

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК
“ ” _____ 2024

ДИПЛОМНА РОБОТА
_____ магістр
(освітній ступінь)

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ
ОЗИМОЇ З ОБГРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
КОБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім,
спеціальність 208 «Агроінженерія»

_____ Віталій ТРОХИМЕНКО

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Андрій ВОЙТІК
« ____ » _____ 2024

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Трохименко Віталій Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Удосконалення технології вирощування пшениці озимої з об-
ґрунтуванням параметрів і режимів роботи комбінованого ґрунтообробного аг-
регату.

керівник роботи Пушка Олександр Сергійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 202 ____ року № _____

2. **Строк подання студентом роботи** _____

3. **Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі існуючих машин для
для обробки ґрунту. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обра-
ної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Огляд способів, технологій та конструкцій технічних засобів. 2.
Аналітичні дослідження. 3. Методика експериментальних досліджень. 4. Ре-
зультати експериментальних досліджень 5. Охорона праці та безпека в над-
звичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність роботи. Висновки. Список
використаних джерел.

5. **Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Титульний лист. 2. Мета і задачі досліджень. 3. Огляд конструкцій машин. 4.
Запропонована конструкція агрегату. 5. Конструктивна схема. 6. Варіанти кон-
структивного виконання голок. 7. Реологічна модель голки. 8. Методика визна-

чення та експериментальних досліджень. 9. Результати досліджень. 10. Графічний аналіз. 10. Економічні показники.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., к.с.-г.н., доцент		
Економічне обґрунтування	Пушка О.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	19.05.2024	Виконав
2	Теоретичний	23.06.2024	Виконав
3	Експериментальний	15.09.2024	Виконав
4	Охорона праці	06.10.2024	Виконав
5	Економічний	03.11.2024	Виконав
6	Демонстраційна частина	12.11.2024	Виконав

Студент

(підпис)

Віталій Трохименко
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр Пушка
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1. Боронування як засіб збільшення врожайності.....	10
1.2. Огляд конструкцій.....	11
1.3. Огляд аналітичних досліджень.....	16
1.4. Огляд експериментальних досліджень.....	20
Висновки.....	22
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ	24
2.1. Обґрунтування об'єкту вдосконалення.....	24
2.2. Обґрунтування конструктивної схеми гольчастого диска.....	25
2.3. Математична модель взаємодії голки з оброблюваним середови- щем.....	27
2.3.1. Аналіз сил і переміщень, що діють в системі голка-грунт.....	28
2.3.2. Кінематика формування вертикального розпушення.....	31
2.4. Визначення кількості голок на диску при куті атаки $\alpha = 15^0$	33
2.5. Визначення відстані між дисками на валу батареї, установленими під кутом атаки.....	35
Висновки	37
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1. Мета і задачі експериментальних досліджень.....	38
3.2. Конструкція дослідної установки.....	38
3.3. Приватні методики досліджень якісних показників роботи.....	40
3.4. Ступінь кришення поверхневої кірки і загальна якість кришення поверхневого шару	43
Висновок	44

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
4.1. Характеристика умов проведення досліджень.....	45
4.2. Загальні результати досліджень.....	45
4.3. Показники виконання технологічного процесу.....	46
4.4. Ступінь кришення поверхневої кірки.....	48
4.5. Очікувана продуктивність та витрати палива розробленого агрегата... ..	50
Висновки	53
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві	54
5.2. Вимоги безпеки праці при обробітці ґрунту на модернізованому агрегаті.....	55
5.3. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	56
5.4. Вимоги безпеки при виконанні технологічного процесу.....	56
5.5. Вимоги безпеки по завершенню роботи.....	57
5.6. Рекомендації по поліпшенню стану охорони праці в фермерському господарстві умов праці.....	58
Висновок.....	58
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ.....	59
Висновок	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

РЕФЕРАТ

В даній магістерській роботі розглядаються питання пов'язані з якістю обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці. На основі аналізу технологій і конструкцій сучасних машин для обробітку ґрунту запропонована власна конструкція комбінованого ґрунтообробного агрегату. Параметри компоновочної схеми конструкції обґрунтовані експериментально шляхом випробувань машини в різному конструктивному виконанні. Аналітично проаналізований процес взаємодії гольчастого диска з ґрунтом, розроблена математична модель роботи. Виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності моделі.

Виконані техніко-економічні розрахунки показують, що від впровадження даної конструкції у виробництво можна отримати прогнозований річний економічний ефект становить 16062 грн.

Ключові слова: гольчастий диск, ґрунт, голка.

ВСТУП

Актуальність теми. Основні завдання агропромислового комплексу України – досягнення стійкого зросту сільськогосподарського виробництва, надійне забезпечення населення продуктами харчування та сільськогосподарською сировиною.

Суттєвим резервом підвищення ефективності використання земельних ресурсів, збільшення врожайності сільськогосподарських культур є скорочення термінів і значне покращення якості виконання технологічних операцій обробітку ґрунту. Відомі знаряддя із голчатими робочими органами, що призначені для ранньовесняного, передпосівного і пожнивного дрібного поверхневого розпушування стерньового фону в зонах із ґрунтами, схильними до вітрової ерозії, малопродуктивні, а підвищення швидкості їх руху призводить до різкого зниження показників якості. Природно-кліматичні умови сьогодення характеризуються утворенням на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, щільної ґрунтової кірки. Розтріскуючись ця кірка ускладнює появу сходів, пошкоджує тонку кореневу систему культурних рослин, збільшує випаровування вологи, що призводить до різкого зменшення врожайності. Існуючі голчаті борони не застосовують в операціях до- і післявсходового боронування посівів зернових культур, оскільки їх робочі органи не пристосовані до умов роботи на невеликих глибинах. Саме тому дослідження, які направлено на покращення якісних і енергетичних показників технологічних процесів обробітку ґрунту голчатими боронами, кут загострення голок яких може змінюватися, особливо при дрібному поверхневому розпушуванні ґрунтів в природно- кліматичних зонах, схильних до вітрової ерозії, є актуальними.

Мета роботи – підвищення ефективності обробітку ґрунту шляхом раціоналізації параметрів голчастого диску.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- на основі аналізу наведених в науково-технічній літературі результатів досліджень, окреслені невирішені проблеми та визначений напрямок аналітичних і експериментальних досліджень;

- аналітично обґрунтувати форму голок на диску та їх кількість, побудувати аналітичну модель взаємодії ґрунтообробного знаряддя з оброблюваним середовищем;
- виконати експериментальні дослідження на підтвердження адекватності висунутих робочих гіпотез і розроблених аналітичних моделей;
- провести техніко-економічні розрахунки на підтвердження ефективності виконаних досліджень;

Об'єкт дослідження – процес взаємодії з ґрунтом голчастого робочого органа з пружними голками.

Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів системи голчастий диск на якісні показники обробітку ґрунту та надійності конструкції.

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів теоретичної і землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики. Експериментальні дослідження виконані за спеціально розробленими методиками з залученням методів планування експерименту та регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Вперше, побудована математична модель взаємодії голчастого диска з оброблюваним середовищем, в якій оброблюваний шар ґрунту розглядається не як консолідоване фізичне тіло, а як сукупність нескінченно малих призм які в сукупності формують єдину призму сколювання.
- Вперше, математична модель поєднала раціональні складові теорії внутрішньої напруги А.М.Панченка, теорії підпірної стінки Н.А. Цитовича та теорії дотичної напруги.
- Запропонована методика практичного визначення амплітуди і частоти коливань робочого органа в польових умовах.

Практичне значення отриманих результатів.

- обґрунтовані раціональні параметри комбінованого ґрунтообробного агрегата, що включає плоскорізальні робочі органи і гольчасті диски;
- методики розрахунку та пропозиції виробництву передані для впровадження Торговому дому «Корсунь», м. Корсунь-Шевченковський, Черкаська область і ДП «Гуляйпільський механічний завод ПАТ «Мотор-Січ», м. Гуляйполе, Запорізька область.

1. СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1. Боронування як засіб збільшення врожайності

Боронування - це агротехнічний захід розпушування поверхні ґрунту різного виду боровами. Технологія захищає ґрунт від висихання, вибірково перемішує і вирівнює зовнішній шар ґрунту, руйнує ґрунтову кірку, знищує бур'яни і проріджує загущені сходи рослин.

Боронування застосовується в системі передпосівного обробітку ґрунту, при догляді за пасовищами і посівами сільськогосподарських угідь. Дана операція проводиться порізно або синхронно з оранкою і коткуванням.

Глибина обробітку ґрунту залежить від констуртивних параметрів зубів, ваги борони і робочої швидкості. Важкі зубові борони обробляють ґрунт на глибину 6-10 см, середні на глибину 4-5 см, легкі - 2-3 см. В результаті розпушування розривається система капілярних координацій, створюється нещільний захищений від висихання шар ґрунту. Вирівняний верхній шар ґрунту полегшує процес загортання насіння при посіві, Робить посів рівномірним.

По термінах проведення боронування розрізняють:

- Ранньовесняне боронування спрямоване на те, щоб шляхом подрібнення верхнього шару ґрунту порушити капілярну зв'язок з поверхнею нижніх шарів ґрунту і зберегти в них талу воду. Саме тому така обробка ґрунту називається ще "весняне закриття вологи" в родючій землі. Вирішує передпосівна обробка шляхом культивації з боронуванням і інші завдання, зокрема, на боротьбу з деякими видами шкідників.

Саме під верхнім шаром ґрунту ховаються багато личинок, наприклад, дротянки, з яких з'являються жуки-ковалики, а також лялечки більшості комах, серед яких дуже небезпечним для посівів вважається хлібний жук. Розпушений ґрунт позбавляє личинок укриття, дозволяючи птахам, що кормяться на полях,

скльовувати майбутніх шкідників. Невеликі похолодання з наступними весняними зливами майже напевно знищать лялечок, що опинилися на поверхні.

У регіонах з достатнім рівнем зволоження зяб і пари обробляють зубовими боронами, в безводних зонах - голчастими.

- Обробка озимих культур і багаторічних рослин. Боронування в даному випадку оживляє мікробіологічні процеси. Застосовують легкі і середні борони або ротаційні мотиги.

- Передпосівний обробіток. Передпосівне боронування здійснюється зубовими боронами і часто поєднується з культивацією. У південній степовій зоні широко використовується поверхнева обробка ґрунту під висів озимих культур важкими дисковими знаряддями. Також боронування проводиться на добре культивованих землях. При висіванні озимих культур борони з'єднуються з сівалкою.

- Післяпосівне боронування. Післяпосівне боронування ділиться на довсходове і післясходове. При довсходовому боронованні поля знищуються 80-90% паростків і сходів до появи справжніх листків корисних рослин. Слідом за появою сходів зернові обробляють в період вкорінення. Застосовуються обертотві мотиги, легкі зубові, сітчасті і прополювальні борони.

- Літня обробка парів. Дане боронування чистих і чорних парів здійснюється при ущільненні поверхні ґрунту або утворенні інтенсивних сходів бур'яну. Найчастіше боронування поєднується з оранкою, культивацією або лущенням. Для кращої обробки і вирівнювання поверхні ґрунту розпушення проводиться поперек напрямку оранки, рядів посіву або по лінії поля, з використанням гонових або діагональних методів руху Круговими рухами по контуру поля обробляються малі ділянки неправильної форми.

2.2. Огляд конструкцій

Ротаційні борони призначені для та до післясходового боронування посівів польових культур (зернових, пропашних, технічних), для поверхневого рихлення і аерації ґрунту, нищення нитєвидних сходів бур'яну.

Ротаційні борони відносять до безпривідних ґрунтообробних машин, які мають робочі органи різного конструктивного виконання : дискові ротори з пелюстковими, гольчастими, зубовими і ножевидними рихлячими елементами [4,6,8]

Найбільш поширеними робочими органами ротаційної борони є гольчасті колеса. Які в залежності від виробника мають різні кінцівки і діаметр. Конструктивно, колеса попарно об'єднані в секції і мають єдиний пружний стояк (рис.1.1).



Рисунок 1.1 – Секція ротаційної борони :

1- голчасте колесо; 2 – стояк; 3 – пружний елемент; 4 – ступиця.

Конструкція секції дозволяє її використовувати в складі агрегатів. Як суцільного, так і міжрядного обробітку.

Технологічний процес роботи ротаційної борони виглядає наступним чином. В процесі руху машини , голчасті колеса починають обертатись і заглиблюються у ґрунт на 3 – 5 см, в результаті чого руйнується ґрунтова кірка і відбувається насичення поверхневого шару повітрям, в результаті азот з повітря потрапляє в ґрунт. Таким чином застосування ротаційної борони сприяє зменшенню потрібної кількості азотних добрив.

Оглядом конструкцій виявлені наступні варіанти виконання голчастих коліс : цільнолиті (рис.1.2.), штамповані (рис.1.3), Складні, або такі що мають декілька складових одиниць (рис.1.4).



Рисунок 1.2 – Варіант цільнолитого виконання колеса ротаційної борони (важка борона)



Рисунок 1.3 - Варіант штампованого виконання колеса ротаційної борони

Функціонально легкі ротаційні борони не занурюють у ґрунт на глибину більше за 2-3 см і тому вони повинні бути легкими. На рис.1.4. представлений варіант виконання диска такої борони. Диск має 5 складових одиниць, що безумовно є негативним фактором. Але голки можна легко міняти і в разі потреби збільшити чи зменшити їх довжину і пружність. Окрім того покращується показник ремонтпригодності.

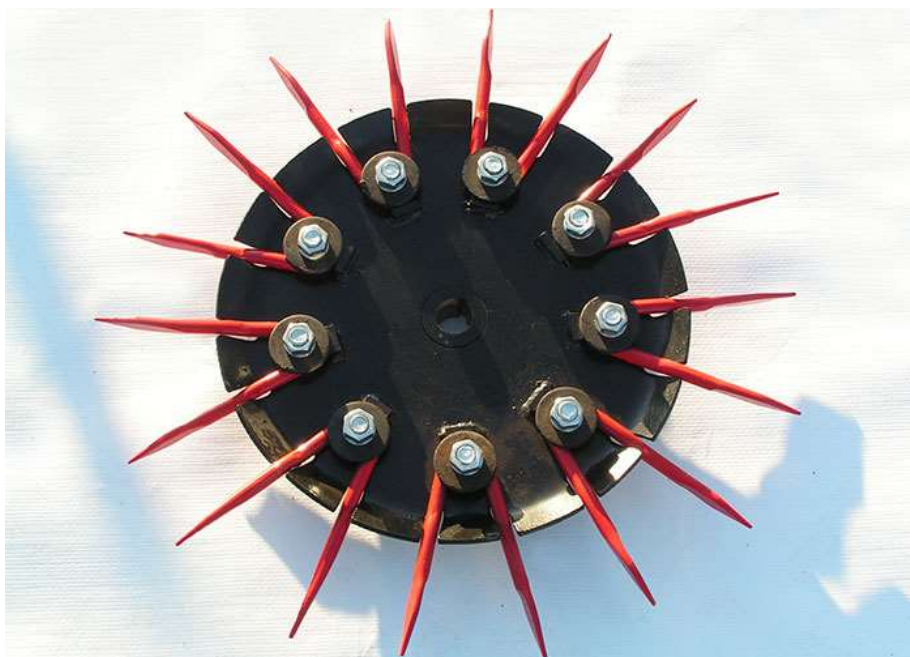


Рисунок 1.4 – Колесо з декількох складових одиниць. (легка борона):

1 – голка; 2 – диск; 3 – елементи кріплення.

Ротаційні борони використовують як самостійний агрегат (рис.1.2), так і у складі комбінованого агрегату (рис.1.5). Представлена конструкція включає практично всі відомі ротаційні робочі органи, тому машина досить важка, але ротаційні робочі органи мають від'ємний кут входження у ґрунт і тому потребують примусового заглиблення.



Рисунок 1.5 – Секція ротаційної борони в складі комбінованого ґрунтообробного агрегату : 1 – рама; 2 – колтер; 3 – секція ротаційної борони; 4 – секція турбодискова; 5 – долотоподібний глибокорозпушувач.

Це є однією з причин того, що рами таких машин роблять важкими. Підвищеної ваги також роблять і допоміжні робочі органи.

Існує технічне рішення №1386062 (рис.1.6.) робочий орган ґрунтообробного знаряддя метою якого є покращення якості обробки ґрунту і зниження тягового опору. Робочий орган складається із стійки 1 на якій закріплена лапа 2. На боковій поверхні стійки 1 закріплений диск 3 з ножами 4, які мають одностороннє загострення. На кінці кожного ножа 4 закріплена пластина 5, яка розташована перпендикулярно до площини обертання ножа, за рахунок цього підвищується зчеплення ножів 4 з ґрунтом. Пластина 5 можуть мати форму трикутника, що сприяє проковзування бур'янів і виключає забивання ножів 4. Бокова поверхня стійки 1 розташована під гострим кутом до площини обертання ножів 4, що виключає заклинювання перерізаних бур'янів між стійкою 1 і ножами 4.

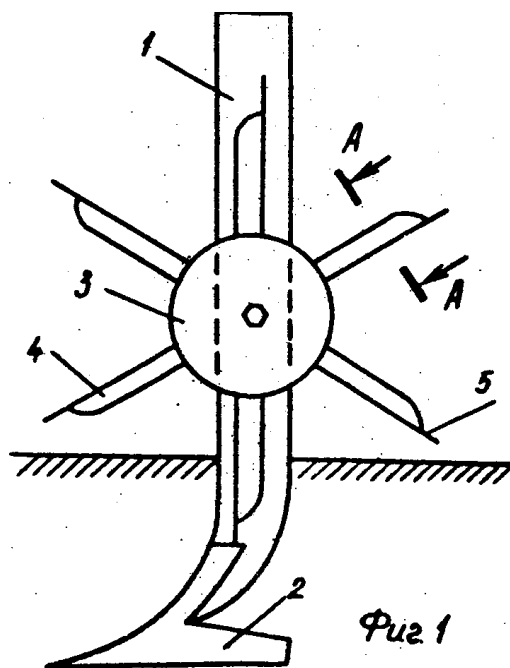


Рис. 1.6. А.с. №1386062 Робочий орган ґрунтообробного знаряддя.

Знаряддя працює наступним чином. В процесі руху робочого органа пластини 5, занурюючись в ґрунт створюють крутний момент, за рахунок якого відбувається обертання диска 3 з ножами 4. Одночасно пластини 5 перерізають бур'яни які знаходяться на поверхні ґрунту, це дозволяє зменшити об'єм бур'янів які навішуються на стійку 1. При перерізанні бур'янів ножами 4, які нависли на стійку 1 то сама стійка служить як протиріжучий ніж ріжучої пари. Це і сприяє покращенню якості рихлення ґрунту

1.3. Огляд аналітичних досліджень.

Серед аналітичних досліджень можна виділити окремо дослідження по раціоналізації параметрів голок і конструктивних параметрів робочого органу в цілому.

Основна посилка, що визначає конструктивні параметри полягає в тому, що голка повинна входити у ґрунт вертикально, а виходити під кутом до напрямку руху, тобто утворювати мікровибух [7,29]. Можливі два варіанти вико-

нання технологічного процесу за цією схемою : кінцевик голки робити лопато-подібним [29], або несиметричним. В обох випадках радіус описаного екола колеса і, як наслідок колова швидкість і швидкість поступового руху повинні бути узгоджені.

Серед останніх досліджень, слід відмітити роботу В.В. Шевчука [29]. Автор обґрунтував основні конструктивні параметри диска і борони в цілому, отримав раціональні значення кінематичного режиму роботи в залежності від конкретних ґрунтових умов. (рис.1.7)

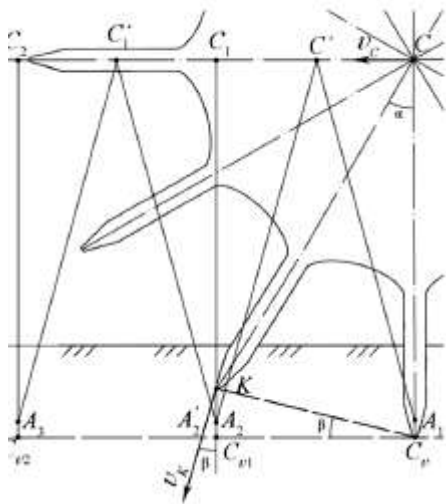


Рисунок 1.7 – Розрахункова схема до визначення кінематичних параметрів голчастого диска [19]

Шляхом аналітичних досліджень визначена залежність сили занурення голки в ґрунт від основних параметрів конструкції при сталому режимі роботи диска

$$G = K_{\Pi} \cdot 2 \cdot f \cdot a \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де f – коефіцієнт кочення (визначається експериментально);

a – глибина занурення;

K_{Π} – коефіцієнт форми голки;

α – кут між голками.

Серед аналітичних досліджень ротаційних зубових борін слід також відмітити роботи Л.Ф. Бабицького[4-7], яким доведено, що для забезпечення мінімальних енерговитрат необхідно застосовувати диски з криволінійними голками і при цьому дотична до її профілю в точці входження в ґрунт А

(рис. 1.8.) повинна співпадати з напрямком поступового руху знаряддя [7]. .

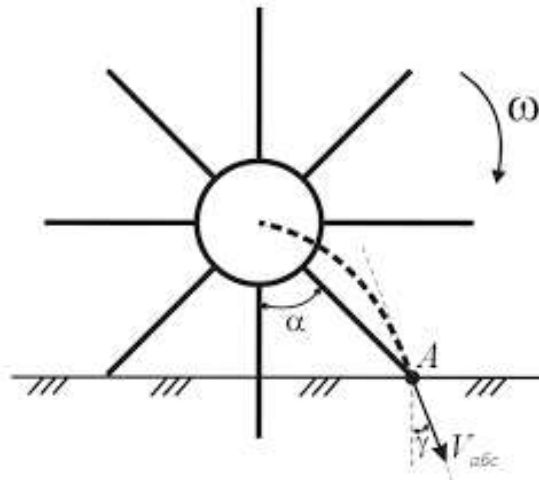


Рисунок 1.8 – Кінематична схема руху голки диска [7]

Аналітичними дослідженнями, виконаними за наведеною схемою аргументована наступна конструкція голки (рис.1.9). Траєкторія руху кінцевика голки виконує лопатовидний рух. Чим забезпечує вертикальний обробіток ґрунту.

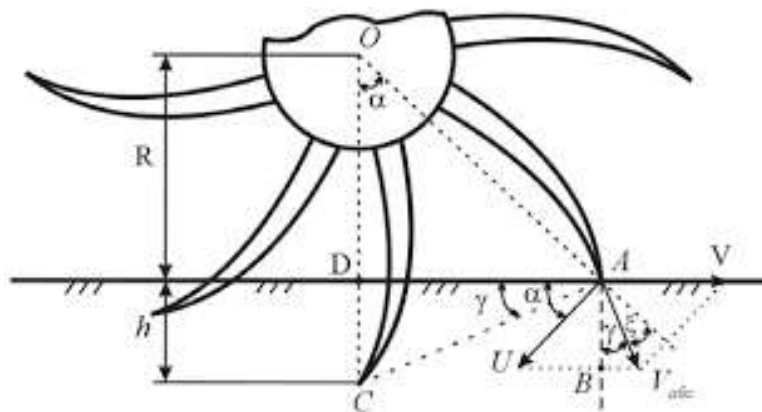


Рисунок 1.9 – Загальний вид голки, запропоновано Л.Ф.Бабицьким [7]

Білокопитов [8] аналітично визначив величину раціональної відстані між голчастими дисками в батареї :

- для глибини занурення $h = (0,2-0,3) R$

$$l = 1,8R \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\},$$

- для глибини занурення $h > 0,3R$

$$l = 1,8R \operatorname{tg} \left\{ \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right\},$$

де R – радіус описаного кола голок

h – глибина занурення голок у ґрунт.

Додатково цим же автором був аналітично визначений раціональний діаметр голки для умов степової зони півдня України $d = 10$ мм. Голка повинна мати однобічне загострення під кутом 20-25 градусів.

Ряд авторів [2,3] в ході аналітичних досліджень прийшли до висновку, що борона повинна забезпечувати вертикальний обробіток ґрунту, але на відміну від турбодиска дія повинна носити підриваючий характер, тобто знизу. Для такої дії рекомендована голка з лопатевидним кінцевиком (рис.1.10).



Рисунок 1.10 – диски борони з лопатовидними кінцівками голок.

Виробництво таких борін носить дослідний малосерійний характер і дані по якісним показникам їх роботи відсутні. Особливо цікавим є питання обґрунтування кута входження кінцевика у ґрунт і його можливий діапазон зміни в залежності від робочої швидкості агрегату.

1.4. Огляд експериментальних досліджень

Найбільш близькими за суттю до тематики магістерської роботи є дослідження В.В. Шевчука [26] і Л. Шустіка [28]. В ході польових випробувань [24] підтверджена гіпотеза про раціональність форми зуба у вигляді веретена з конусністю 14° при радіусі описаного кола 510 мм і швидкості поступового руху 2,77 – 3,05 м/с. Для агрофону рослинних решток грубостебельних культур по середньосуглинистому чорнозему раціональна глибина заглиблення голки (зуба) $h=4,8$ см.

Для величини тягового опору отримане рівняння регресії

$$Y = -81,48 + 3,83 \cdot \alpha + 39,84 \cdot h + 4,66 \cdot V - 2,58 \cdot h^2$$

Дослідження Л Шустіка [31] за основу мають результати польових випробувань серійної машини ДИНАР-6,4 виробництва механічного заводу «Лозовські машини». В роботі наведені короткі результати аналітичних досліджень, але найбільш вагомим результатом є запропонована і відпрацьована методика оцінки якості подрібнення ґрунтової кірки.

Розрахункова схема аналітичних досліджень представлена на рис.1.18.

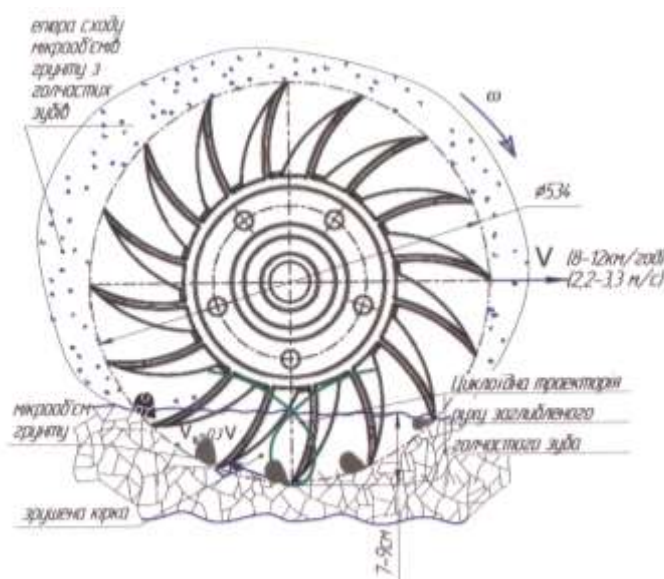


Рисунок 1.11 – Розрахункова схема до визначення траєкторії руху голки і принципів формування ієртикального мікробибуху[31] .

Аналітичними дослідженнями встановлено і в ході експериментальних досліджень підтверджено, що найбільш ефективним методом руйнування кірки є спрямований з глибини занурення в напрямку денної поверхні мікровибух.

Методика оцінки якості руйнування кірки базується на агротехнічній вимозі, що поверхневий шар не повинен мати ґрунтові комки більші за 50 мм і менші за 1,0 мм. Повнота руйнування визначалась рамкою з комірками 50х50 мм, яка накладалась на поверхню поля.(рис.1.12). Якість кришення визначалась в процентному співвідношенні кількості комірок з зруйнованим поверхневим шаром до кількості з незруйнованим. Раціональним призначення показника на рівні не менше за 80%. Конкретні результати проведеної оцінки представлені на рис.1.20. Методика є доволі ефективною і дозволяє порівнювати ротацийні борони з різними видами голок.



Рисунок 1.12 – пристосування для визначення повноти руйнування ґрунтової кірки [31].

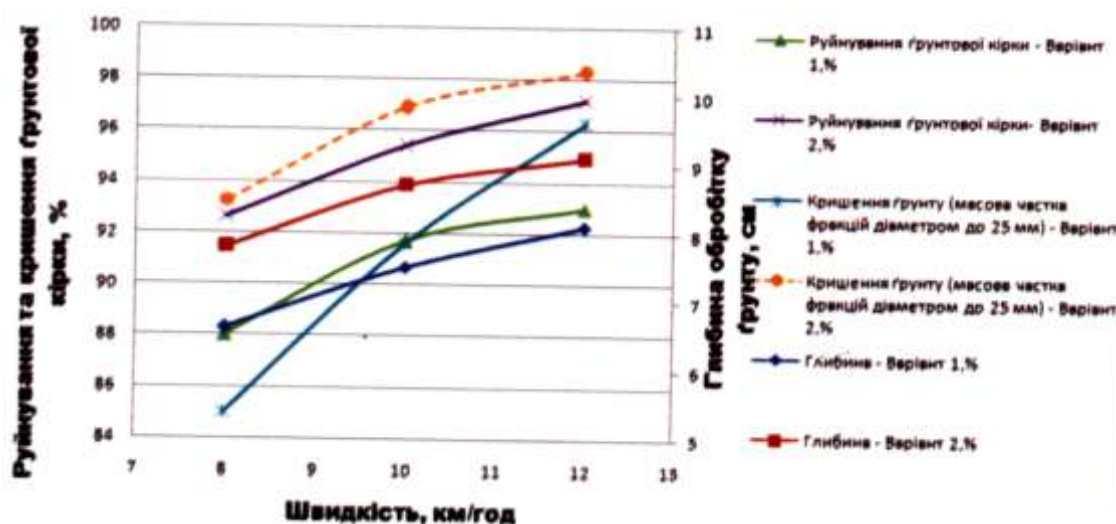


Рисунок 1.20 –Якість виконання технологічного процесу руйнування ґрунтової кірки ротаційними дисками з зубами різної конфігурації в діапазоні швидкостей 8-12 км/год [31]

Аналіз останніх розробок як вітчизняних та і закордонних виробників вказує на зростаючу тенденцію до випуску комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Перш за все це пов'язано з необхідністю зменшити кількість проходів агрегатів по плантації і покращенню якісних показників розпушення.

Висновки

1. Ротаційна робочі органи є ефективним знаряддям для поверхневого обробітку ґрунту, яку використовують , як в складі комбінованих агрегатів, так і як самостійний агрегат. Особливо перспективним використання легкої борони бачиться на слабо консолідованих ґрунтах, що відповідає умовам органічного землеробства. Важка борона може бути використана відповідно на важких, засмічених чагарником ґрунтах.
2. Раціональні параметри знаряддя визначаються конкретними ґрунтовими умовами. Для усереднених умов Дніпропетровської області слід вважати: ді-

метр описаного кола голок 350-470 мм, довжина голки (заміряна від обрізу диска) 70 – 110мм, діаметр голки 8-10 мм, робоча швидкість 12-15 км/год.

3. Суттєвого підвищення якості розпушення можна досягти введенням пружного кріплення голок. Перспективним напрямком удосконалення конструкції є розробка голок, які б забезпечували вертикальний підриваючий обробіток ґрунту.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

2.1. Обґрунтування об'єкту вдосконалення

Для рішення поставленого завдання нами пропонується розробка універсального комбінованого знаряддя на базі комбінованого ґрунтообробного агрегату АК-3, що є принципово новою з погляду виконання вимог агротехніки. Як правило, АК-3 мають дискові робочі органи. Ми ж пропонуємо встановити голчасті робочі органи, які призначені для розпушування ґрунту по стерньовому тлу. Нова схема агрегату представлена на рис.2.1.

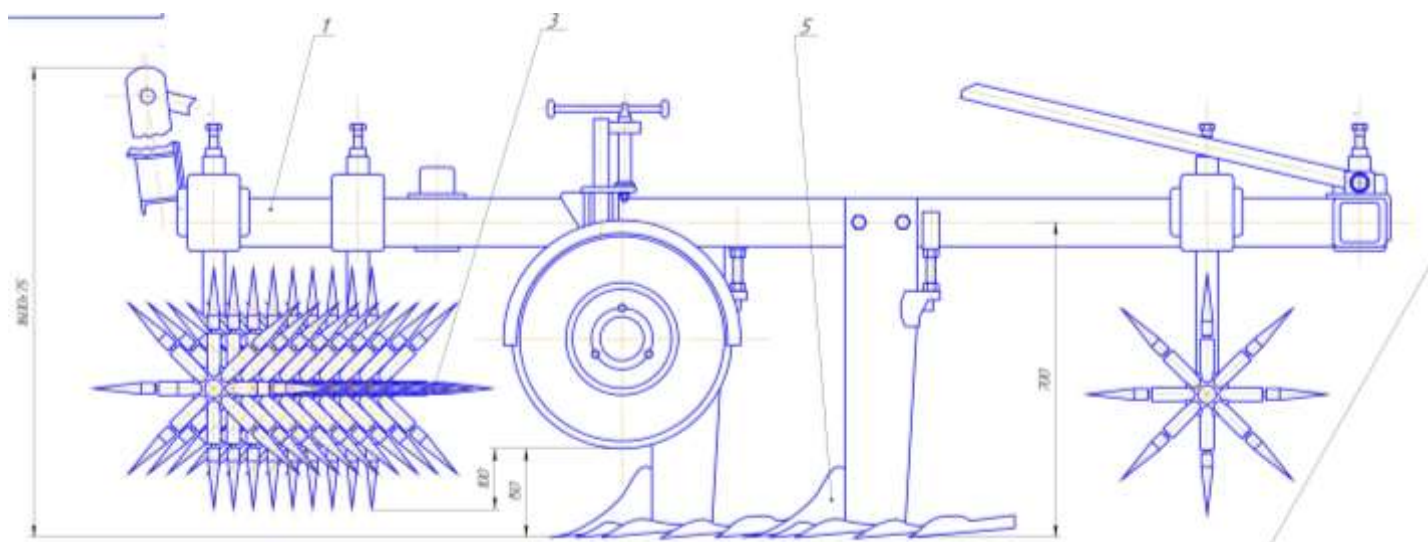


Рис. 2.1. – Загальний вид запропонованої модернізації АК-3М

Технологічний процес протікає в такий спосіб. Голчастий робочий орган спушує ґрунт на глибину 8 см, при цьому залишає на поверхні стерню. Плоскорізний робочий орган піднімає шар, спушує його, а ерозійно-небезпечні частки проникають вглиб обробленого шару, забезпечуючи мінімальну кількість їх на поверхні ґрунту. За плоскорізами пропонується встановити пристосування з голчастими робочими органами для подрібнення грудок, які утворюються після його проходу.

Таким чином, такий комбінований ґрунтообробний агрегат за один прохід може забезпечити виконання технологічного процесу відповідно до агротехнічних вимог, а саме: забезпечити високу якість кришення шару ґрунту на задану глибину обробітку; забезпечити збереження стерні, запобігаючи розвитку ерозійних процесів; практично повністю усунути рознімну борозну, що, як правило, утвориться за стійкою плоскорізу.

2.2. Обґрунтування конструктивної схеми голчастого диска.

Нами розроблена конструктивна схема в якій закладені наведені вище принципи з максимальною уніфікацією до з серійними зразками, що надає можливості встановити розроблену конструкцію на серійну машину.

Шпоровий (голчастий) диск має наступну конструкцію (рис.2.2).

Цільнолитий диск 1 має по периметру приливи 2 з циліндричними порожнинами 3. Голка суглобовою головкою всередину поміщена у порожнину до упору. Порожнина залита модифікованою силіконовою масою.

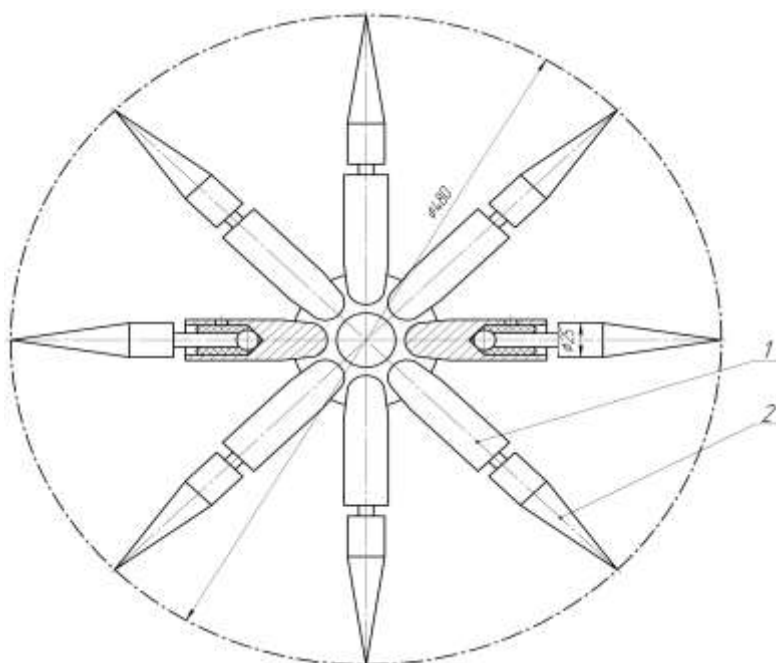


Рисунок 2.2 – Конструктивна схема голчастого диска :

1 – диск; 2 – голка; 3.

Для надійності фіксації силікону, порожнина має циліндричні проточки.

Варіанти виконання голок представлені на рис.2.3.).

Конструкція працює наступним чином.

В процесі кочення диска по поверхні ґрунту на голку діють вертикальна, повздовжня і поперечна сили реакції ґрунту. Під дією доведених сил силіконова маса зминається і голка змінює своє положення, величина якого обумовлюється жорсткістю залитої маси і напрямком доведення сили.

Голка своєю будовою нагадує веретено (рис.2.2) тобто має конічну 1 і циліндричну ділянки. Циліндрична частина має робочу 2 і допоміжну 3 ділянки. Суглобова головка 4 являє собою шаровидний хвостовик допоміжної ділянки.

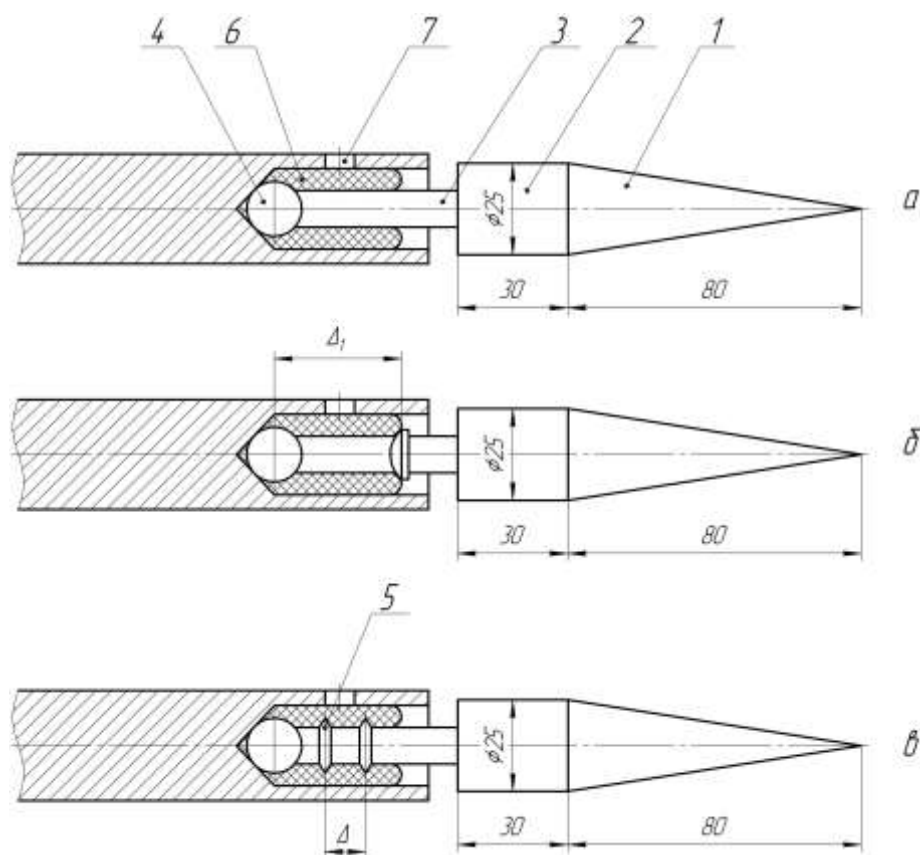


Рисунок 2.3 – Варіанти конструктивного виконання голок

a – базовий варіант; **б**- варіант зосередженого навантаження діючих сил;

в - варіант розсередженого навантаження діючих сил

В усіх наведених варіантах виконання голка показана в урівноваженому положенні. Але, таке положення легко переходить в неурівноважене в залежності від напрямку загальної реакції діючих сил. Варіанти відрізняються характером діючої сили : ***a*** – сила розосереджена і діє по дотичній; ***б*** – сила зосереджена по осі, що виводить стискання пружного елементу за межі лінійності; ***в*** – сила розосереджена по довжині і можна вважати, що кожна з ділянок між упорними кільцями 5 працює в режимі лінійного стискання. Таким чином, якщо на диску встановлені в довільному порядку всі три варіанти голок, ми отримаємо ефект, коли всі голки будуть відхилятися індивідуально, що і призведе до появи ефекту їжака

2.3. Математична модель взаємодії голки з оброблюваним середовищем.

Модель ґрунтового середовища.

Реакція ґрунту залежить від конструктивних і кінематичних параметрів голки та механіко-технологічних властивостей ґрунту. Розроблена нами модель базується на теорії внутрішньої напруги А.М.Панченко[23], тому нами запозичені основні елементи моделі, які саме відповідають вимогам [23].

Математична модель взаємодії робочого органа з ґрунтом передбачає основні модельні уявлення оброблюваного середовища

З аналізу відомих моделей взаємодії з робочого органу з ґрунтом, нами узагальнені прийняті в них припущення :

- ґрунт моделюється середовищем, таким що має внутрішнє тертя і питоме счеплення часток;
- розгалуження тріщин (ліній зколу) у ґрунті відбувається за наступною схемою :
- при куті атаки $\alpha < 45^{\circ}$ у поперечно-вертикальній площині під кутом φ_2 до вертикалі, де φ_2 - кут внутрішнього тертя, у повздовжно-вертикальній площині під кутом $90^{\circ} + \varphi_2$ до ріжучого леза [23]

- при куті атаки $45^0 < \alpha < 90^0$ під кутом φ_2 до вертикалі у повздовжно-вертикальній і поперечно-вертикальній площинах[23].
- первинний напрямок розповсюдження тріщини є пріорітетним і в процесі розповсюдження не змінюється [23];
- опір розповсюдженню тріщини є постійним на всій її довжині [21,23];
- реакція ґрунту не залежить від напрямку прикладання сили [21];
- питома зчеплення часток ґрунту є інтегральним показником, що визначає всі механіко-технологічні властивості ґрунту [23].

Наведені обмеження розповсюджуються тільки на ґрунти типу чорнозем, з вмістом гумусу більше за 4%.

Варіанти постановки диска. При розробці математичної моделі необхідно мати на увазі, що шпоровий (зубовий) диск може мати чотири варіанти постановки :

- площа обертання диска співпадає з напрямком руху машини
- диск має кут α постановки до напрямку руху (рис.2.1);
- диск має кути постановки α до напрямку руху і β до вертикалі;

Раціональним варіантом траєкторії голки є входження в ґрунтове середовище з мінімальним опором і вихід з нього з утворенням мікровибуху у вертикальному напрямку.

2.3.1. Аналіз сил і переміщень, що діють в системі голка-ґрунт

Виконаємо покроковий аналіз взаємодії голки з оброблюваним середовищем починаючи з найпростішого варіанту: Диск встановлений вертикально, площа обертання співпадає з напрямком руху. Розрахункова схема представлена на рис. 2.4.

Вважаємо, що голка занурюється у ґрунт вертикально [21,23]. Таким чином, можна виділити дві основні складові реакції ґрунту :

- сила опору зминання;
- сила сколу призми ґрунту;

Сили тертя враховані в методиці визначення твердості ґрунту [21].

Голка являє собою конічний штамп, аналогічний наконечнику твердоміру В.П.Горячіна [21]. Тому сила опору на зминання спрямована вертикально і буде дорівнювати :

$$P_{3M} = q \cdot S = 0,5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot q \cdot d^2, \quad (2.1)$$

де q твердість ґрунту; d – діаметр міделевого перетину конусної частини голки.

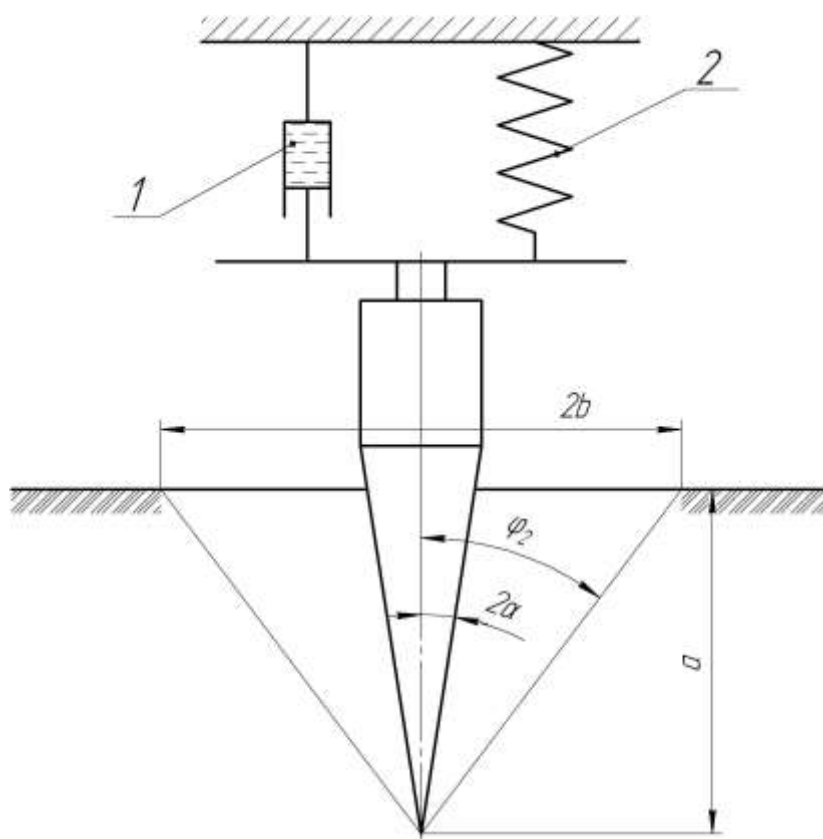


Рисунок 2.4 – Реологічна модель взаємодії голки з оброблюваним середовищем

За умови вертикального занурення лінії сколу в поперечно-вертикальній і повздовжно-вертикальній площинах будуть розповсюджуватись однаково – під кутом внутрішнього тертя до вертикалі [21,23]. Таким чином призма сколу за умови, що кут внутрішнього тертя ґрунту перевищує кут конусності голки буде являти собою перевернутий з параметрами :

$$\text{Радіус кола основи } R = b = a \cdot \operatorname{tg} \varphi_2,$$

Утворююча конусу $L = a/\cos\varphi_2$,

Бокова поверхня призми сколу

$$S_{СК} = \pi \cdot R \cdot L = \pi \cdot a^2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 \cos^{-1}\varphi_2, \quad (2.2)$$

де φ – кут внутрішнього тертя ґрунту;

a – глибина занурення

Об'єм сколотої призми

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \pi \cdot b^2 \cdot a \quad (2.3)$$

У відповідності до [23] пріоритетними напрямками розповсюдження ліній сколу слід вважати поперечно-вертикальний і повздовжно вертикальні напрямки. Тому сколоту призму можна поділити на 4 сектори, кожен з яких має об'єм

$$V = \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot \pi \cdot b^2 \cdot a \quad (2.4)$$

Відколоте тіло буде намагатись прийняти найбільш вигідну з енергетичної точки зору форму, тобто форму близьку до форми шару.

Таким чином, сколата призма буде поділена на 4 грудки з приведеним діаметром

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}$$

З точки зору отримання суцільного розпушення відстань між дисками повинна становити $L = 2 \cdot b = 2 \cdot a \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$

Для більшості ґрунтів кут внутрішнього тертя знаходиться в діапазоні 30-45 градусів

Таким чином, при розрахунковій глибині ходу голки 5 см прогнозований приведений діаметр утворюваних грудок повинен становити $D = 4 - 5$ см. Роз-

рахункова відстань між дисками $L = 130$ мм. У більшості відомих серійних машин $L = 110 - 165$ мм.

Приймаємо $L = 125$ мм.

Загальна вертикально діюча на голку сила

$$P = P_{\text{ЗМ}} + P_{\text{СК}} = 0,25 \cdot \pi \cdot q \cdot d^2 + C_{\text{ПІТ}} \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \text{tg} \varphi_2 \quad (2.5)$$

В формулі 2,5 враховано, що сила сколу за напрямком співпадає з утворюючою конуса і тому для отримання вертикальної складової, її необхідно домножити на $\cos \varphi_2$

При повздовжній жорсткості опори $C_{\text{Ж}}$ загальне вертикальне переміщення голки (зуба)

$$\Delta = \frac{P}{C_{\text{Ж}}} \quad (2.6)$$

Наведена методика дозволяє аналітично визначити величину діючої на голки сили, прогнозовану ступінь кришення і абсолютне переміщення голки. Але наведена методика діє тільки за припущенняЮ що голка занурюється абсолютно вертикально і незмінності механіко-технологічних властивостей ґрунту.

2.3.2. Кінематика формування вертикального розпушення

Як було показано у першому роділі, раціональним слід вважати режим, коли голка на виході з ґрунту забезпечує верикально спрямований мікровибух.

В процесі роботи голка проходить два етапи : занурення з накопиченням пружним елементом енергії стискання і вихід на денну поверхню з вивільненням накопиченої енергії. Процес вивільнення цієї енергії формує мікроудар по напрямку лінії В-В₀ (рис.2.5). Таким чином, формується віброударний режим роботи, що відрізняє запропоновану нами конструкцію від технічних рішень, в яких диск в цілому підвішений на пружній опорі і знаходиться в автоколивальному режимі. Кінематичний режим буде повністю визначатись швидкістю обе-

ртання диска і часом релаксації пружного елементу. З розглянутої розрахункової схеми

$$\text{Кут розкриття голок } \alpha = \frac{2 \cdot \pi}{n}.$$

де n – кількість голок

$$\beta = 0,5 \cdot \alpha$$

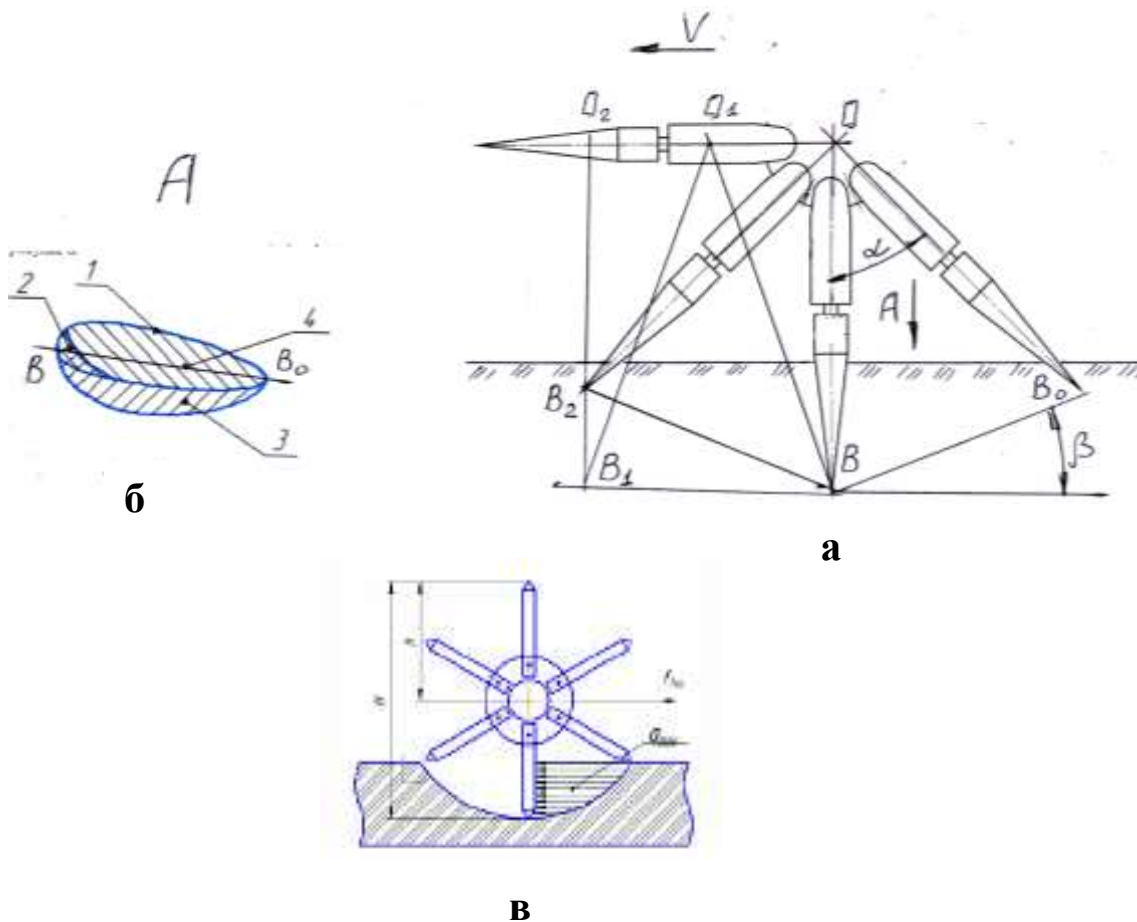


Рисунок 2.5. – Розрахункова схема до обґрунтування вінематики мікровибуху
а – кінематична схема; б – форма зони мікровибуху; в – схема формування зони мікровибуху.

У відповідності до досліджень В.М.Булгакова [9] раціональний режим віброударної дії для ґрунтообробючих знарядь становить

- амплітуда, мм - 5-8;
- частота, с^{-1} - 10 – 20

Напрямок дії принципового значення не має. Ефект полягає у створенні вібротекучого середовища.

Як показано в четвертому розділі, вертикальна складова реакції ґрунту : розрахункова 140 Н , (ф-ла, 4.2).

Таким чином жорсткість пружного елементу повинна дорівнювати:

$$C_{\text{ж}} = 140/1,0 = 140 \text{ Н/см},$$

Де амплітуда коливань прийнята 10 мм = 1,0 см.

Час релаксації пружного елементу і поступова швидкість агрегату взаємозалежні і тому один з показників треба приймати виходячі з експлуатаційних міркувань. Приймаємо швидкість поступового руху $V = 4,5 \text{ м/с}$. В режимі без пробуксовування Робочий цикл однієї голки, тобто від початку занурення до виходу на денну поверхню

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{n \cdot V} = \frac{2\pi \cdot 0,5}{8 \cdot 4,5} = 0,09 \text{ с.}$$

Приймаємо, що голка почне вивільняти енергію стискання одразу після переходу нейтрального, або вертикального положення і ця енергія повинна рівномірно вивільнюватись протягом всього циклу мікровибуху. Таким чином, час повної релаксації пружної опори повинен дорівнювати 0,045 с.

2.4. Визначення кількості голок на диску при куті атаки $\alpha = 15^\circ$

Ґрунтуючись на роботах, які проводилися в університеті, необхідну кількість робочих елементів на диску можна визначити з умови максимальної обробленої площі [11]. Тоді, з огляду на площу, що деформує одна голка, а диск за один оберт, необхідна кількість голок визначиться

$$n = \frac{2\pi R^2 \sin 2\alpha \sin \left[\arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]}{k\lambda L \left(d + 2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot h \right)}, \quad (2.7)$$

де R – радіус диска, м;

α – кут атаки диска, град;

h – глибина обробки, м;

k – коефіцієнт деформації, що залежить від типу ґрунту й форми голки, [8];

λ – кінематичний показник режиму роботи голчастого диска, [8];

L – довжина лінії дії робочого органа (голки);

d – діаметр голки;

Θ – кут сколювання ґрунту, град. [8].

У представленому вираженні невідомим є довжина L лінії дії голки на поверхні ґрунту. Ґрунтуючись на попередніх дослідженнях [8]. довжину лінії дії можна визначити як

$$L = \int_{t_n}^{t_g} \sqrt{\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2} dt, \quad (2.8)$$

де $\dot{x}_1$ й $\dot{x}_2$ – відповідно швидкості по осях координат.

або після підстановки й перетворення будемо мати

$$L = V_M \int_{t_n}^{t_g} \sqrt{\frac{r^2 \lambda^2 \cos^2 \alpha \cos(\psi - \omega t)}{R^2} - \frac{2r\lambda \cos^2 \alpha \cos(\psi - \omega t)}{R^2} + 1} dt, \quad (2.9)$$

де t_g – час, при якому відбудеться вихід голки із взаємодії із ґрунтом

t_n – час, при якому відбудеться взаємодія голки із ґрунтом

r – поточне значення радіуса диска, м;

ψ – кут фіксації довільної точки на лезі голки, град.;

$\varphi = \omega t$ – кут повороту диска, град.;

V_M – швидкість руху агрегату, м/с.

$$t_g = \frac{R \left(180 + \arccos \frac{R-h}{r} \right)}{V \lambda \cos \alpha}, \quad (2.10)$$

$$t_g = \frac{R \left(180 - \arccos \frac{R-h}{r} \right)}{V \lambda \cos \alpha}, \quad (2.11)$$

Використовуючи вихідні дані визначимо довжину лінії дії голки на поверхні ґрунту при $\alpha = 15^\circ$

$$L = 3,05 \int_{t_u}^{t_g} \sqrt{\frac{0,23^2 1,05^2 \cos^2 15 \cos(180-130,6)}{0,230^2} - \frac{2 \cdot 0,23 \cdot 1,05 \cos^2 15 \cos(180-130,6)}{0,230^2}} + 1 dt = 0,112 \text{ м}$$

Тоді, з урахуванням отриманої довжини лінії дії голки на поверхні ґрунту, необхідна кількість робочих елементів (голок) буде

$$n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,230^2 \sin 2 \cdot 15 \sin \left[\arccos \left(1 - \frac{0,08}{0,230} \right) \right]}{1,17 \cdot 1,05 \cdot 0,112 \left(0,02 + 2 \operatorname{tg} \frac{52}{2} \cdot 0,08 \right)} = 8,35$$

Тобто, при цих умовах кількість голок на диску повинне бути 8 шт.

Однак, щоб забезпечити максимальне розпушування важливо знати не тільки кількість робочих елементів, але й розміщення дисків на валу батареї.

2.5. Визначення відстані між дисками на валу батареї, установленими під кутом атаки

Умовою повного розпушування поверхні ґрунту, може бути обумовлено не тільки визначенням необхідної кількості робочих елементів, але й відстанню між дисками (рис.2.6.). Із представленого рисунка 3.5а, визначаємо ширину зони деформації під впливом однієї голки

$$\frac{b}{2} = 2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \int_{h_0}^h h dh \quad (2.12)$$

або після інтегрування й перетворення

$$b = 2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot h. \quad (2.13)$$

З рисунку 3.5б визначимо ширину зони деформації

$$\varphi = \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]; \quad (2.14)$$

$$\frac{a}{2} = R \sin \varphi; \quad (2.15)$$

$$a = 2R \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}; \quad (2.16)$$

$$b' = a \sin \alpha \quad (2.17)$$

або остаточно

$$b' = 2R \sin \alpha \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}. \quad (2.18)$$

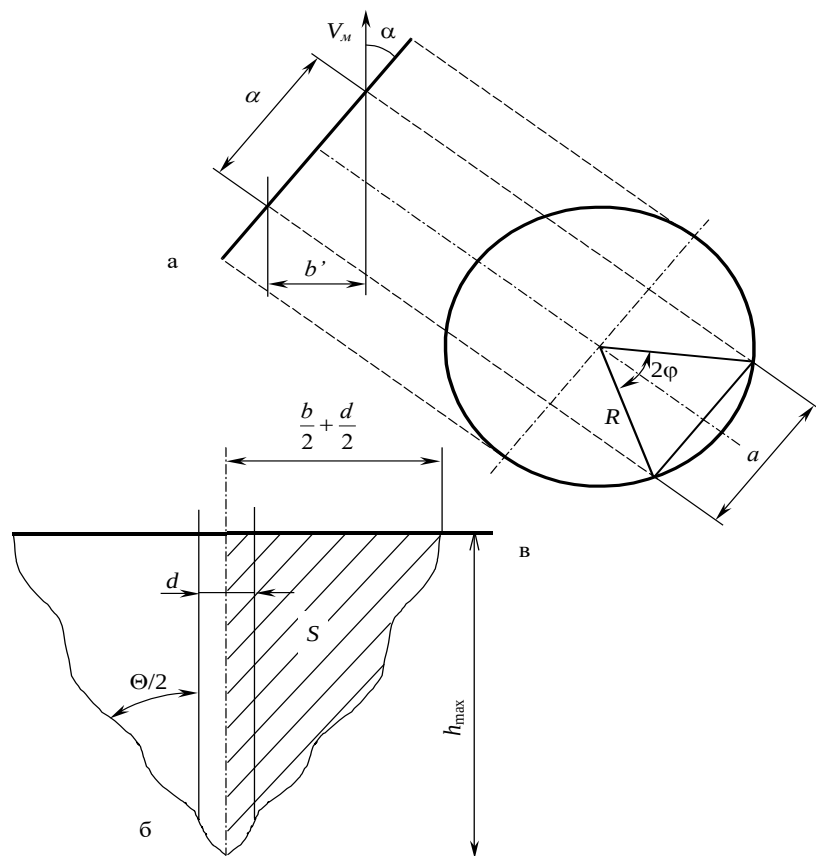


Рис. 2.6. - Схема до визначення площі й ширини зони деформації

Відстань між дисками батареї визначиться з вираження

$$l = b - 2\Delta b, \quad (2.19)$$

де $\Delta b = 0,1b$ – величина зони перекриття, м.

Остаточно, після підстановки й перетворення, формули для визначення відстані між дисками буде мати вигляд

$$l = 1,8R \sin \alpha \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}; \quad (2.20)$$

$$l = 1,8 \cdot 0,230 \sin 15^\circ \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{0,08}{0,230} \right) \right] \right\} = 0,0125 \text{ м.}$$

На підставі проведеного розрахунку приймаємо, що відстань між дисками повинне становити 125 мм.

Висновок

1. Так, запропоновано розробка універсального комбінованого знаряддя на базі комбінованого ґрунтообробного агрегату АКП-3, що є принципово новою з погляду виконання вимог агротехніки. Агрегат має раціональні параметри конструкції: діаметр голки 16 мм, конусність 7-9°. Радіус описаного кола 500 – 510 мм.

2. Раціональне значення жорсткості пружного елемента 140 н/см, що забезпечує амплітуду віброударних коливань 1,0 см з частотою 15с⁻¹ Раціональна швидкість поступового гуху 4,0-4,5 м/с, час релаксації пружного елемента $\sigma = 0,045$ с.

3. Для забезпечення якості обробітку - визначено кількість голок на диску, при куті атаки $\alpha = 15^\circ$ їх повинно бути 10 шт. Визначено відстань між дисками на валу батареї, встановленими під кутом атаки. На підставі проведеного розрахунку відстань між дисками повинна становити 125 мм.

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета і задачі експериментальних досліджень

В даній магістерській роботі в якості пріоритетних, нами заявлені два технічних рішення :

- веретеноподібна форма голки;
- пружне кріплення голки до диска

Виходячи з цього в якості мети експериментальних досліджень нами прийнята всебічна перевірка вірності прийнятих конструктивних рішень і перевірка на адекватність розробленої математичної моделі взаємодії голки з ґрунтовим середовищем.

Задачі експериментальних досліджень

- підтвердити працездатність розробленої конструкції і вірність запропонованих конструктивних рішень;
- встановити вплив конструктивних параметрів і кінематичного режиму роботи модернізованого знаряддя на якість кришення ґрунтової кірки і тяговий опір.

3.2. Конструкція дослідної установки.

Зрозуміло, що виготовити дослідний зразок диска, експериментальну установку і провести повномасштабні дослідження без залучення провідних наукових установ і підприємств не можливо. Тому, ми скористались тим, що ТД «Корсунь», як один з виробників ротаційних борін разом з ННЦ ІМЕСГ проводили експериментальні дослідження за тематикою, що близька до нашої, ми скористались їх технічними можливостями.

Дослідження процесу обробки ґрунту експериментальною та серійною секціями голчатої борони проводили на експериментальній установці (рис.

3.1.). Прототипом розробленої експериментальної секції слугувала секція голчатої борони серійного культиватора.



a

Рисунок 3.1 – Загальний вид експериментальної установки:

1 – серійна секція; 2 – експериментальна; *a* - датчик сили KM1502/KT150

Особливість конструкції полягала в вузлі кріплення дискових секцій. Стояк циліндричної форми кріпився у спеціальній ступиці кубічної форми. Ступиця в свою чергу кріпилася до корпусу кронштейнами, обладнаними датчиками сили (рис.3.1,а). Кронштейни фіксували положення ступиці у всіх трьох площинах. Таким чином можна заміряти повздовжну, вертикальну і поперечну складові тягового опору. Сигнал від датчиків сили попередньо оброблявся електронним блоком (входить у комплект поставки) і передавався на ПЕОМ, де за допомогою спеціального програмного забезпечення визначались дійсні величини діючих сил.

В експерименті визначали:

- величини горизонтальної і вертикальної складових тягового опору від пружності елемента кріплення голки, робочої швидкості агрегату та загострення голки (трифакторний експеримент);
- якісні показники кришення і розпушення.

3.3. Приватні методики досліджень якісних показників роботи

В розробленій нами математичній моделі досліджений процес взаємодії голки з ґрунтом, тому для перевірки моделі на адекватність необхідно було визначити ті механіко-технологічні властивості ґрунту, які задіяні в моделі.

Методики визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту добре відпрацьовані [18] і нами просто запозичені.

Питоме зчеплення часток ґрунту.

У відповідності до математичної моделі визначальним (інтегральним) показником механіко-технологічних властивостей ґрунту є питоме зчеплення

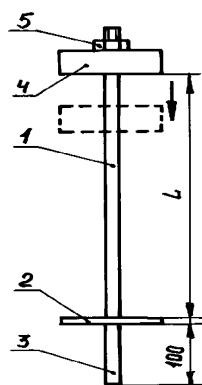


Рисунок 3.2. Твердомір ДорНДІ [21,23]:

1 – направляюча; 2 – обмежувач;

3 – наконечник; 4 – вантаж; 5 – обмежувача гайка.

часток. Цей показник визначали за допомогою твердоміру ДорНДІ [18]. Сутність визначення полягала в тому, що прилад встановлювали на поверхню ґрунту і підраховували кількість ударів вантажу 4 до повного занурення наконечника 3 на глибину 100 мм. Абсолютне значення питомого зчеплення часток визначали за довідковим графіком [21,23].

Кут внутрішнього тертя консолидованого ґрунту

Показник визначали за допомогою зсувного приладу (рис.3.3)

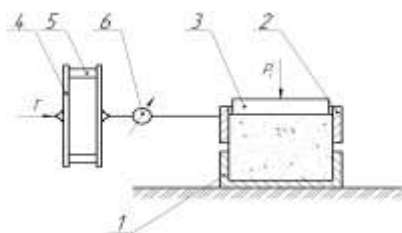


Рисунок 3.3. Схема і загальний вид лабораторної установки [18]:

1 – обійма нерухома; 2 – обійма рухома;

3 – кришка; 4 – пружний елемент; 5 – упор; 6 – мікрометр

Сутність визначення полягала в тому, що зразок консолидованого ґрунту циліндричної форми поміщали у простір, утворений нерухомою 1 і рухомою 2 обоймами. До зразка доводилось стискаюче зусилля σ і поступово збільшуючи зсувне зусилля, визначали момент руйнування зразка. Відносне переміщення обойм визначали мікрометром, зсувне зусилля як добуток жорсткості пружного елемента і відносного переміщення.

Експеримент повторювався двічі і за формулою (3.1) визначався коефіцієнт внутрішнього тертя.

$$f_2 = \operatorname{tg}(\varphi_2) = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1}. \quad (3.1).$$

Кут зовнішнього тертя

визначали за допомогою креслярської дошки (рис.3.4.)

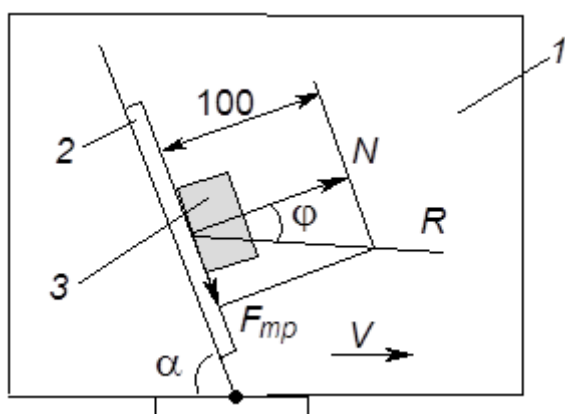


Рисунок 3.4 – Схема до визначення коефіцієнта тертя ковзання [11]. :

1 – стальний лист, закріплений на креслярській дошці.
2 – рейка; 3 – зразок ґрунту

На встановлену горизонтально креслярську дошку клали лист металу. Рейка встановлена під кутом $\alpha < 90^\circ$. В довільній точці рейки клали зразок консолидованого ґрунту 3. Перед проведенням експерименту помічали напрямок нормально діючої сили N . В процесі переміщення рейки в напрямку V зразок 3 переміститься в напрямку R . Кут φ між векторами N і R є кутом зовнішнього тертя ковзання ґрунту по сталі.

Кут зовнішнього тертя спокою визначався як кут α нахилу скатної дошки, при якому зразок ґрунту на її поверхні почне переміщення (рис.3.5.).

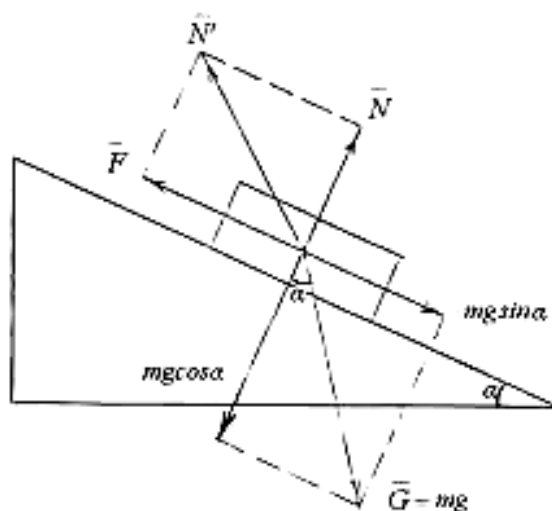


Рисунок 3.5. – Схема до визначення кута зовнішнього кута тертя спокою

Твердість і межа несучої спроможності.

В розробленій нами моделі межа несучої спроможності характеризує додатковий опір на занурення голки від затуплення леза

Показник визначався за допомогою твердоміру В.П.Горячкіна [11]. В процесі занурення наконечника твердоміра у ґрунт, отримується наступна діаграма (рис.3.6)., де ділянка ОА – характеризує ущільнення ґрунту до межі несучої спроможності. Т

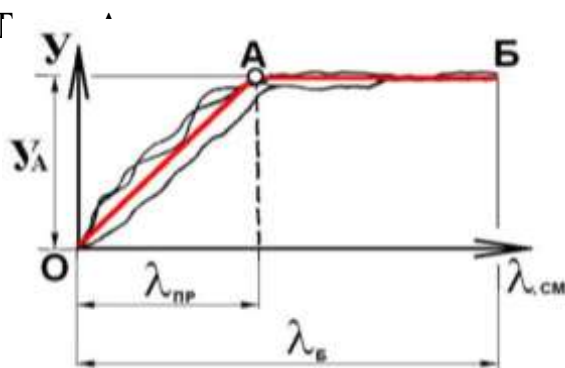


Рисунок 3.96– Діаграма ущільнення ґрунту

Якість вичісування бур'яну



Рисунок 3.10 – Визначення вагової кількості рослинних решток

Питома кількість рослинних решток на поверхні поля в моделі безпосередньо не використовується, але вона характеризує умови роботи агрегату і суттєво впливає на технологічний процес. Традиційно цей показник визначається як фізична кількість рослин на одиницю площі поверхні. На наш погляд, цей показник не є об'єктивним і до того ж його складно визначити. Нами пропонується перейти до ваги решток на одиницю площі [5]. Сутність полягає в тому, що в межах відокремленої ділянки знімається поверхневий шар і просіюється на решеті для відокремлення від рослинних решток ґрунтових домішок. Рослинні рештки зважували і ділили на площу відокремленої ділянки.

3.4. Ступінь кришення поверхневої кірки і загальна якість кришення поверхневого шару

Методика визначення якості кришення поверхневої кірки нами повністю запозичена у [8]. Для оцінки якості кришення традиційно використовується коефіцієнт структурності [1], який являє собою відношення маси ґрунтових агрегатів в діапазоні приведенного діаметру) 0,1- 10 мм до загальної маси взятої проби. Але ротаційна борона не є розпушуючим робочим органом і тому в технічних умовах цей показник не прописаний.



Рисунок 3.11– Просіювання взятої проби ґрунту на решеті

З цієї причини завод-виробник в процесі випробувань цей показник не відстежує, а оцінює кришення за співвідношенням маси ґрунтових комків менше за 50 мм до загальної маси проби у поверхневому шарі 5-8 см. Такий підхід пояснюється тим, що голки занурюються саме на таку глибину і одночасно з цим відстань між дисками повинна забезпечувати розмір не більше за 50 мм.

Висновок

Запропоновані в розділі методики є загальновідомими і широко практикуються дослідниками, тому їх адекватність сумнівів не викликає. Конструкція дослідної установки запозичена нами в ННЦ ІМЕСГ і практика її використання свідчить про раціональність конструкції.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Характеристика умов проведення досліджень

Загальна площа плантації, га	-	211
Тип ґрунту	- чорнозем звичайний середньосуглинистий	
Агрофон – оброблена біодеструктором і задискована стерня кукурудзи		
На поверхні ґрунту утворилась кірка на глибину 2,5-3,5 см		
Механіко-технологічні властивості ґрунту :		
Твердість н/см ²	-	56
Питоме счеплення часток ґрунту в шарі 0 – 10 см, кН/м ²	-	20 – 25
Межа несучої спроможності, кН/м ²	-	400 -500
Кут внутрішнього тертя, град	-	40 – 50

4.2 Загальні результати досліджень

В зв'язку з тим, що дослідна установка не представляє собою полноцінний ґрунтообробний агрегат, а має лише дві дискові секції, на плантації була відбита ділянка 20х2 м, на якій і проводились дослідження шляхом 3-4 кратного проходу.

Ротаційна секція стало виконує технологічний процес, технологічні відмови не відмічені. В процесі роботи диски вільно обертаються, пробуксовування не відмічено.

Візуальним оглядов огріхів не відмічено, але розміри грудок після дослідних і серійних дисків помітно різні. Поверхнева кірка практично повністю порушена. Налипання ґрунту на зуби не відміченою. Глибина ходу в обох варіантах практично не перевищувала товщини кірки. В ході досліджень використання профілометра було визнане недоцільним.

Рациональне значення робочої швидкості на якій і виконані всі досліді 17-20 км/год. Умови експерименту вимагали незначного 5-8 см перекриття

проходів дискових секцій, але на таких швидкостях зробити це практично не можливо.

Загальний вид ділянки після чотирьохсхідного проходу представлений на рис.4.1.



Рисунок 4.1 – Загальний вид поверхні поля після проходу ротаційної зубової борони

4.3. Показники виконання технологічного процесу

Конструкція дослідної установки дозволяла одночасно виконувати заміри дослідних і серійні дисків.

В експерименті було прийняте, що глибина занурення голки дорівнює товщині кірки, тому від профілювання дна борозни відмовились.

В основі побудованої нами математичної моделі закладене визначення сили занурення в ґрунт вертикально постановленої голки. Для підтвердження адекватності моделі розглянемо вертикальні значення сили занурення від конусності голки і швидкості поступового руху дослідної установки (табл.4.1.)

Визначення горизонтальної складової тягового опору методикою не передбачене, наводимо її в якості довідкової.

Заміри тягового опору оброблялись в режимі реального часу за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення до ПЕОМ. Особли-

вість програми полягає в тому, що вона відрізає максимальні і мінімальні заміряні значення тривалістю менше за 0,01с, а отримані значення усереднює за весь час замірювання. Нами в ручному режимі ці усереднені значення скруглені з точністю до цілих одиниць.

Таблиця 4.1 – Заміряні значення величини тяглого опору і вертикальної реакції ґрунту на занурення голки

Конусність голки, град	Робоча швидкість, м/с (В дужках заміряне значення)	Вертикальна реакція ґрунту, Н	Тяговий опір, Н
5,0	2,0 (2,07)	82	115
	2,5 (2,60)	95	133
	3,0 (3,04)	111	155
7,0	2,0 (2,07)	95	135
	2,5 (2,60)	110	154
	3,0 (3,04)	115	160
9,0	2,0 (2,07)	120	168
	2,5 (2,60)	131	183
	3,0 (3,04)	139	195

На підставі отриманих експериментальних даних за методикою [13]

Будуємо рівняння регресії для вертикальної складової реакції ґрунту

$$Y = -82,37 + 3,78 \cdot \alpha + 3,91 \cdot h + 4,58 \cdot V - 2,49 \cdot h^2 \quad (4.1)$$

Для більш наглядного аналізу нами з використанням типової комп'ютерної програми побудови 3D залежностей <https://www.kontrolnaya-rabota.ru/s/grafik/3d/> побудована поверхня відгуку (рис.4.2).

Як показує аналіз, вертикальна складова реакції ґрунту приблизно в однаковій мірі залежить від конусності голки і швидкості її занурення. Для перевірки аде-

кватності математичної моделі виконаємо розрахунок опору занурення за формулою (2.5.) і порівняємо з отриманими експериментальними значеннями :

$$P = 0,25 \cdot \pi \cdot q \cdot d^2 + C_{\text{ПІТ}} \cdot \pi \cdot a^2 \cdot \text{tg} \varphi_2$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot 56 \cdot 1,5^2 + 2 \cdot \pi \cdot 2,5^2 \cdot \text{tg} 45 = 99 + 39,27 = 138,27 \text{ Н.} \quad (4.2)$$

Отримане значення знаходиться в межах отриманих експериментально, тобто, можна говорити об адекватності розробленої математичної моделі.

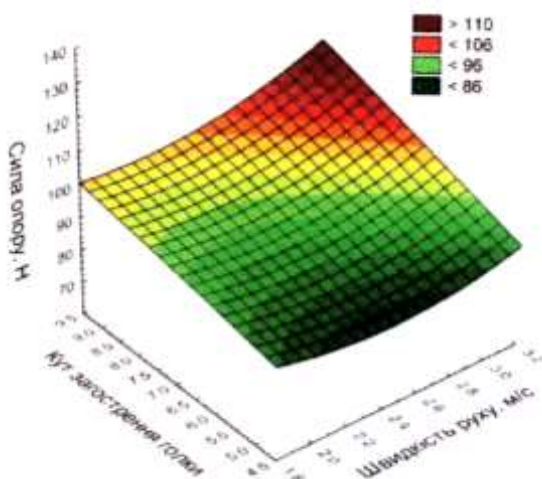


Рисунок 4.2 – Поверхня відгуку залежності вертикальної реакції ґрунту від конусності голки і робочої швидкості дослідної установки при постійній глибині занурення $h = 6,0 - 8,0$ см

4.4. Ступінь кришення поверхневої кірки

В базовому варіанті дослідна установка несиметрична : одна дводискова секція оснащена дослідними дисками, одна серійними. Враховуючи малу ширину захватув такому варіанті виконати стикові проходи вкрай важко. Тому в ході експерименту диски встановлювали всі однієї конструкції.

Оцінку ступеня кришення виконували за методикою [22]. Досліджування не вписувались в рамки трифакторного симетричного плану, тому вони були дещо розширені. Фактор глибина розпушення був одразу відкинутий. Конусність була признана оптимальною : 9^0 Тому експеримент став фактично однофакторним : залежність ступеня кришення від поступової швидкості агрегату. Результати досліджень представлнні в табл 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність ступеня кришення поверхневої ґрунтової кірки від поступової швидкості агрегату

V, м/с	2,07	2,60	3,04	3, 65	4,08	4,56	4,78
K _{кр} , %	75	78	82	86	88	92	96

На підставі отриманого масиву даних, за допомогою онлайн-калькулятора [2] <https://planetcalc.ru/5992/> побудований ряд рівнянь регресії, які описують залежність.

Лінійна регресія

$$y=7.3330x+59.3269$$

Коефіцієнт лінійної парної кореляції 0.9921

Коефіцієнт детермінації 0.9842

Квадратична регресія

$$y=0.6259x^2+3.0038x+66.2570$$

Коефіцієнт кореляції 0.9941

Коефіцієнт детермінації 0.9882

Кубічна регресія

$$y=0.8627x^3-8.2370x^2+32.1064x+35.8907$$

Коефіцієнт кореляції 0.9961

Коефіцієнт детермінації 0.9922

Всі отримані рівняння Можуть бути застосовані в розрахунках в залежності від ґрунтових умов і потрібного коефіцієнта кореляції.

Графічний аналіз отриманих рівнянь представлений на графіках (рис.4.3)

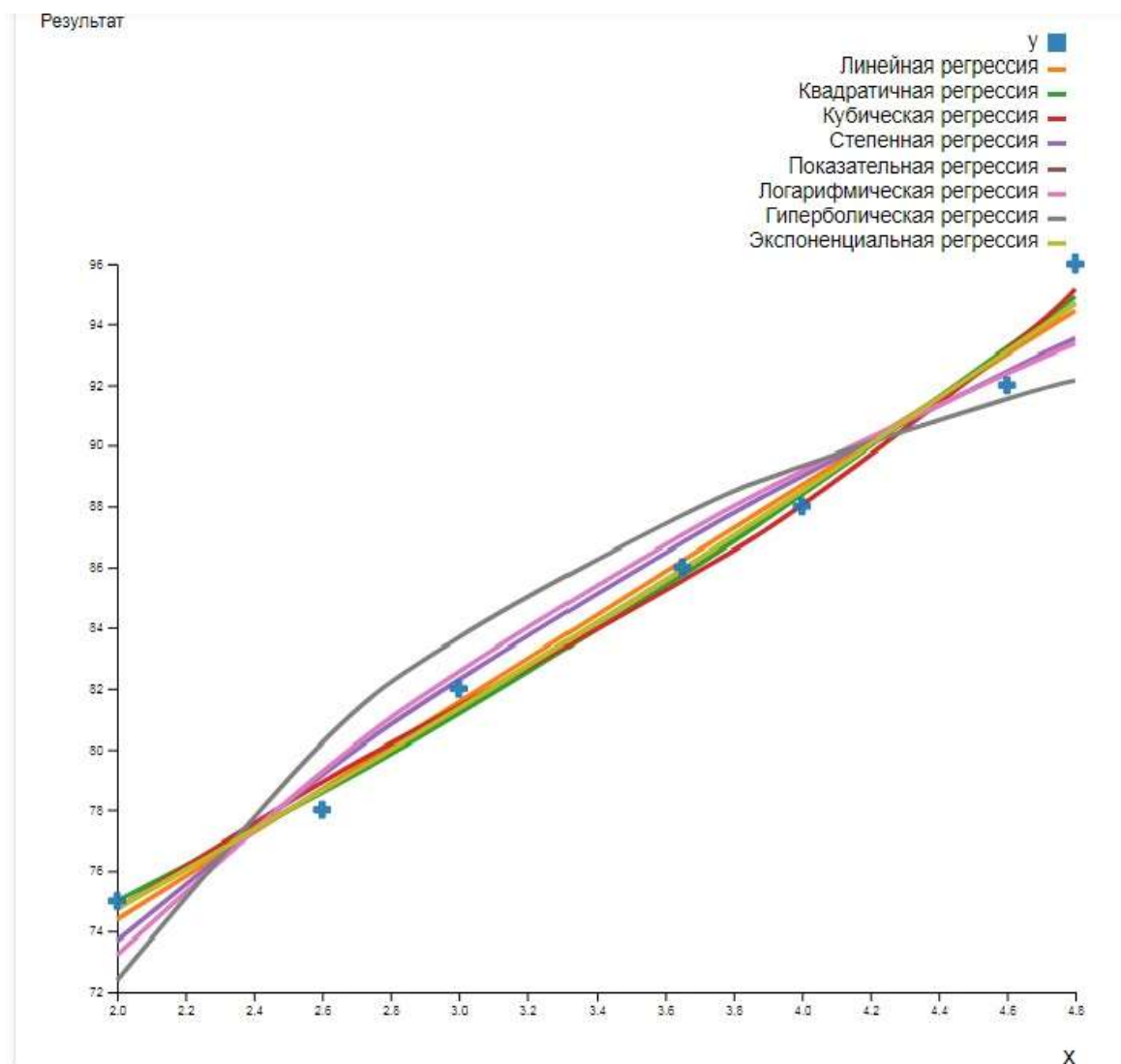


Рисунок 4.3. Графічний аналіз рівнянь регресії залежності ступеня кришення поверхневої ґрунтової кірки від поступової швидкості агрегату

4.5. Очікувана продуктивність та витрати палива розробленого агрегата .

Годинна продуктивність характеризує роботу агрегату за годину і цей показник потрібен для нормування працевитрат і порівнювального аналізу однотипових агрегатів. Годинна продуктивність визначається за формулою:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (4.3)$$

де B_p – робоча ширина захвату. У зв’язку з тим, що необхідно забезпечити перекриття за шириною захвата агрегата, при конструктивній ширині захвата $B_k = 3,0$ м приймаємо B_p робочу 2,88 м;

V_p – швидкість поступового руху, 11,0 км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Коефіцієнт використання робочого часу зміни визначається за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{зм}}}, \quad (4.4)$$

де T_p – чистий робочий час зміни, годин;

$T_{\text{зм}}$ – час зміни, годин.

Відповідно до законодавства України робочий час зміни складає 8 годин. Для визначення чистого робочого часу зміни у відповідності до нормативних документів назначаємо:

$T_x = 0,15$ години – час холостого ходу на переїздах;

$T_{\text{пз}} = 0,05$ години – підготовчо-заключний час;

$T_{\text{ТО}} = 0,20$ години – час, що витрачається на технічне обслуговування;

$T_{\text{ТУ}} = 0,15$ години – час, що витрачається на зупинки по технічному нагляду;

$T_{\text{см}} = 0,05$ години – час, що витрачається на усунення технологічних відмов;

$T_{\text{ВДП}} = 0,20$ години - час відпочинку;

З урахуванням цього чистий робочий час зміни:

$$T_p = 7 - 0,15 - 0,05 - 0,20 - 0,05 - 0,15 - 0,20 = 6,2 \text{ годин} \quad (4.5)$$

(З робочого часу забрано одну годину на обідню перерву)

Коефіцієнт використання робочого часу зміни:

$$\tau = 6,2 / 7 = 0,88$$

Продуктивність за годину:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 2,66 \cdot 11,0 \cdot 0,88 = 2,9 \text{ га/год},$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{\text{зм}} = 2,9 \cdot 7 = 20,3 \text{ га/зм}$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів.

Агрегат складається з спроектованого агрегата і трактора Т – 150К З урахуванням конструктивних особливостей спроектованої машини вважаємо, що режим роботи двигуна завжди буде наближеним до оптимального. Витрати паливно-мастильних матеріалів для такого режиму можна обчислити за формулою:

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_o \cdot T_o}{0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p} \quad (4.6)$$

де q - питомі витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га;

Q_p – часові витрати пального у робочому режимі, 28,7 кг/год;

Q_x – часові витрати пального на холостих переїздах, 12 кг/год;

Q_o – часові витрати пального на зупинках (при включеному двигуні), 2,3 кг/год;

T_p - час роботи у номінальному режимі, годин;

T_x – час на холості переїзди, годин;

T_o – час роботи на зупинках, годин.

У відповідності до виконаних раніше розрахунків:

$$T_p = 6,43 \text{ год}$$

$$T_x = 0,12 \text{ год}$$

$$T_o = 7 - 6,43 - 0,12 = 0,45 \text{ год (вважаємо, що при перерві на обід двигун не працює)}$$

У результаті розрахунків отримано, що прогнозовані витрати пального повинні складати:

$$q = 28,7 \cdot 6,2 + 12 \cdot 0,15 + 2,3 \cdot 0,45 / 13,9 = 13,1 \text{ кг/га}$$

Висновки

1. Проведеними експериментальними дослідженнями:
 - підтверджена ефективність запропонованих технічних рішень;
 - доведена адекватність розробленої математичної моделі взаємодії голки з ґрунтовим середовищем;
 - визначений раціональний діапазон конусності голки -7-9 градусів.
 - визначений ефективний діапазон робочої швидкості 10-20 км/год.
2. Розроблена конструкція забезпечує ступінь кришення ґрунтової кірки в діапазоні 70 – 95%, що на 5-8% перевищує показник серійних зразків.
3. Вертикальний тиск голки знаходиться в діапазоні 80-130 Н, що є достатнім для кришення ґрунтової кірки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві

Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових та технічних культур. Воно реструктуризоване на три частини – це садівниче господарство, розсадницький комплекс, логістичний центр із сортувальною лінією.

Основним принципом управління охорони праці у господарстві є пріоритет життя і здоров'я працівників, повна відповідальність керівника, керівників структурних підрозділів за створення безпечних і здорових умов праці на кожному робочому місці.

Для організації та здійснення контролю за факторами виробничого середовища і трудового процесу на території фермерського господарства розміщені попереджувальні, забороняючі знаки, плакати, телефони служби безпеки, план дій при надзвичайній ситуації, стенди з охорони праці. Відвідувачам видається пам'ятка щодо правил поведінки на території господарства. Періодично проводиться навчання, семінари з охорони праці.

З метою підвищення якості продукції, дотримуючись екологічного законодавства та покращуючи охорону праці, фермерське господарство впровадило систему безпечності харчових продуктів Global G.A.P., яка включає у себе одну із складових системи, а саме: охорона здоров'я робітників та соціально-побутове забезпечення:

- оцінка факторів ризиків здоров'я робітників та охорона праці;
- гігієна праці.

На виконання вимог стандарту Global G.A.P. та з метою дотримання законодавства з охорони праці розроблено низку інструкцій з охорони праці.

Для недопущення причин, що призводять до нещасних випадків, аварій, професійних захворювань на виробництві, та здійснення профілактичних заходів розроблено нормативні акти з охорони праці, а саме:

– «Заходи профілактики виробничого травматизму і професійних захворювань»,

– План організаційної роботи щодо попередження нещасних випадків під час проведення весняно-польових робіт та у період збирання врожаю.

Служба охорони праці постійно здійснює перевірки стану охорони праці та дотримання персоналом вимог нормативно-правових актів, надає керівництву пропозиції щодня.

5.2. Вимоги безпеки праці при обробі ґрунту на модернізованому агрегаті

Модернізована нами ротаційна зубова борона є агрегатом, який оснащений секціями плоских дисків по периметру яких закріплені конічні підпружинені зуби. Агрегат має робочу швидкість 15-20 км/ год. Відповідно диски обертаються з такою ж коловою швидкістю В умовах органічного землеробства, коли на поверхні поля присутня значна кількість рослинних решток, технологічний процес буде супроводжуватись метанням вбік цих рослинних решток на доволі значну відстань, до 3 – 4 м. Тому знаходитись в зоні дії агрегату ближче за 10 м. забороняється. Кожний окремий зуб встановлений на власній пружній опорі. Враховуючи його гостроту, перевіряти працездатність вручну, шляхом натискання на зуб забороняється З тієї ж причини забороняється перевіряти вручну і обертання дисків. В разі, якщо на поверхні поля будуть сторонні предмети, то вони будуть теж відкидатись у непередбачуваному напрямку, в тому числі і вбік трактора. Тому, перед початком роботи плантацію оглядають і видаляють всі сторонні предмети.

Окрім того, агрегат має підвищену кінематичну довжину, що вимагає певної кваліфікації тракториста.

До роботи з агрегатом допускаються особи не молодше 18 років. Трактористи, які вперше почали працювати на тракторі, повинні пройти стажування. Крім навчання, перед виконанням сезонних, наприклад посівних або збираль-

них, робіт з робочими проводять інструктаж по техніці безпеки. Особи, які не пройшли інструктаж, до роботи не допускаються.

Працювати на агрегаті можна тільки постійно закріпленим особам.

Перед початком роботи виконати розмітку плантації, тобто відбити напрямки першого проходу і поворотні смуги. Як виняток, в процесі роботи в кабіні трактора може знаходитись стажер, який теж пройшов всі види інструктажу.

Агрегат являє собою комплекс підвищеної небезпеки, особливо враховуючи величину швидкості. Тому, керування в неадекватному стані, тобто після прийому заспокійливих чи збуджуючих ліків, або алкоголю не припустиме.

5.3. Вимоги безпеки праці перед початком роботи

Необхідно виконати всі регламентні роботи у відповідності до вимог інструкцій по експлуатації трактора і технологічної машини. Технічне обслуговування трактора і ґрунтообробного агрегату проводити тільки на спеціально оснащених майданчиках за умови їх зупинки і виключення двигуна і тільки у відповідності до інструкції заводу-виробника. Перед початком роботи перевірити обертання дисків шляхом проїзду агрегату по ґрунтовій дорозі з опущеними робочими органами. Кут атаки дискових секцій при цьому повинен дорівнювати нулю.

Зовнішнім оглядом перевірити цілісність пружних опор, в разі потреби замінити диск у зборі.

5.4. Вимоги безпеки при виконанні технологічного процесу

Не виконувати швидкісних маневрів та крутих поворотів. Зміну напрямку руху виконувати можна в межах кута атаки дисків, тобто $\pm 15^\circ$, або з виглибленими робочими органами. В протилежному випадку велика імовірність аварійного руйнування дискової секції.

Регулярно перевіряти робочий стан та якість регулювання робочих органів. При виникненні проблем з регулюванням глибини робочого ходу не застосовувати випадкові ричаги а підлити в механізм дизельного пального.

Виконувати чищення робочих органів тільки після повної зупинки спеціальним чистиком.

Якщо в процесі експлуатації машини виникне несправність, машина повинна бути зупинена і викликана технічна служба підприємства. Самостійно можна виконувати тільки регулювання.

Контроль якості виконання технологічного процесу виконувати при заглушеному двигуні.

Строго дотримуватись агротехнічно обумовленому режиму роботи.

Не перевозити на рамі машини сторонні предмети.

Перед переїздом не значну відстань перевести машину у транспортне положення.

5.5. Вимоги безпеки по завершенню роботи.

Після закінчення роботи агрегат очищують від бруду: ґрунту та пожнивних залишків. Поставити агрегат на стоянку, поклавши під колеса і робочі органи опори. При постановці на тривалий час, механізм регулювання глибини робочого ходу змазати солідолом, бо в протилежному випадку для регулювання необхідно буде застосовувати ричаг, що не є бажаним. При постановці необхідно мати на увазі, що практично всі елементи конструкції підпружинені. Тому треба уникати ривків.

Установку агрегату на відкритій площадці слід проводити з врахуванням зручності його обслуговування і можливості під'їзду до нього технологічного транспорту. Відстань між машинами по фронту повинна бути не менше 0,7 м, а при технічному обслуговуванні 1,2 м.

Привести в належний стан робоче місце. По закінченню робіт працівники повинні здати засоби індивідуального захисту та спецодяг на зберігання, прийняти душ.

5.6. Рекомендації по поліпшенню стану охорони праці в фермерському господарстві

Слід відмітити, що стан охорони праці на підприємстві в цілому задовільний. Але є окремі положення, які бажано було б покращити. Перш за все, це нестача спецодягу. Працівники часто використовують власний одяг, який вишивав із вжитку і він не відповідає вимогам охорони праці. В процесі обіду, столові прибори ставлять на раму технологічної машини, що враховуючи особливість її конструкції є небезпечним, не кажучи про гігієну.

Висновок

Робота на розробленому комбінованому ґрунтообробному агрегаті не має суттєвих відмінностей від роботи на машинах даного типу і призначення. При виконанні всіх вимог нормативних документів робота на модернізованому нами агрегаті не погіршує стану охорони праці.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

Метою техніко-економічної оцінки пропонованої розробки є визначення вартості витрат на розробку культиватора, визначення витрат, зв'язаних з експлуатацією даного агрегату, розрахунок витрат праці, продуктивності, й очікуваного економічного ефекту.

Розрахунки техніко-економічних показників виконуємо у порівнянні з комбінованим знаряддям КПН-3 виробництва ВАТ «Галещина машзавод». Основна відмінність агрегатів – за рахунок більш досконалого розташування робочих органів машина має менше технологічних зупинок для чищення і регулювання. Це підвищує коефіцієнт використання робочого часу зміни і, як наслідок, продуктивність агрегата.

Основні переваги розробленої конструкції:

- якість обробітку ґрунта буде вище, ніж у КПН-3 завдяки адаптованості поверхні до траєкторії руху і додаткових розпушуючих робочих органів.
- більша продуктивність машини за рахунок зменшення технологічних зупинок.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.6.1.

Таблица 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	300	300
2	Продуктивність	га/год	2,1	2,9
3	Витрати ПММ	кг/га	14,8	13,1
4	Вартість: - Трактора - Машини	грн	175000 36000	175000 38000
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

У відповідності з виданим на дипломну роботу завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{2,1} = 142,8 \text{ год}$$

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{2,9} = 103,4 \text{ год} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 142,8 \cdot 1 = 142,8 \text{ год} \quad V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 103,4 \cdot 1 = 103,4 \text{ год}, \quad (6.2)$$

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_{\text{Т}}}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (6.3)$$

де $C_{\text{Т}}$ - тарифна ставка, 24, 88 грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

$$\Pi = \frac{24,88}{2,1} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 19,55 \text{ грн/га}$$

Проект

$$\Pi = \frac{24,88}{2,9} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 14,16 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, комбінованої машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550 год;
- машини - 580 год

Базовий

$$\text{Трактор: } A_{\text{ТР}} = \frac{175000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,1} = 8,5 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{36000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,1} = 4,7 \text{ грн/га}$$

Проект

$$A_{\text{ТР}} = \frac{175000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,9} = 5,8 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = \frac{38000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,9} = 3,38 \text{ грн/га}$$

Всього: $A_{\Sigma} = 8,5 + 4,7 = 13,2 \text{ грн/га}$

$$A_{\Sigma} = 5,8 + 3,38 = 9,8 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 23,5 \cdot 14,8 = 347,8 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 23,5 \cdot 13,1 = 307,85 \text{ грн/га}$$

$C_{\text{ПММ}}$ – ціна паливо-мастильних матеріалів 23,5 грн

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \quad (6.4)$$

де B_B – балансова вартість, грн;

Базовий

$$\text{Трактор: } B_{\text{ТР}} = \frac{175000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 142,8 \cdot 2,1} = 112 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ТР}} = \frac{175000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 103,4 \cdot 2,2} = 106,2 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } B_M = \frac{36000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 142,8 \cdot 2,1} = 9,84 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_M = \frac{38000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 103,4 \cdot 2,9} = 10,4 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{\text{ТР}} + B_M = 112 + 9,84 = 121,84 \text{ грн/га}$$

$$B = 106,2 + 10,4 = 116,6 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 19,55 + 13,2 + 347,8 + 112 = 492,55 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 14,16 + 9,8 + 307,85 + 106,2 = 438,01 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 492,55 \cdot 300 = 147765 \text{ грн}$$

$$E_{\Sigma} = 438,01 \cdot 300 = 131403 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{175000}{300} = 583,3 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{175000}{300} = 583,3 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{36000}{300} = 120 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{38000}{300} = 126,7 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 583,3 + 120 = 703,3 \text{ грн/га}$$

$$K_B = 583,3 + 126,7 = 710 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 492,55 + 0,15 \cdot 703,3 = 598,05 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 438,01 + 0,15 \cdot 710 = 544,51 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{\Sigma} = П_{\text{В}} \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 598,05 \cdot 300 = 179415 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{\Sigma} = 544,51 \cdot 300 = 163353 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 179415 - 163353 = 16062 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_o = 213000 - 211000 / 16062 = 0,1$$

Результати розрахунків представлені у табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	300	300
3	Склад агрегата: Трактор Машина	Т-150К Комбінований агрегат КПН-3	Т-150К Спроекований агрегат АКП-3М
4	Продуктивність, га/год	2,1	2,9
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	142,8	103,4
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд. год/га	142,8	103,4
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	24,88	24,88
10	Норма витрати пального, кг/га	14,8	13,1
11	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	175000 36000	175000 38000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	23,5	23,5

13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машини	492,55 8,5 4,7 347,8 112 9,84	438,01 5,8 3,38 307,85 106,2 10,4
14	Капітальні вкладення, грн/га	703,3	710
15	Приведені затрати, грн/га	598,05	544,51
16	Річний економічний ефект, грн		16062

Висновок

Як показують розрахунки, модернізована машина має хорошу ефективність і її можна рекомендувати у впровадження. Прогнозований річний економічний ефект складає 16062 грн при сезонному навантаженні 300 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Зона степу України є сприятливою зоною (за кліматичними та ґрунтовими умовами) для вирощування зернових колосових культур в тому числі і озимої пшениці і здатна мати стабільні врожаї всіх без винятку сільськогосподарських культур.

1. Оглядом конструкцій і досліджень комбінованих ґрунтообробних знарядь встановлено, що комбінація ротаційні борони і плоскоріза не залежно від конструктивного виконання є самим ефективним знаряддям для передпосівного обробітку ґрунту. Особливо вони ефективні при руйнуванні ґрунтової кірки. Найбільш раціональною є наступна послідовність взаємодії голки з оброблюваним середовищем: вертикальне входження у ґрунт і вихід на денну поверхню з утворенням пружного ефекта розпушення, особливо така схема ефективна в умовах слабкої консолідації ґрунту, що є характерним для умов органічного землеробства.

2. Наведені розрахунки дозволяють оцінити по кінематичних характеристиках процес взаємодії робочого органа із ґрунтом, описати траєкторію руху, вийти на методику проектування робочого органа, визначити інерційні сили, що в значній мірі дозволяє оцінити можливість руйнування грудки ґрунту зубом голки.

3. Для забезпечення якості обробітку - визначено кількість голок на диску, при куті атаки $\alpha = 15^0$ їх повинно бути 8 шт. Визначено відстань між дисками на валу батареї, встановленими під кутом атаки. На підставі проведеного розрахунку відстань між дисками повинна становити 800 мм, радіус описаного кола голок, мм – 500-510, час релаксації пружного елемента, с – 0,045 с., амплітуда коливань голки – 10 мм.

4. В ході експериментальних досліджень:

- в основному знайшли підтвердження базові положення математичної моделі взаємодії голки з ґрунтом;
- визначений раціональний діапазон робочої швидкості 15-20 км/год.

- розроблена конструкція забезпечує ступінь кришення ґрунтової кірки в діапазоні 70 – 95%, що на 5-8% перевищує показник серійних зразків.
- вертикальний тиск голки знаходиться в діапазоні 80-130 Н, що є достатнім для кришення ґрунтової кірки

5. Аналіз стану охорони праці показав, що внесені конструктивні зміни не погіршили умов роботи на модернізованому агрегаті.

6. Показники економічної ефективності застосування нового знаряддя з урахуванням високої якості роботи нового знаряддя, економії часу на обробіток, накопичення вологи, збільшення врожайності від 5 до 7 % показують, що річний економічний ефект від упровадження нової машини склав 16062 грн., що дозволяє судити про доцільність даного рішення по розробки комбінованого ґрунтообробного знаряддя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с. Навчальний посібник розрахований на студентів
2. Аппроксимация функции одной переменной: онлайн калькулятор/ электронный ресурс/ код доступа <https://planetcalc.ru/5992/>
3. [Бабицкий Л. Ф.](#) Обоснование конструктивных параметров гибкой борона / Л. Ф. Бабицкий, И. В. Соболевский, В. А. Куклин // [Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти](#). - 2016. - Вип. 4. - С. 61-68. – Режим доступа : доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vuvmaao_2016_4_7
4. Бабицкий Л.Ф. Основы бионических исследований: Учебник для студентов высших учебных заведений / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский // – Симферополь: ЧП «Антиква», 2014. – 238 с.
5. Біонічні передумови до створення дискозубових борін для екологічного землеробства / Л.Ф. Бабицький, Соболевський І.В. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Мелітополь, 2014. – Вип. 2. С. 73-81.
6. Бабицький Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л.Ф. Бабицький. – К.: Урожай, 1998. – 164 с. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Обоснование оптимальной формы игл почвообрабатывающих игольчатых дисков. Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 43. Технические науки – С.86-88
7. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Обоснование оптимальной формы игл почвообрабатывающих игольчатых дисков. Ученые

- записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 43. Технические науки – С.86-88
8. Белокопытов А.В. Обоснование рациональных параметров рабочих элементов игольчатых рабочих органов для сплошной обработки почвы в условиях юга Украины. – Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Мелитополь, 1997. с.200.
 9. Булгаков В. М. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В. М. Булгаков, М. О. Свірень, Р. В. Кісільов, С. Б. Орищенко, І. О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. - 2015. - Вип. 5, Т. 1. - С. 3-13. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau_2015_5_1_3.
 10. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко [та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
 11. Волик Б.А. Теорія внутрішньої напруги і її застосування для оцінки якості розпушення ґрунту / Б.А.Волик, Г.В.Теслюк, А.В.Коновий – Матеріали X Міжнародної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кіровоград, КНТУ, 2015 – С. 39-40.
 12. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: Монографія / [Г.В.Теслюк, Б.А.Волик, С.П.Сокол, О.М.Кобець, А.М.Сенменюта]. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2016. – 144
 13. Євтушенко В. Strip-till в Україні / В. Євтушенко. - // The ukrainian Farmer. - К. : ТОВ "АГП Медіа", 2012. - № 9. - С. 99-100
 14. Жолобецький Г. Тернистий шлях "стріп-тіллу" / Г. Жолобецький. - // пропозиція : укр. журн. з питань агробізнесу. - 2013. - N 11. - С. 58-60
 15. Кем А.А., Чекусов М.С., Черемисин А.И. Ротационная борона для рядовых обработок посадок картофеля. / Сельскохозяйственные машины и технологии. - №5. -2015 – С.34-37.

16. Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.
17. Кравчук В. О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы / В. Кравчук, Г. Хайлис, В. Шевчук // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 23–25.
18. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
19. Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
20. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
21. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов. Том 1 Уч. пособие. — 13-е изд. — М.: Наука, 1985. — 432 с.
22. Твердохлебов С.А. Взаимодействие иглы ротационного рабочего органа с почвой/ С.А.Твердохлебов. – Електронний ресурс. Код доступу https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00788857_0.html
23. Шевчук В.В. Обґрунтування параметрів та режимів роботи гольчастої бороны автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн.наук /В.В. Шевчук – Львів, 2015. – 24с.
24. Шустік Л. Ротаційна Бороны Динар-5,4 (Лозовські машини). Функціональні випробування (фокус-тест) / Л.Шустік, Н. Нілова, В. Супрун/ Техніка і технології АПК №9-9(107), 2018. – С.- 36 – 39.