість садіння має функція, яка створює умови для урівноваження підщеп у борозні, вагомість якої дорівнює 54,3%, а також доведено, що конструктивно-технологічна схема садильного апарата повинна мати орієнтуючий пристрій та орієнтири для садильників.

3. Доведено, що математичний опис процесу руху підщепи має враховувати її масу, статичний момент та момент інерції підщепи відносно кореневої системи, а також встановлено, що значення даних параметрів інерції можуть бути визначені за допомогою розподілу лінійної щільності підщеп, який є неоднаковим для різних видів. Лабораторними дослідженнями встановлено, що для клонових підщеп яблуні лінійна щільність знаходиться в межах від 0,122 кг/м (коренева частина) до 0,022 кг/м (верхівка підщепи), а для сіянцевих підщеп черешні від – 0,06 кг/м до 0,03 кг/м.

4. На підставі математичної моделі процесу садіння підщеп доведено, що:

- значення параметра, який визначає відхилення підщепи у захваті відносно радіуса диска садильного апарата в протилежну сторону руху машини (кут  $\beta$ ) і впливає на відхилення висадженої підщепи від вертикалі (кут  $\delta_{\text{ост}}$ ,  $\delta_{\text{ост}} \leq 10^\circ$ ), повинно бути в межах від  $22^\circ$  до  $30^\circ$ , що забезпечується орієнтуючим пристроєм;

- значення параметра, який визначає відстань від центра захвата садильного апарата до основи підщепи (початку кореневої системи) і впливає на глибину садіння, не повинно перевищувати 0,25 м, що забезпечується за допомогою орієнтирів для садильників, у вигляді обмежувачів вкладання підщеп у захвати;

- значення параметра, який визначає момент розкриття захватів (кут  $\alpha$ ) і впливає на урівноваження підщепи у борозні, повинно дорівнювати нулю, що забезпечується переміщенням копіра садильного апарата у відповідне положення.

5. Встановлено, що для повертання підщеп у захваті орієнтуючий пристрій має бути виготовленим у вигляді пружини з діаметром дроту 2,5 мм, яка складається з циліндричної частини діаметром 15 мм та нециліндричної частини у вигляді двох «гачкоподібних» напрямних загальною довжиною 77 мм з такими параметрами форми: радіус  $R_1 = 37$  мм, що забезпечує зсув підщепи по диску; радіус  $R_2 = 7$  мм, що забезпечує відхилення пружини від поверхні диска; радіус  $R_3 = 18$  мм, що забезпечує безударне повертання пружини у вихідне положення.

6. Ефективність процесу роботи орієнтуючого пристрою визначено в лабораторних умовах на стенді для проведення досліджень процесу роботи садильного апарата та встановлено, що визначені оптимальні параметри форми нециліндричної частини пружини забезпечують стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою на 95% і травмування тканин підщеп до 200 мкм при зусиллі тиску пружини на підщепи в 20 Н.

7. Лабораторно-польовими випробуваннями макетного зразка машини з садильним апаратом розробленої конструкції на темно-каштанових важкосуглинкових ґрунтах встановлено, що:

- середнє значення кута відхилення висаджених підщеп від вертикальної осі  $\delta_{\text{ост}}$  для підщеп яблуні та аличі дорівнювало  $5,1^\circ$  та  $5,6^\circ$  відповідно, при значенні кута  $\beta = 25^\circ$ , який є оптимальним при садінні на даних ґрунтах;

- середнє значення глибини садіння відповідало нормативним вимогам і становило для підщеп яблуні - 23,6 см та для підщеп аличі - 24 см.

- при проведенні агротехнічної оцінки роботи макетного зразка секції машини технологічний вихід підщеп становив: для вегетативних підщеп яблуні – 92%, для сіянцевих підщеп аличі – 89%.

8. Застосування в машині МПП-4 садильного апарата запропонованої конструкції забезпечує за рахунок зменшення кількості обслуговуючого персоналу зниження витрат праці на 30,8%, збільшення її продуктивності у 1,44 раза та отримання річної економії коштів у розмірі 2384 грн.

## **3.2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ПЛУГА ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

### **3.2.1 Актуальність дослідження**

Викопування саджанців плодкових культур відбувається в жовтні, листопаді на зрошуваних землях розсадників в умовах підвищеної вологості, щільності ґрунту, в ґрунтово - технологічних умовах орних земель, що характеризуються чорноземами південного Степу важкосуглинистого гранулометричного складу. Коренева система дворічних саджанців кісточкових культур має розвинуту та розгалужену структуру і потребує викопування на глибині до 0,35 м. Такі умови та невідосконаленість робочих органів існуючих викопувальних плугів потребують значне тягове зусилля (до 30 кН), порушується технологічний режим паралельного напрямку руху трактора відносно осі ряду саджанців і як наслідок, незабезпечення технічних вимог до саджанців. Для уникнення такої ситуації використовують другий трактор.

Вибірка саджанців робітниками після їх підкопування потребує зусиль на витягання з ґрунту за показниками важкості трудового процесу що відносять до класу шкідливих умов праці (підіймання та переміщення (разове) вантажів постійно протягом робочої зміни до 300 Н для чоловіків, для жінок до 100 Н).

Існуюча проблемна ситуація склалася за таких складових: форма та параметри викопувальної скоби не мають достатнього обґрунтування з умов блокованого різання і переміщення ґрунтової скоби з кореневою системою саджанців у середини скоби; пристрої для переміщення, руйнування та сепарування ґрунтової скоби з кореневою системою саджанців не забезпечують достатнього розпушування та відділення ґрунтових агрегатів від коренів, що призводить до зусиль на витяганні саджанців робітниками під час вибірки, які показниками важкості трудового процесу відповідають оптимальним умовам праці. Транспортування ґрунтової скоби з саджанцем для розміщення його на поверхні поля потребують визначення форм та параметрів поверхонь з мінімальним тяговим опором.

Вищезначені проблеми породжують науково-технічну задачу, суть якої полягає у встановленні наукових закономірностей взаємодії робочого органу з ґрунтовою скобою та саджанцями, які дозволять обґрунтувати конструкцію робочого органу плугу з раціональними параметрами та режимом роботи.

### **3.2.2. Мета і завдання досліджень**

Забезпечення якості та оптимальних умов праці робітників при вибиранні їх з ґрунту за рахунок обґрунтування параметрів робочого органу викопувального плугу.



### 3.2.3. Методика досліджень

Теоретичні дослідження проводилися з використанням методів математичного моделювання та положень теоретичної механіки, диференційного та інтегрального числення, математичного планування екстремального експерименту.

Експериментальні дослідження проводилися в польових умовах відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики за допомогою ЕОМ з використанням програмного середовища пакета «MathCad».

### 3.2.4. Результати досліджень

Сформовані вимоги до принципу дії та технічного рішення робочого органу, які дозволили скласти конструктивну функціональну структуру удосконаленого робочого органу, які дозволили запропонувати наступні конструктивні рішення:

а) до викопувальної скоби:

1) викопувальна скоба має циліндричну за видом форми поверхню, яка складається з двох дуг, більша з яких перевищує глибину викопування для зменшення стиснення ґрунтової скиби з саджанцем під час переміщення;

2) циліндрична частина скоби має лезо для прямого різання, прямолінійна - для похилого з ковзанням.

б) до розпушувача:

1) пропонується коливальний розпушувач з конструктивними рішеннями, які дозволяють регулювання положення розпушувачів в горизонтальній площині;

2) пропонується важіль та регульована ексцентрикова тяга, які дають можливість одночасно змінювати амплітуду коливань та положення розпушувача до горизонту, так і окремо, тільки кут положення розпушувача.

Конструктивна схема робочого органу [31, 32], який адаптовано до встановлення на плуг ВПН - 2 та графічне відображення технологічного процесу викопування саджанців надано на рис. 1.

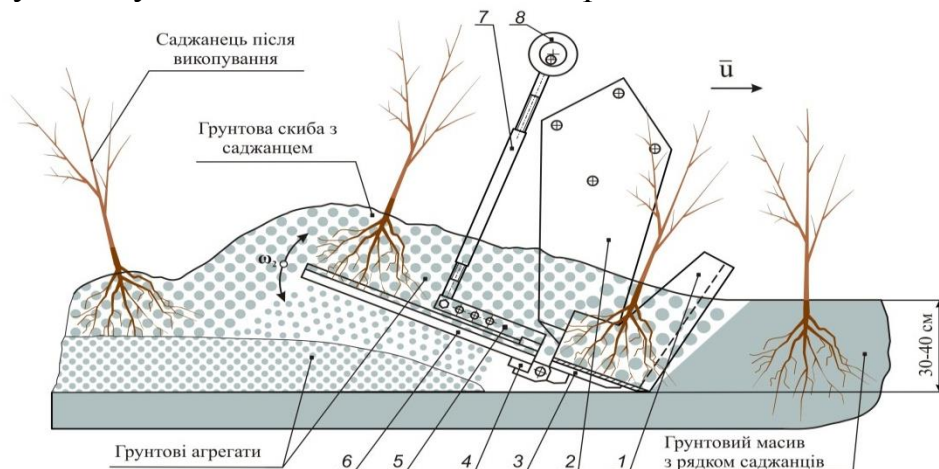


Рис. 3.1. Конструктивно - технологічна схема викопування саджанців робочим органом викопувального плуга:

1 – викопувальна скоба; 2 – стійка; 3 – башмак; 4 – траверса; 5 – важіль; 6 – розпушувач; 7 – ексцентрикова тяга; 8 – ексцентриковий пристрій.

Проведені теоретичні дослідження [33, 34, 35] руху ґрунтової скиби з саджанцем по розпушувачу з різними за видом форми поверхнями

Поверхні конструктивних елементів в існуючих робочих органах створені у вигляді площин, напрямними паралельного переносу плоских кривих, напрямними складених плоских кривих з точками перегину першого роду.

Переміщення ґрунтового агрегату по розпушувачу з поверхнею у вигляді площини розглянемо до схеми (рис. 3.2)

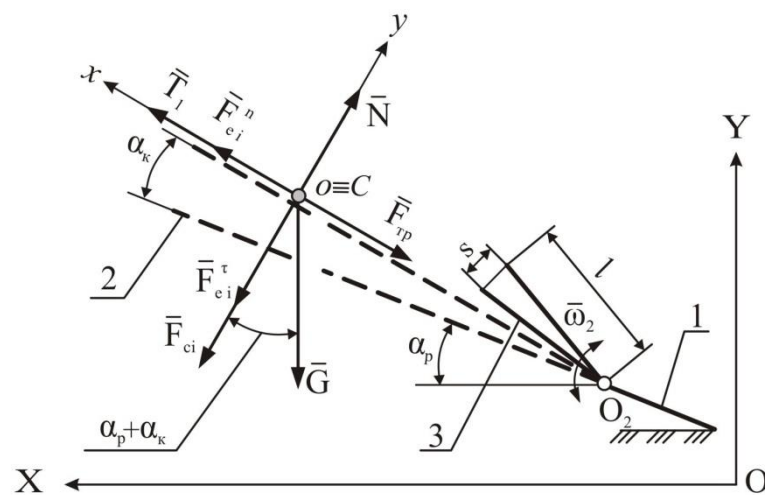


Рис. 3.2. Схема сил, які діють на ґрунтовий агрегат під час переміщення по розпушувачу, від поверхні якого є площина за напрямом коливань догори: 1 - викопувальна скоба; 2 - розпушувач; 3 – важіль.

Отримана залежність з визначення рухомої сили

$$\begin{aligned}
 T_1 = m \cdot g \cdot \sin\left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + \\
 + \left(m \cdot g \cdot \cos\left(\alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l}\right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. & (3.1) \\
 \left. + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l}\right) \cdot f - m \left(\frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l}\right)^2 v_r \cdot t.
 \end{aligned}$$

Переміщення ґрунтового агрегату по поверхні розпушувача, яка утворена плоскою кривою напрямною [36]

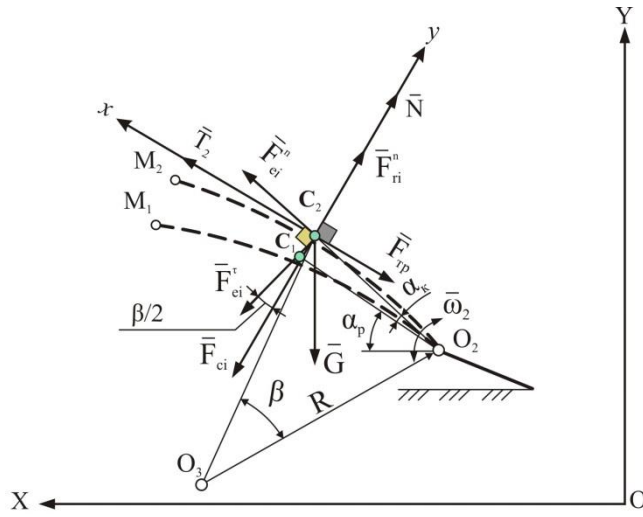


Рис. 3.3. Схема сил, які діють на ґрунтовий агрегат при переміщенні по розпушувачу з поверхнею, напрямна якої плоска крива з напрямом коливань вгору.

$$\begin{aligned}
 T_2 = & m \cdot g \cdot \sin \left( \alpha_{\delta r} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{\dot{a} \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + \\
 & + \left( m \cdot g \cdot \cos \left( \alpha_{\delta r} - \frac{v_r \cdot t}{R} + \frac{\dot{a} \cdot (1 - \cos(\omega_1 \cdot t))}{l} \right) + m \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) v_r \cdot t}{l} \cdot \cos \left( \frac{v_r \cdot t}{2R} \right) + \right. \\
 & + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} - m \cdot \left( \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \sin \left( \frac{v_r \cdot t}{2R} \right) - \frac{m \cdot v_r^2}{R} \left. \right) f - \\
 & - m \cdot \left( \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot \cos \left( \frac{v_r \cdot t}{2R} \right) - m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} \sin \left( \frac{v_r \cdot t}{2R} \right),
 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Переміщення ґрунтового агрегату по розпушувачу з поверхнею, напрямна якої складена плоска крива з точкою перегину першого роду.

Рухома сила на переміщення по розпушувачу, напрямна якого складена плоска крива з точкою перегину першого роду буде мати дві складові:

перша складова

$$\begin{aligned}
 T_{3.1} = & m \cdot \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) \cdot v_r \cdot t_1}{l} \sin \left( \frac{v_r \cdot t_1}{2R_1} \right) + mg \cdot \sin \left( \alpha_{\delta r} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l} \right) + \\
 & + \left( m \cdot \left( \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \sin \left( \frac{v_r \cdot t_1}{2R_1} \right) + m \frac{e \cdot \omega_1^2 \cdot \cos(\omega_1 t_1) v_r \cdot t_1}{l} \cdot \cos \left( \frac{v_r \cdot t_1}{2R_1} \right) + \right. \\
 & + mg \cdot \cos \left( \alpha_{\delta r} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} + \frac{e \cdot (1 - \cos(\omega_1 t_1))}{l} \right) + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1) \cdot v_r}{l} + \frac{m \cdot v_r^2}{R_1} \left. \right) f - \\
 & - m \cdot \left( \frac{e \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 t_1)}{l} \right)^2 v_r \cdot t_1 \cdot \cos \left( \frac{v_r \cdot t_1}{2R_1} \right).
 \end{aligned} \quad (3.3)$$

друга складова

$$\begin{aligned}
T_{3,2} = & mg \sin\left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l}\right) + \\
& + \left( mg \cos\left(\alpha_{pn} + \frac{v_r \cdot t_1}{R_1} - \frac{v_r \cdot t_2}{R_2} + \frac{e(1 - \cos(\omega_1 \cdot t_2))}{l}\right) + m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \right) \times \\
& \times \cos\left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2}\right) + 2m \frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l} - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l}\right)^2 v_r t_2 \times \\
& \times \sin\left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2}\right) - \frac{mv_r^2}{R_2} \cdot f - m \left(\frac{e\omega_1 \sin(\omega_1 t_2) v_r}{l}\right)^2 v_r t_2 \cos\left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2}\right) - \\
& - m \frac{e\omega_1^2 \cos(\omega_1 t_2) v_r t_2}{l} \sin\left(\frac{v_r \cdot t_2}{2R_2}\right)
\end{aligned} \tag{3.4}$$

Обчислення роботи рухомої сили для вибору виду поверхні розпушувача. Для розпушувача з поверхнями у вигляді площини, утворених напрямними, які є плоска крива та крива з точкою перегину першого роду, визначимо роботу на переміщення ґрунтового агрегату. Роботу рухомої сили визначали з умов переміщення ґрунтового агрегату на однакову висоту для розпушувача з різними за видами поверхонь

За допомогою програмної оболонки Maple виконані розрахунки, які довели що найменша робота потрібна для розпушувача з напрямною у вигляді плоскої кривою з величиною  $A_{T_2} = 997$  Дж.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень та визначення раціональних конструктивних параметрів експериментальних робочих органів викопувального плуга були проведені дослідження під час натурних функціональних випробуваннях в розсаднику ТОВ «Блексі фрук компанії» з використанням метода математичного планування експерименту [37].

До складу факторів, які варіювали в експерименті включені наступні:

- кут нахилу розпушувача до горизонту (фактор  $x_1$ );
- довжина важеля (фактор  $x_2$ );
- відстань між розпушниками (фактор  $x_3$ ).

Інтервали варіювання вибрані з урахуванням зміни величини роботи рухомої сили від факторів. Значення рівнів та інтервалів варіювання наведені у табл. 3.1.

## Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні варіювання	Найменування факторів					
	Кут нахилу розпушувача горизонту, $\alpha_p$ , град	Код	Довжина важеля, $l$ , м	Код	Відстань між розпушувачами, $b$ , м	Код
Кодове позначення	$x_1$	$z_1$	$x_2$	$z_2$	$x_3$	$z_3$
Нульовий рівень	30	0	0,375	0	0,11	0
Нижній	25	-	0,3	-	0,08	-
Верхній	35	+	0,45	+	0,14	+
Інтервал варіювання	5		0,075		0,03	

На підставі проведених досліджень отримано рівняння регресії для прогнозу зусилля на витягування саджанців з ґрунту.

$$y_1 = 284,51 - 9,73x_1 + 430,47x_2 - 87,07x_3 + 388,89x_2x_3 + 0,15x_1^2 + 619,56x_2^2 - 1396,67x_3^2 \quad (3.5)$$

Для визначення точок оптимуму, отримане рівняння другого порядку диференціюємо по кожному фактору та прирівнюємо до нуля для рішення системи рівнянь.

За рішенням системи рівнянь оптимальним значенням зусилля на витягування саджанців з ґрунту є  $y = 49\text{Н}$  при значеннях факторів:  $x_1 = 32, 43^0$ ;  $x_2 = 0,42$  м;  $x_3 = 0.1$  м. Для графічного представлення функцій відгуку зафіксовано значення по кожному фактору на нульовому рівні і наведені на рис. 3.4 – 3.9.

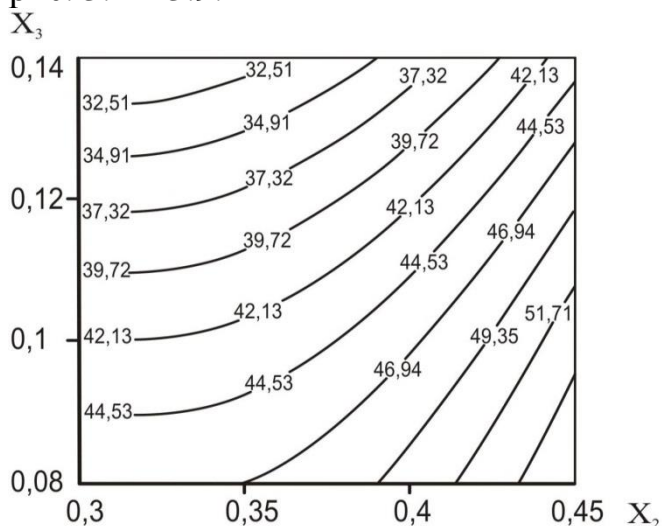


Рис. 3.4. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку  $y_1$  при фіксованому  $x_1 = 30^0$ .

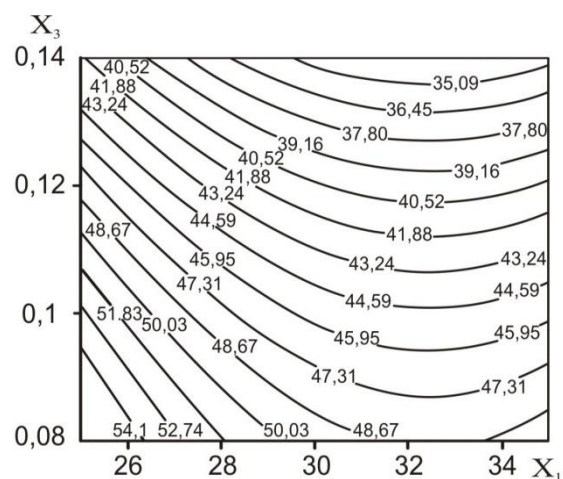


Рис. 3.5. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку  $y_1$  при фіксованому  $x_2 = 0,375$  м.

Залежність зусилля на витягування саджанців у від розглянутих факторів представлена на рис. 3.4 – 3.9

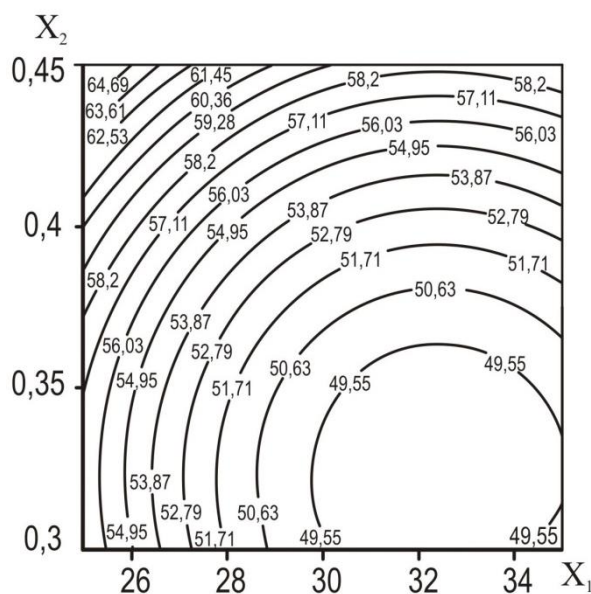


Рис. 3.6. Поверхня та лінії рівнів функції відгуку  $y_1$  при фіксованому  $m \cdot x_3 = 0,11$  м.

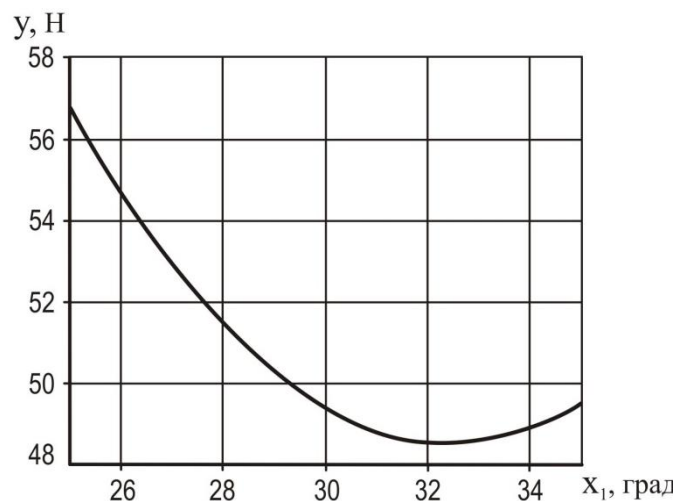


Рис. 3.7. Залежність зусилля на витягання саджанців від куту нахилу розпушувача (фактор  $x_1$ ).

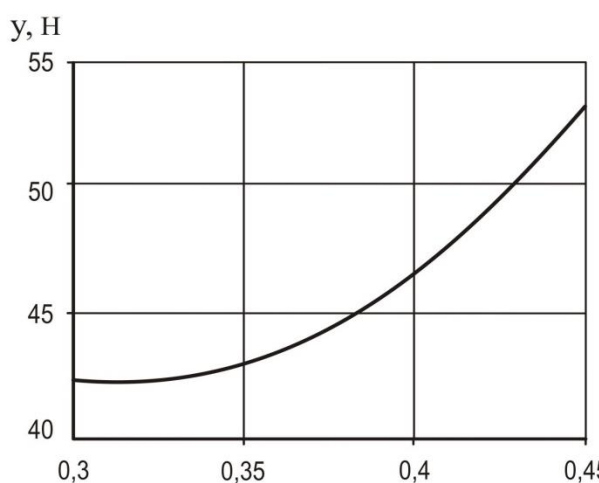


Рис. 3.8. Залежність зусилля на витягання саджанців від довжини важеля розпушувача (фактор  $x_2$ ).

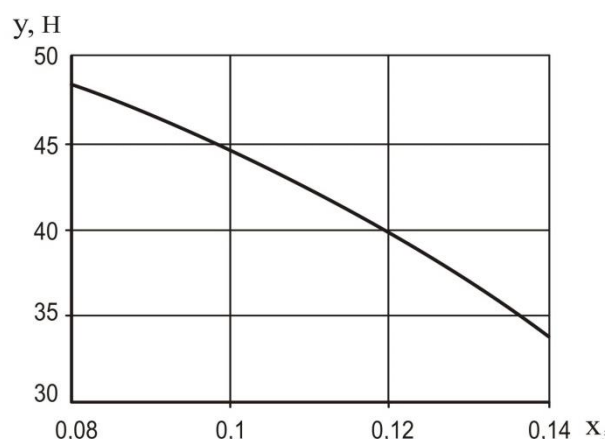


Рис. 3.9. Залежність зусилля на витягання саджанців від відстані між розпушниками (фактор  $x_3$ ).

Отримані залежності зусилля на витягання саджанців від конструктивних параметрів форми (довжина важеля, відстань між розпушниками розпушувача) та положення (кут нахилу розпушувача) розпушувача дозволяють проводити технологічні налагодження з урахуванням умов викопування, виду саджанців.

Було проведено науково – виробничу перевірку викопувального плуга ВПН - 2 з розробленими робочими органами у складі з трактором ДТ - 75Н на викопуванні саджанці яблуні, черешні в ДП ДГ «Мелітопольське» Мелітопольського району Запорізької області (рис. 3.10)





Рис. 3.10 Викопування саджанців викопувальним плугом ВПН - 2 з експериментальним робочим органом.

При агротехнічній оцінці, показники якості виконання технологічного процесу машинами для викопування і вибірки плодових культур при лабораторно – польових випробуваннях за ОСТ 70.16.1 – 86] мали такий склад:

- робоча швидкість руху агрегату;
- глибина підкопування;
- повнота викопування саджанців;
- кількісна доля пошкоджених саджанців;
- зусилля на витягання саджанців після підкопування;
- маса ґрунту, яка зв'язана з кореневою системою саджанця.

Отримані результати про те, що застосування викопувального плуга ВПН - 2 з розробленим робочим органом дозволило, за рахунок зменшення кількості обслуговуючого персоналу отримати економію витрат праці у 187 люд. - год., ступеня зниження витрат праці на 23% отримати річну економію коштів у розмірі 2081 грн.

### **3.2.5. Висновки**

1. Серед технологічних операцій у розсаднику до найбільш трудомістких і енергоємних відноситься викопування саджанців з наступною їх вибіркою, яке виконується робочими органами викопувальних плугів, тяговий опір яких потребує на переміщення тягового зусилля понад 30 кН (виникає потреба використання двох тракторів на один плуг), зусилля на

витягування саджанців після підкопування робітниками за показниками важкості трудового процесу відносяться до шкідливих.

2. Проведений функціональний аналіз технічних засобів для викопування саджанців дозволив встановити склад елементів та функцій робочих органів, способи перетворення ґрунтового масиву з саджанцями, для умов поля розсадника, в середовище зруйнованих ґрунтових агрегатів, відділеною кореневою системою, стан якого дозволяє виконати вибірку саджанців з дотриманням технічних вимог до їхньої якості.

3. На підставі отриманих аналітичних залежностей щодо роботи рухомої сили на переміщення ґрунтової скиби по поверхні розпушувача доведено:

- переміщення ґрунтової скиби з саджанцем раціонально здійснювати по поверхні, яка утворена плоскою кривою напрямною з радіусом кривизни  $R$  в межах від 1,4 до 1,6 м;
- кінематичній параметр кутова частота коливань ( $\omega_1$ ), яка визначається частотою обертання приводного валу ексцентрика для забезпечення режиму коливань з відривом ґрунтової скиби від поверхні розпушувача повна бути більше 340 об/хв. (5,6 с-1) з урахуванням параметрів: ексцентриситету, довжини важеля, кривизни поверхні розпушувача, швидкості руху агрегату.

4. Експериментально встановлено, що для забезпечення допустимих умов праці робітників (для жінок зусилля на витягання до 70 Н, для чоловіків - до 150 Н) на витяганні саджанців під час вибірки розпушувач повинен мати наступні параметри:

- кут нахилу поверхні розпушувача до горизонту має значення  $\alpha_p = 32^0$ ;
- довжина важеля дорівнювати  $l = 0,42$  м;
- відстань між розпушниками в горизонтальній площини дорівнювати  $b_1 = 0,1$  м.

5. Лабораторно-польовими випробуваннями на чорноземі південного Степу важкосуглинкових ґрунтах викопувальний плуг ВПН - 2 з розробленим робочим органом забезпечив показники якості агротехнічної оцінки відповідно до нормативних вимог, та умови праці робітників на вибиранні саджанців, зусилля на витяганні склало 49 Н та показники якості викопаних саджанців за технічними умовами.

6. Встановлення на викопувальному плузі ВПН - 2 робочого органу запропонованої конструкції дозволило за умов створення оптимальних умов праці для робітників на вибірки саджанців зменшити їх кількість і отримати економію витрат праці у 187 люд. - год., ступінь зниження витрат праці на 23%, отримати річну економію коштів у розмірі 2081 грн



### **3.3 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ ІНТЕНСИВНОГО САДУ**

**3.3.1 Актуальність теми.** Відомо, що рівень механізації в галузі садівництва є дуже низьким і не перевищує 14%, забезпеченість садівничих господарств технікою становить 20 – 25%, а промисловість України спеціалізовану садову техніку практично не виробляє, що негативно впливає на подальший розвиток галузі.

Дослідженнями вітчизняних вчених встановлено, що найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під «чорним паром». Також доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування фрезерних машин з робочими органами, які обертаються навколо вертикальної вісі.

Основним недоліком роботи існуючих фрезерних машин даного типу є те, що ґрунт після обробітку містить тільки біля 53% агрегатів з розмірами від 0,25 мм до 10,0 мм (середня фракція), а це за шкалою оцінки структурно-агрегатного стану ґрунту згідно з ДСТУ4362, вважається «незадовільним». Під впливом вегетаційних поливів структурно-агрегатний стан ґрунту в пристовбурних смугах стає ще більше незадовільним. Це негативно впливає на фізіологічний стан дерев і, як наслідок, на зниження продуктивності плодових насаджень і нераціональні витрати поливної води, а також створює сприятливі умови для розмноження гризунів [31].

Тому для садівницької галузі збереження «доброго» або «відмінного» структурно-агрегатного стану ґрунту є народногосподарською проблемою, вирішення якої можливе тільки за рахунок ефективного та своєчасного його обробітку. Для цього виробники садівницької продукції повинні мати в своєму розпорядженні ефективні ґрунтообробні машини, як правило, фрезерного типу з вертикальною віссю обертання робочих органів. Розробка таких машин з обґрунтованими кінематичними та конструктивно-технологічними параметрами робочих органів, які спроможні забезпечувати «добрий» або «відмінний» структурно-агрегатний стан ґрунту при мінімальних енергетичних витратах, що підтверджує актуальність теми.

**3.3.2 Мета і завдання досліджень.** Мета досліджень - поліпшення якості та зниження енергоємності процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень інтенсивного саду шляхом обґрунтування кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів фрезерної машини з обертанням робочих органів навколо вертикальної вісі.

Відповідно до поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- провести аналіз існуючих конструкцій ґрунтообробних машин з обробітку пристовбурних смуг в плодovих насадженнях інтенсивного типу і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему машини, яка б забезпечила досягнення поставленої мети;

- визначити оптимальні значення кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної ґрунтообробної машини шляхом розробки;

- провести польові дослідження з використанням математичного планування експерименту;

- надати науко-виробничу оцінку застосування фрезерної машини з вертикальною віссю обертання робочих органів для утримання ґрунту в пристовбурних смугах під «чорним паром».

Об'єктом досліджень є процес обробітку ґрунту в насадженнях плодovих культур інтенсивного типу в умовах зрошення.

Предметом досліджень є закономірності впливу кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної машини на якісні та енергетичні показники обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодovих насаджень саду інтенсивного типу.

**3.3.3 Методи досліджень.** Теоретичні дослідження проводилися з використанням методів математичного моделювання та положень теоретичної механіки, диференційного та інтегрального числення із подальшою розробкою прикладних програм.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторних і польових умовах з використанням методики планування багатofакторного експерименту відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики.

Проаналізовано способи утримання ґрунту в плодovих насадженнях, засоби механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах та аналіз інформаційних джерел з огляду механізації робіт в галузі. Визначено напрямки вдосконалення фрезерних машин з вертикальною віссю обертання робочих органів.

На основі проведеного аналізу встановлено, що найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу в ґрунтово-кліматичній зоні «Південний степ» є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під «чорним паром».

Аналіз існуючих засобів механізації показав, що конструктивні рішення, які були досягнуті в експериментальному зразку фрезерної машини

МФ-1, найбільш близькі до визначених вимог. Машина ефективно звільнює пристовбурну смугу від бур'янів, але рихлення ґрунту остається незадовільним – частка ґрунтових агрегатів від 0,25 до 10 мм, складає тільки 37%, а відповідно до вимог ДСТУ 4362 таких агрегатів повинно бути не менше 60-80% [31].

Дослідженнями процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень фрезерними машинами займалися такі дослідники, як А.В. Войтік, О.І. Завравжков, О.Г. Караєв, І.П. Привалов, О.Ф. Сафонов, С.М. Саньков, С.Г. Фришев, В.І. Цимбал, та ін. У працях названих науковців запропоновано робочі органи з вертикальною віссю обертання, а саме виконані у вигляді L- образних ножів, які зогнуті зовні. При цьому середня фракція ґрунту складає 44%, що знаходиться на межі незадовільного стану. Також L- образні ножі подрібнюють бур'яни, що сприяє їх розмноженню і утворенню плужної підшви. Також досліджувались робочі органи виконані у вигляді циліндричних стрижнів, що відхилені від вертикальної осі на кут 30% у бік протилежний обертанню ротора. Недоліком такої машини є також недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно - агрегатного складу. За цим показником середня фракція ґрунту складає 53%, що також не відповідає стану «добрий».

Наведено конструктивно-технологічну схему фрезерної машини та результати математичного моделювання процесу взаємодії ґрунту з її робочими органами (ножами), що обертаються навколо вертикальної осі.

За результатами узагальнених досліджень, щодо обробітку ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень, дійшли висновку про доцільність обробітку ґрунту в пристовбурних смугах фрезою з робочими органами, що повертаються навколо вертикальної осі. Така конструктивна схема була реалізована в дослідному зразку фрезерної машини МФ-1 з робочими органами у вигляді циліндричних розпушувальних стержнів, розташованих під кутом до вертикалі. Але основним недоліком роботи таких робочих органів є незадовільний структурно-агрегатний стан ґрунту. Тому нами було запропоновано фрезерну машину, яка містить два ротори 4 з ножами 7 (рис. 3.1), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200-250 см, що дає можливість застосовувати фрези у насадженнях інтенсивного типу. Кожний ротор має диск 5 зі стойками 6, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножі. Ножі мають циліндричну поверхню і занурюються в ґрунт на глибину до 10 см .

Обґрунтування параметрів напрямної лінії поверхні ножа. Поступово рухаючись фрезерна машина ножами розрізає ґрунт пристовбурної смуги по траєкторіям, лінії якої є трохоїди (рис. 3.2).

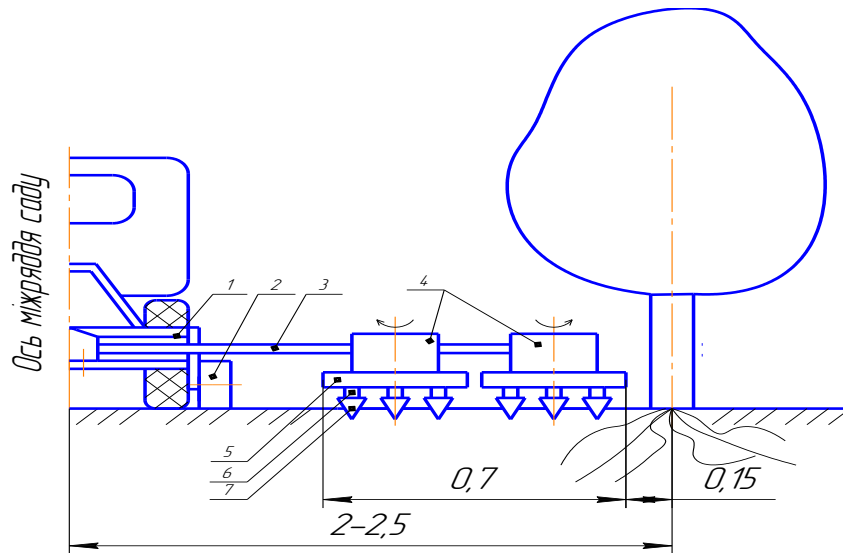


Рисунок 3.1 - Конструктивно – технологічна схема фрезерної машини:  
 1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – привідний вал; 4 – редуктори роторів; 5 – диск; 6 – стійка; 7 – ніж.

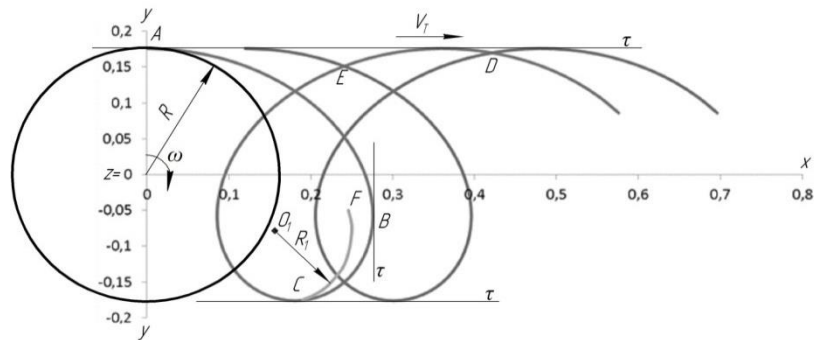


Рисунок 3.2 - Траєкторія руху робочих органів фрези.

Для визначення параметрів напрямної лінії поверхні ножа побудуємо траєкторію руху його ріжучої крайки за рівнянням [32]

$$\begin{cases} x = V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t) \\ y = R \cdot \cos(\omega t) \end{cases}, \quad (3.1)$$

де  $V_M$  - швидкість руху агрегату 0,88 м/с;  $R$  - радіус ротора 0,176 м;  
 $\omega$  - кутова швидкість ротора 15,8рад/с.

Загальновідомо, що величина заднього кута різання ножів роторних ґрунтообробних машин дорівнює  $10^\circ$ , що виключає тертя їх задніх поверхонь по утвореній ножами криволінійній поверхні масиву ґрунту. Тобто між поверхнею ножа і ґрунтом має бути лінійний закон збільшення відстаней по мірі віддалення від ріжучої крайки. Це вказує на те, що при криволінійній траєкторії руху ножа направляюча його поверхні має бути криволінійною, а її ординати повинні збільшуватися за лінійним законом і встановлюватися величиною заднього кута різання ( $\gamma=10^\circ$ ), починаючи з точки на ріжучій крайки ножа. Початок перетворення частини траєкторії руху ріжучої крайки ножа в криволінійну напрямну ножа CF починається з точки на траєкторії де

її кривизна досягає максимуму. З рисунку 1 видно, що найбільшу кривизну траєкторія буде мати у точці С, яку обираємо за центр перетворення. Перетворення кривої лінії СВ здійснимо наступним чином. Обчислимо довжину частини криволінійної траєкторії СВ, яка задана рівнянням (3.1). Для обчислення довжини L лінії СВ скористаємось формулою:

$$L = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{(x'_t)^2 + (y'_t)^2} dt \quad (3.2)$$

Обчислимо похідні  $x'$ ,  $y'$ :

$$\begin{aligned} x' &= (V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t))' = V + R \cos(\omega t) \omega, \\ y' &= (R \cdot \cos(\omega t))' = -R \sin(\omega t) \omega \end{aligned} \quad (3.3)$$

Підставимо отримані похідні у вираз (2) та інтегруємо на інтервалі  $0.124 \leq t \leq 0.205$ . Тоді  $L = \int_{0.124}^{0.205} \sqrt{(V + R \cos(\omega t) \omega)^2 + (R \sin(\omega t) \omega)^2} dt$ . (3.4)

Перетворення криволінійної частини траєкторії СВ в криволінійну напрямну ножа CF наведено на рис. 3.3.

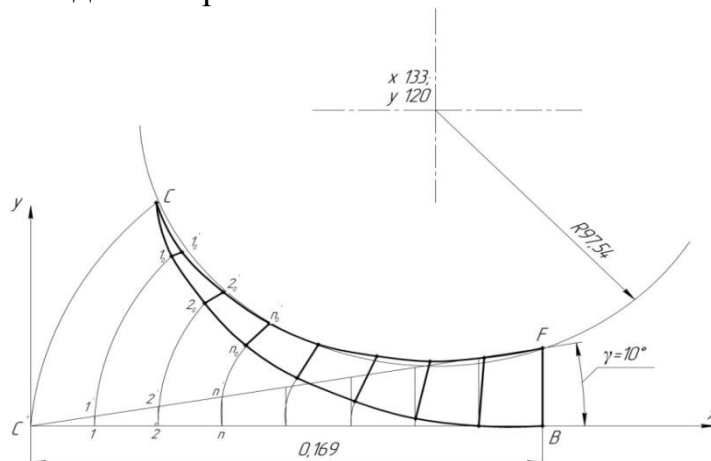


Рисунок 3.3 - Перетворення криволінійної частини траєкторії СВ в криволінійну напрямну ножа CF.

$C'$  співпадає з початком координат. Згідно з формулою 4 довжина L частини траєкторії  $C'B$  буде дорівнювати 0,169м, яку розіб'ємо на рівні відрізки з інтервалом  $\Delta t = 0.01$ с, і отримуємо точки 1,2,...,n, у яких проводимо перпендикуляри. З точки  $C'$  проводимо пряму під кутом  $\gamma = 10^\circ$ , який є заднім кутом різання, і на перетині з перпендикулярами отримуємо точки  $1', 2', n'$ . Відстані  $11', 22', nn'$  відкладаємо у однойменних точках на частині траєкторії СВ. Координати вершин перпендикулярів  $1_01', 2_02', n_0n'$  визначають криволінійну напрямну CF поверхні ножа. Визначення канонічного рівняння напрямної CF є не тривіальною задачею і для практичного застосування не є доцільним, у зв'язку з тим, що поверхня ножа буде представлена у вигляді циліндричної поверхні, що розгортається, і апроксимованою площинами, які проходять через напрямну CF. Визначення даних координат проводимо шляхом рішення системи рівнянь:

$$\begin{cases} (x_{2_0} - x_{1_0}) \cdot (x_{1_0} - x_{1_0}) + (y_{2_0} - y_{1_0}) \cdot (y_{1_0} - y_{1_0}) = 0 \\ (x_{1_0} - x_{1_0})^2 + (y_{1_0} - y_{1_0})^2 = 1_01_0' \end{cases} \quad (3.5)$$

Результати обчислення координат точок криволінійної напрямної CF наведено у таблиці 3.1. Для практичного застосування отриману криву лінію CF з координатами, які наведені у таблиці доцільно з найменшою похибкою представити дугою кола.

Таблиця 3.1- Координати точок криволінійної напрямної CF

Координати	Номер точки								
	1' <sub>0</sub>	2' <sub>0</sub>	3' <sub>0</sub>	4' <sub>0</sub>	5' <sub>0</sub>	6' <sub>0</sub>	7' <sub>0</sub>	8' <sub>0</sub>	9' <sub>0</sub>
x	0,19	0,206	0,219	0,231	0,24	0,246	0,249	0,25	0,246
y	-0,175	-0,167	-0,157	-0,142	-0,128	-0,109	-0,091	-0,071	-0,05

У нашому випадку приймаємо радіус кола 0,097 м, який дає похибку  $\pm 1,9$ мм.

Визначення швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа під дією сил.

Для розрахунку швидкості руху  $V_r$  частки ґрунту по поверхні ножа згідно з рис. 3.4 маємо такі вхідні дані [33]:

а) кінематичні параметри фрезерної машини:  $V_M$  - швидкість руху фрезерної машини,  $\omega_1$ - кутова швидкість ротора,  $\omega_2$  - кутова швидкість частки ґрунту по поверхні ножа

б) конструктивні параметри ножа: R- радіус обертання ріжучої крайки ножа;  $R_1$ – радіус напрямної поверхні ножа CF;  $\check{S}$  – довжина дуги напрямної CF; H – висота ножа;

в) сили, які діють на частку ґрунту (точка M):  $mg$  – сила тяжіння;  $F_n$  – відцентрова сила;

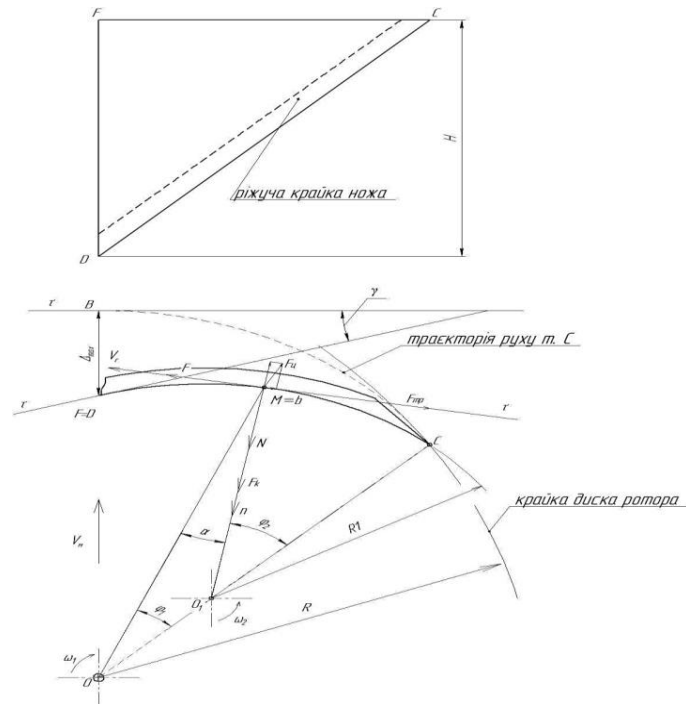


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема проєкції ножа щодо визначення відносної швидкості руху ґрунту по його поверхні:

$F_{тр}$  - сила тертя;  $F_k$ - сила Кориоліса;  $N_1$  - нормальна сила реакції поверхні ножа;  $F_v$  – сила реакції ґрунту, що виникає від різниці швидкостей по шарах скиби;  $F_2$  – підйомна сила;  $N_2$  – реакція в шарах скиби від сили тяжіння;  $F$  – рухома сила точки М по поверхні ножа.

Приймаючи до уваги те, що відхилена ножем скиба ґрунту під дією рухомої сили  $F$  переміщується по циліндричній поверхні ножа у сторону денної поверхні поля вважаємо, що кожна частка скиби буде рухатись по траєкторії, яка не є плоскою кривою, а буде гвинтовою лінією. Тоді для визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по ножу приймаємо прямокутну систему координат з початком в точці М, у якій ось абсцис  $Mt$  спрямована по дотичній, ось ординат  $Mn$  - по головній нормалі і ось аплікату  $Mb$  по бінормалі (рис. 3.4). Прийнята система координат є правою, а проекції сил в т.М на її осі будуть мати такі рівняння:

- на нормаль  $n$  нормальна сила реакції поверхні ножа  $N_1 = F_n \cos \alpha - F_k$ ;
- на бінормаль  $b$  підйомна сила  $F_2 = N_2 + F_v - mg$  ( де  $F_v$ – сила реакції ґрунту, що виникає від різниці швидкостей по шарах скиби);
- на дотичну  $\tau$  (диференціальне рівняння відносного руху частки ґрунту по поверхні ножа)

$$ma_n = m \frac{dV_r}{dt} \cdot \frac{d\tilde{S}}{dS} = m \frac{d\tilde{S}}{dt} \cdot \frac{dV_r}{d\tilde{S}} = mV_r \frac{dV_r}{d\tilde{S}} = F - F_n \sin \alpha - F_{тр}$$

або

$$mV_r \frac{dV_r}{dS} = F - F_n \sin \alpha - \mu F \cos \alpha + \mu 2m\omega_1 V_r \quad (3.6)$$

де рухома сила точки М по поверхні ножа  $F = m\varphi_2 R_1 \left(\frac{\omega_2}{\varphi_2}\right)^2 = m \frac{\omega_2^2 R_1}{\varphi_2}$ ;

центробіжна сила  $F_n = m\omega_1^2 (R - \Delta)$ ;

сила тертя  $F_{тр} = \mu N_1$  ( $\mu$  – коефіцієнт тертя);

сила Кориоліса  $F_k = 2m\omega_1 v_r$  ( $m$  - маса ґрунту на ножі);

довжина дуги напрямної ножа  $\tilde{S} = \varphi_2 R$ .

В рівняння (3.6) підставляємо значення усіх сил і скорочуємо на масу.

Тоді маємо

$$\frac{V_r dV_r}{dS} = 2\mu\omega_1 V_r + \frac{R_1}{\varphi_2} \omega_2^2 - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad (3.7)$$

Для спрощення обчислення введемо такі позначення:

$$a = 2\mu\omega_1 = const,$$

$$b = \frac{R_1 \omega_2^2}{\varphi_2} - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Розділяє змінні у рівнянні (3.7) маємо

$$\frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = dS$$

Інтегруємо в межах:  $V_r = (0, V_r'); \tilde{s} = (0, \tilde{s}')$

$$\int_0^{V_r'} \frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = \int_0^{\tilde{s}'} dS$$

або, використавши формули для табличних інтегралів, отримуємо розв'язок у неявному вигляді

$$aV_r' - b \ln|aV_r' + b| = \tilde{S}^1 a^2 - b \ln b. \quad (3.8)$$

Розв'язок (3.8) представляє собою трансцендентне рівняння відносно  $V_r$ , яке може бути вирішено наближеними методами аналізу.

Обчислення відносних швидкостей часток ґрунту по поверхні ножа і аналіз динамічних характеристик їх руху. Для виконання розрахунків відносних швидкостей часток ґрунту по поверхні ножа і динамічних характеристик їх руху було розроблено комп'ютерну програму за допомогою програмної оболонки Embarcadero RAD Studio 2009.

Для обчислення значення відносної швидкості руху матеріальної тачки М по поверхні ножа маємо наступні вхідні дані.

Константи руху:

$$b = \frac{R\omega_2^2}{\varphi_2} - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha);$$

$$\omega_1 = 15,8 \text{ рад/с};$$

$$R = 0,176 \text{ м};$$

$$R_1 = 0,097 \text{ м};$$

$$\mu = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8;$$

$$a = 2\mu\omega_1.$$

Змінні руху:

$$\varphi_2 = 1,742 \text{ рад}; \tilde{S} = 0,169 \text{ мм}; \Delta = 62 \text{ мм}; \alpha = 0,7501 \text{ рад}.$$

Підставляємо визначені вхідні данні в рівняння (3.8) і отримуємо значення відносної швидкості т. М по поверхні ножа з напрямною CF, на підставі яких побудовано графіки змін швидкості руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа при різних значеннях коефіцієнту тертя (рис. 3.5). Маємо лінійні залежності збільшення відносної швидкості  $V_r$  руху т.М по поверхні ножа.



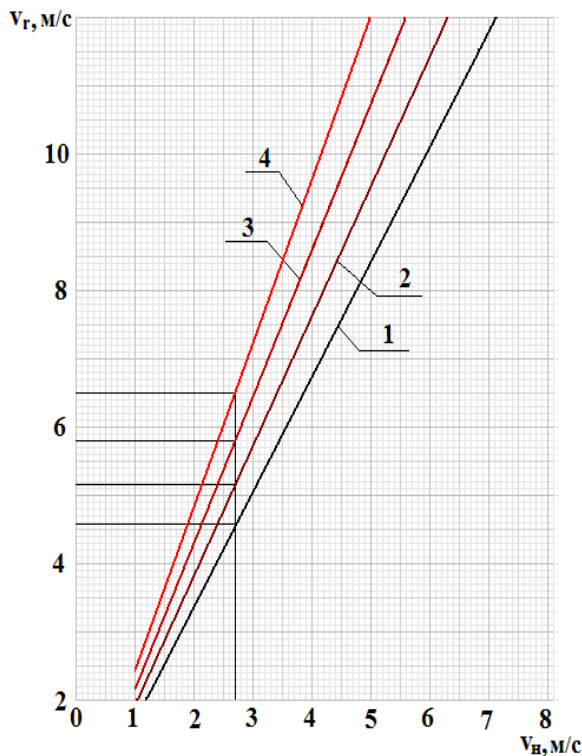


Рисунок 3.5 - Зміни відносної швидкості  $V_r$  руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа  $V_n$  при різних значеннях коефіцієнту тертя  $\mu$ : 1– $\mu=0,2$ ; 2– $\mu=0,4$ ; 3– $\mu=0,6$ ; 4– $\mu=0,8$ .

Визначення значень кінематичних параметрів фрези, а саме частоти обертання роторів для досягнення такої швидкості часток ґрунту, при якій забезпечується оптимальна якість обробітку ґрунту і мінімізується потужність роботи фрези можливе за рахунок проведення планованого експерименту.

Для розробки плану експерименту необхідно визначити граничні межі варіювання частоти обертання роторів. Для чого побудуємо графік змін швидкості  $V_r$  від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа  $V_n = 2,8$  м/с, яка була прийнята при обґрунтуванні напрямної ножа.

З наведених залежностей (рисунок 3.5 і 3.6) виходить, що при середніх значеннях коефіцієнту тертя ( від 0,4 до 0,6) відносна швидкість  $V_r$  руху т.М збільшується в середньому у 2 рази:

- при  $\mu=0,4$   $V_r = 5,26$ м/с ( $V_r$  збільшується в 2,4раза);
- при  $\mu=0,5$   $V_r = 5,96$ м/с ( $V_r$  збільшується в 2раза);
- при  $\mu=0,6$   $V_r = 6,68$ м/с ( $V_r$  збільшується в 1,8раза).

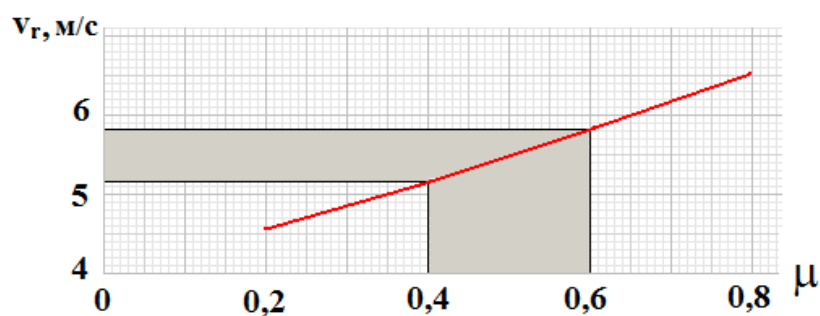


Рисунок 3.6 - Зміни швидкості  $V_r$  руху т.М по поверхні ножа від різних значень коефіцієнту тертя т. М при лінійній швидкості ножа  $V_n = 2,8$ м/с.

Таким чином, виходячи із меж, які наведені на рисунку 3.6 для планування експерименту частоту обертання роторів слід приймати в межах від  $2\text{с}^{-1}$  до  $3\text{с}^{-1}$  з інтервалом 0,5.

За результатами проведених розрахунків було розроблено та виготовлено зразки експериментальних робочих органів [34].

Польові дослідження. Програмою польових досліджень було передбачено:

- виготовлення дослідних зразків роторів для експериментальної фрези МФ-1 з робочими органами (ножами), параметри яких обґрунтовані в теоретичних дослідженнях;

- проведення планованого експерименту з метою оптимізації конструктивних параметрів робочих органів і режимів роботи фрезерної машини за двома критеріями:

- 1) якість ґрунту в пристовбурних смугах за показником його структурно – агрегатного стану;

- 2) енергоємність, яка витрачається на привід роторів від ВВП;

На підставі проведених розрахунків виготовлено два ножових ротори фрезерної машини на заводі з виробництва сільськогосподарської техніки науково - виробничої компанії «Роста» м. Мелітополь ( рис. 3.7).

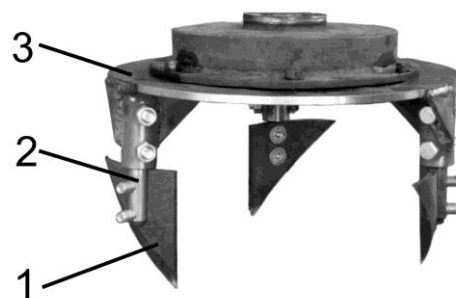


Рисунок 3.7 - Загальний вигляд і ножовий ротор фрезерної машини:

1- ніж; 2 - стійка ножа; 3 - диск ротора.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень та визначення раціональних технологічних параметрів роботи експериментальних робочих органів фрезерної машини були проведені польові дослідження з використанням елементів математичного планування [35]. За результатами психологічного дослідження було обрано такі основні фактори впливу на роботу фрези:  $X_1$  – швидкість руху агрегату;  $X_2$  – частота обертання диска фрези;  $X_3$  – глибина обробки ґрунту. Значення рівнів та інтервалів варіювання наведені у табл. 3.2. Рівні варіювання частоти обертання роторів прийняті на підставі проведених теоретичних досліджень.

Таблиця 3.2 - Значення рівнів та інтервалів варіювання факторів

Фактори	Кодифіковані значення факторів					Крок варіювання факторів
	-1,682	-1	0	1	1,682	
Швидкість руху фрези, м/с $X_1$	0,2	0,4	0,7	1	1,2	0,3
Частота обертання роторів, $c^{-1}$ , $X_2$	1,66	2	2,5	3	3,34	0,5
Глибина обробітку, см, $X_3$	4,64	6	8	10	11,36	2

На підставі проведених досліджень отримано рівняння регресії, що описує процес рихлення ґрунту експериментальними робочими органами.

$$Y_1 = 0,669 - 0,036X_1 + 0,029X_2 + 0,05X_3 - 0,124X_1^2 - 0,154X_2^2 - 0,098X_3^2 - 0,0525X_1X_2 + 0,118X_2X_3 - 0,035X_1X_3 \quad (3.9)$$

де  $Y_1$  – коефіцієнт структурно – агрегатного стану ґрунту.

Для аналізу отриманих рівнянь регресії були побудовані дворівневі перетини поверхонь відгуку в області експерименту на нульовому рівні залежностей коефіцієнта структурно-агрегатного стану ґрунту від обраних факторів (рис. 3.8).

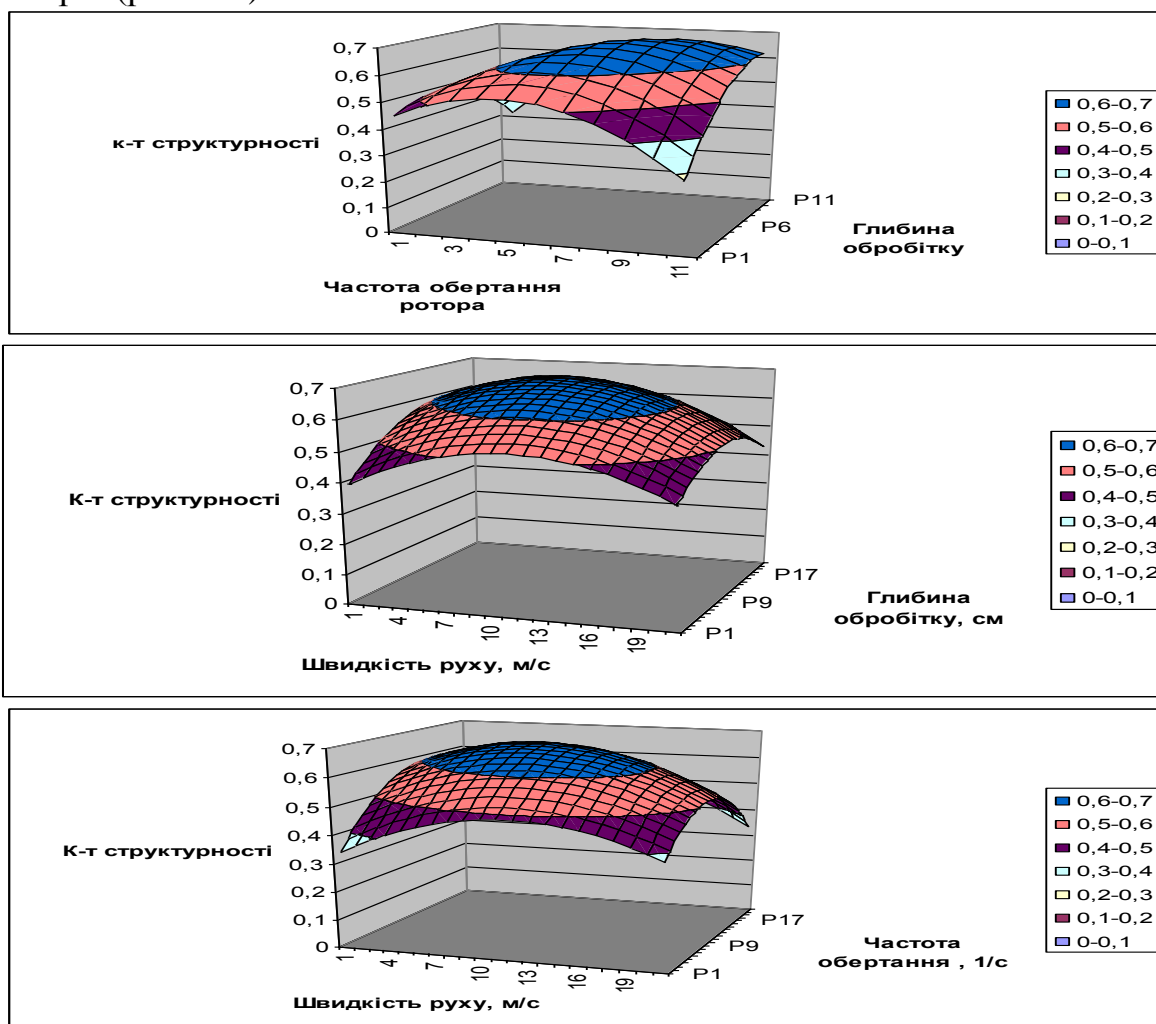


Рисунок 3.8 - Зміни коефіцієнту структурно – агрегатного стану ґрунту в залежності від параметрів роботи фрезерної машини.

В результаті обчислень за допомогою програми Excel було визначено значення показників незалежних факторів, при яких критерії оптимізації досягають оптимальних значень.

Максимальне значення коефіцієнта структурності дорівнює 0,693 і досягається при частоті обертання ротора  $2,7\text{с}^{-1}$ , швидкості руху агрегату 0,61 м/с та глибині обробітку 9,1 см.

Оскільки основним критерієм оптимізації обрано якість обробітку ґрунту, то приймаємо технологічний і кінематичний режим роботи агрегату, який обґрунтовано при дослідженні регресійного рівняння (3.9).

Науково – виробничу перевірку фрезерної машини з розробленими робочими органами МФ-1М у складі з трактором ЮМЗ-6 в насадженнях абрикосу, черешні і яблуні було проведено у ТОВ «Лана» Михайлівського району Запорізької області (рис. 3.9).

Метою перевірки було передбачено проведення агротехнічної оцінки роботи машини.



Рисунок 3.9 - Обробітку ґрунту в пристовбурній смузі фрезерною машиною МФ-1М з експериментальними робочими органами.

В процесі випробувань були використані загальноприйняті методики оцінки якості роботи ґрунтообробних знарядь. Вимірюванню підлягали параметри пристовбурних смуг до обробітку фрезерною машиною і після, а також параметри машини в процесі обробітку:

а) пристовбурні смуги плодового саду при проведенні дослідів характеризувались за такими показниками: агрофізичними показниками ґрунту згідно з ДСТУ4362 — щільність, агрегатний склад, вологість, попередній спосіб утримання ґрунту в пристовбурній смузі, наявність рослинних решток і їх стан;

б) параметри машини і якість її роботи: швидкість руху, ширина і глибина обробітку пристовбурної смуги, ступінь подрібнення рослинних решток, щільність ґрунту, структурно – агрегатний стан ґрунту.

За результатами випробувань встановлено, що кількість середньої фракції ґрунту ( розмір агрегатів від 0,25 до 10мм) до обробітку становила 51%, а після обробітку фрезою 70%. При цьому щільність ґрунту зменшилась на 76,4% и становила  $0,65\text{ г /см}^3$ .

За результатами досліджень зроблені такі висновки:

1. Встановлено, що пристовбурні смуги в плодкових насадженнях інтенсивного типу доцільно утримувати під «чорним паром» за допомогою обробітку ґрунту машинами з активними робочими органами, які обертаються навколо вертикальної вісі.

2. На підставі даних технічної літератури та інших інформаційних джерел визначено, що експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижнів, обробляє ґрунт із забезпеченням коефіцієнта структурно – агрегатного стану 0,53. Це значення за ДСТУ4362 знаходиться на межі незадовільного стану ґрунту, що не сприяє створенню умов для оптимального проходження біологічних процесів у ґрунті і, як наслідок, відбувається погіршення росту і розвитку плодкових дерев.

3. На підставі математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом доведено, що для утворення оптимального структурно – агрегатного стану ґрунту ( $K_{C(H)}$ ) знаходиться в межах від 0,6 до 0,8) необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню, а також встановлено, що:

- робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра з радіусом 0,097м і максимальною довжиною дуги  $CF$  рівною 0,114м при радіусі роторів 0,176м, їх кутовій швидкості 15,8 рад/с і поступовій швидкості машини 0,88 м/с;

- відстань напрямної  $CF$  від траєкторії руху ріжучої крайкиножа має збільшуватись за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання  $\gamma=10^\circ$ , починаючи з точки  $C$  на ріжучій крайки ножа.

- відносна швидкість руху  $V_r$  частки ґрунту по поверхні ножа зростає за лінійним законом і на виході з ножа при його лінійній швидкості  $V_n = 2,8\text{м/с}$  у середньому зростає в 2 рази у межах зміни коефіцієнта тертя  $\mu$  від 0,4 до 0,6 .

- для забезпечення найкращої якості обробітку ґрунту швидкість руху частинок ґрунту  $V_r$  на виході з ножа не повинна бути більшою ніж в 2 рази за лінійну швидкість ножа, для чого частота обертання роторів має бути в межах від  $2\text{с}^{-1}$  до  $3\text{с}^{-1}$ .

5. Лабораторно – польовими дослідженнями експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М встановлено, що:

- максимальне значення коефіцієнту структурності ґрунту  $K_c=0,693$  запропонованими робочими органами досягається при частоті обертання роторів  $2,7\text{с}^{-1}$ , швидкості руху машино-тракторного агрегату 0,61 м/с та глибині обробітку 9,1 см;

- ширина обробленої пристовбурної смуги не перевищувала 0,7м, тобто розкидання ґрунту фрезою не відбувалось; знищення бур'янів дорівнювала 90% при щільності рослин 100 -120 шт. на  $1\text{м}^2$ . При цьому, робочі органи фрези забезпечували видалення бур'янів з кореневою системою;

- заселення гризунами насаджень, пристовбурні смуги яких були оброблені фрезою МФ-1М знизилось в три рази і не перевищувало 2 норі на  $10\text{м}^2$ .



## Література

1. Михайлов Є. В. Аналіз роботи засобів попередньої очистки зерна /Є. В. Михайлов, В. С. Дудка, А. С. Сінніков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, т.2. – Мелітополь, 2010. - С. 125-131.
2. Михайлов Є. В. Методика визначення критичної швидкості складових зернового вороху / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. - С. - 50-56.
3. Шляхи раціональних витрат електроенергії потокових ліній очищення зерна / М. В. Постнікова, Г. Н. Назарьян, Л. Є. Нікіфорова, Є. В. Михайлов, О. П. Карпова О.П. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2012. - Вип.12, т. 2. - С. 111- 117.
4. Постнікова М. В. Експериментальне дослідження перетворення електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна / М. В. Постнікова, Є. В. Михайлов, О. П. Карпова // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. - Вип.2, т.1. - С. 169- 173.
5. Михайлов Є. В.Аналіз результатів статистичних характеристик зернового вороху / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. - С. - 57-64.
6. Михайлов Є. В. Травмування насіння зернових культур в процесі післязбиральної обробки та шляхи його зменшення / Є. В. Михайлов, М. П. Кольцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: - Мелітополь, 2013. - Вип.13.т.3. - С. 139- 145.
7. Михайлов Е. В.Обоснование параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования / Е. В. Михайлов, А. А. Белокопытов, Н. А. Задосная // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2013. – Кн. 2. - Вип.17 (31). – С. 68-75/
8. Михайлов Е. В. Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов // Известия Международной академии аграрного образования.– СПб, 2013. – Вып. 19. - С. 73-80.
9. Михайлов Є.В. Аналіз пневматичних систем зерноочистительних машин та удосконалення їх класифікації / Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Задосна Н.О., Сердюк Д.В.// Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.12.т.5.: - Мелітополь: ТДАТУ, 2012 с. 50...61.

10. Михайлов Е.В. Свойства семян подсолнечника и показатели качества масличного сырья, поступающего на Мелитопольский маслоэкстракционный завод./ Є.В. Михайлов, Н.О. Задосная. Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.13.т.3. : - Мелітополь: ТДАТУ, 2013 с. 118...123.
11. Пневморешетный сепаратор зерна с замкнутой воздушной системой / Е. В Михайлов, О. О. Белокопитов, Н. А. Задосная, Д. В. Сердюк // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2014. - Вип. 13, т. 4. - С. 133 - 138.
12. Михайлов Є.В., Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику /Михайлов Є.В., Задосна Н.О. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2015. - Вип. 13, т. 4. - С. 133 - 138.
13. Задосная Н.А. Аспекты обоснования параметров и режимов работы пневмосепаратора масличного сырья подсолнечника /Н. А. Задосная // MOTROL Commission of Motorization and Power industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, –Volume 17, № 9. –2015, – p. 43 – 49.
14. Задосна Н.О. Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику / Н.О. Задосна // Междунар. науч.- техн. конф. по вопросам технического прогрессу в АПК. 19-20 березня 2015 року у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків, 2015. - С.
15. Задосна Н.О ., Білокопитов О.О. Методика визначення якісних показників роботи повітророзподільного пристрою машини попереднього очищення зерна / Н.О. Задосна, О.О. Білокопитов // Междунар. науч.- техн. конф. по питанням природного агровиробництва в Україні, проблем становлення, перспектив розвитку. 22-23 жовтня 2015 року у Дніпропетровському державному агроекономічному університеті. – Дніпропетровськ, 2015. - С. 60
16. Задосна Н.О. Умовля обоснования параметров и режимов работы пневмосепаратора масличного сырья подсолнечника/ Н.О. Задосна // Междунар. науч.- техн. конф. по вопросам 2015 року у 2015. - С.
17. Матковський О.І. Удосконалення конструктивної схеми робочих органів викопувального плуга/О.І. Матковський// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету . Мелітополь, 2011. — Вип. 12, т. 5. — С. 160-167.
18. Кольцов М.П. Конструктивні параметри робочого органу викопувального плуга/ М.П. Кольцов, О.І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. — Вип. 11, т. 2. — С. 126 - 132

19. Кольцов М.П. Тяговий опір коливального робочого органа викопувального плуга/ М.П. Кольцов, О.І.Матковський// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2013. — Вип. 13, т. 3. — С. 156-160.
20. Рубцов М.О. Дослідження переміщення ґрунту з саджанцем коливальним розпушувачем викопувального плуга / М.О. Рубцов, О.І. Матковський / Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс].— Мелітополь: ТДАТУ, 2015.— Вип. 5, Т.1 — С.159 - 168. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html> .
21. Матковский А.И. Определение кинематических параметров разрыхлителя-сепаратора викопочного плуга/Научно-технический прогресс в сельском сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19–20 окт. 2012 г.). В 3 т. Т. 1/РУП «Научно – практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012.— С.182 - 187.
22. Караев А.И. Моделирование перемещения почвенного пласта с саженцем по активному рабочему органу викопочного плуга / А.И. Караев А.И. Матковский // Всеукраїнська науково - практична конференція «Імпортозамінні технології вирощування продукції садівництва та рослинництва» (Умань, 29 - 30 квітня 2015 р.). Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти (за матеріалами міжнародної науково - практичної конференції 29 - 30 квітня УНУС, м. Умань)/. — Мелітополь, 2015 — Вип. 3. — С.201 – 210.
23. Караев О.Г. Визначення параметрів розпушувача викопувального плуга для викопування саджанців плодкових культур / О.Г. Караєв, О.І. Матковський // Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 22 - 23 жовтня 2015 р.). – Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. — С.64 - 65.
24. Караєв О.Г. Визначення розподілу лінійної щільності мас підщеп плодкових культур по довжині / О.Г. Караєв, І.О Чижиков, В.В. Кузьмінов // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2011. - Вип.11 , т.5.- С.149-154.
25. Караєв О.Г. Математична модель процесу садіння підщеп плодкових культур апаратом дискового типу [Електронний ресурс] / О.Г. Караєв, І.О. Чижиков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, т. 2. – С. 56-63.- Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011\\_2/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_2/index.html).



26. Караєв О.Г. Обґрунтування параметрів орієнтуючого пристрою садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур / О.Г. Караєв, І.О. Чижиков, В.В. Кузьмінов // Науковий вісник НУБІП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – Київ, 2011.- Вип.166, ч.2.- С. 103-115.
27. Чижиков І.О. Модель оптимізації процесу садіння підщеп плодових культур садильним апаратом дискового типу / І.О. Чижиков // Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(9). – Запоріжжя, 2012. – С. 83-96.
28. Чижиков І.О. Результати лабораторно-польових випробувань макетного зразка секції машини для садіння підщеп плодових культур [Електронний ресурс] / І.О. Чижиков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3. – С. 140-146.- Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/e-journals/nvt dau/2012\\_3/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvt dau/2012_3/index.html)
29. Чижиков І.О. Обґрунтування параметрів садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур / І.О. Чижиков // Матеріали ХХ науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та VII Всеукраїнської конференції-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії. 22-24 травня 2012 р. ННЦ «ІМЕСГ» НААН: Тези доп. – Глеваха: 2012. – С.187-189.
30. Пат. на корисну модель № 59975 Україна, МПК А01С11/04. Садильний апарат дискового типу / І.О. Чижиков, О.Г.Караєв. - № 201012936; заявл. 01.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.
31. Мінько С.А. Результати випробування фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень/ С.А. Мінько // Науковий вісник ЛНАУ. Серія Технічні науки - Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2012 - № 41.- С.169-174.
32. Дідур В. А. Проектування робочого органу фрези для обробітку ґрунту / В. А. Дідур, С. А. Мінько // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - 2014. - Вип. 14, т. 2. - С. 61-65.
33. Дідур В.А. Математична модель визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні робочого органу фрезерної машини / В.А. Дідур, О.Г. Караєв, С.А. Мінько // Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь, ТДАТУ. – 2015. – Вип.5.-Т.2 – С.201-210. – Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V15T2.html>.
34. Заявка № u201510164 «Фрезерная машина для обробітку ґрунту» Дідур В.А., О.Г. Караєв, С.А.Мінько. дата подання 19.10.2015.

35. Минько С.А. Результаты полевых испытаний фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений / С.А. Минько // Информационно-технический вестник. Финансово-технологический университет. – Королев.- № 2 (04) – 2015. – С. 111-114.
36. Вобликов Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, А.С. Прокопец. - Ростов-на-Дону: МарТ, 2003. – 231 с.
37. Тарасенко А.П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко М.Э. Марчалова, И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж, 2009.- Вип.3 (22). - С. 22-24.
38. Чеботарев В.П. Направление совершенствования послеуборочной обработки зерна в республике Беларусь / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы науч.-практич. конф.; РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства.- Минск, 2010. – Т.1.- С. 181-183.
39. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: Учебное пособие / А.Н. Панченко Днепрпетр. гос. агр. ун-т. – Днепрпетровск, 1995. – 96с.
40. ГОСТ 24055-88. Техника сельскохозяйственная. Методика эксплуатационно-технологической оценки. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 16 с.
41. ОСТ 70.4.1-80. Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний.
42. ГОСТ 24057-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки средств на этапе испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1988. - 8 с.
43. ГОСТ 20915-75. - Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний. - М.: Медиа Сервис, 2012. - 41 с.
44. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування. – К.: Держспоживстандарт, 2005. –16 с.