

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МІНЬКО СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ**

УДК 631.362.3.002.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ФРЕЗЕРНОЇ  
МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ  
ІНТЕНСИВНОГО САДУ**

05.05.11 – машини і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Мелітополь – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: **Дідур Володимир Аксентійович**  
доктор технічних наук, професор  
Таврійський державний агротехнологічний університет, зав. кафедри «Технічний сервіс в АПК»

Офіційні опоненти: **Фришев Сергій Георгійович**  
доктор технічних наук, професор  
Національний університет біоресурсів та природокористування, професор кафедри «Транспортні технології та засоби у АПК»

**Войтік Андрій Володимирович**  
кандидат технічних наук, доцент,  
Уманський національний університет садівництва»,  
зав. кафедри «Процеси, машини та обладнання АПВ»

Захист відбудеться «10» лютого 2017 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 у Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. Хмельницького, 18

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. Хмельницького, 18

Автореферат та дисертація розміщені за адресою в мережі Internet <http://www.tsatu.edu.ua/nauka/specializovani-vcheni-radu/>

Автореферат розісланий «28» грудня 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С.О. Квітка

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**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 осі.

Основним недоліком роботи існуючих фрезерних машин даного типу є те, що ґрунт після обробки містить тільки біля 51% 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 плодкових насаджень і нераціональні витрати поливної води, а також створює сприятливі умови для розмноження гризунів.

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 обробки. 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 є важливим науковим завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті згідно з держбюджетною темою у межах програми «Розробка технологій та технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства в Україні» № ДР 0107U008955.

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

Відповідно до поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- провести аналіз існуючих конструкцій ґрунтообробних машин з обробки пристовбурних смуг в плодкових насадженнях інтенсивного типу і об-

грунтувати 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 та дослідження математичної моделі процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом;

- визначити зміни в структурно-агрегатному стані ґрунту пристовбурних смуг інтенсивного саду під впливом вегетаційних поливів та встановити терміни ефективного механізованого впливу на ґрунт.

- експериментально перевірити основні положення математичної моделі та визначити вплив конструктивно-технологічних параметрів роботи фрезерної машини на показники якості і енергоємності її роботи;

- надати техніко-економічну оцінку застосування фрезерної машини з вертикальною віссю обертання робочих органів для утримання пристовбурних смуг під «чорним паром».

*Об'єктом досліджень* є процес обробки ґрунту в насадженнях плодкових 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 обробки ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень саду інтенсивного типу.

**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 відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що:

- вперше отримано закономірності впливу вегетаційних поливів саду інтенсивного типу на структурно-агрегатний стан ґрунту, що дозволяє визначати агротехнічні строки механізованого обробки пристовбурних смуг;

- отримало подальший розвиток теорія проектування робочих органів ґрунтообробних фрезерних машин в частині визначення динаміки руху ґрунту по криволінійній поверхні ножів, які обертаються навколо вертикальної осі, що дозволяє визначати кінематичні та конструктивно-технологічні параметри фрезерних машин;

- вперше отримано рівняння дальності польоту частки ґрунту для ножів з вертикальною віссю обертання, що дозволяє визначити якість формування обробленої зони пристовбурної смуги.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці методичних засад проектування геометричних параметрів робочих органів з урахуванням технологічних режимів роботи фрезерної машини, які можна використовувати при розробці конструкторської документації на даний тип машин. Модернізовано фрезерні ротори експериментального зразка фрезерної машини МФ-1, які було впроваджено в технологічний процес догляду за

грунтом в пристовбурних смугах плодкових насаджень ТОВ «Лана» Михайлівського району Запорізької області та в навчальний процес ТДАТУ. Запропоновану конструкцію фрезерної машини захищено патентом України № u201510164.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, які відображають сутність роботи, отримані автором самостійно. Постановка задач і аналіз результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником.

Автором особисто визначено напрямки вдосконалення фрезерних машин з вертикальною віссю обертання параметрів робочих органів [2,5], розроблено методику і проведено лабораторний дослід з визначення змін у агрегатному складі ґрунту під дією води вегетаційних поливів [6], обґрунтовано параметри напрямної поверхні ножа і параметри його положення на роторі [2], отримано рівняння щодо визначення відносної швидкості ґрунту по поверхні ножа [3], виготовлено макетні зразки роторів фрезерної машини [4], розроблено методику лабораторно-польових досліджень модернізованого експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М [4], проведено обробку і аналіз експериментальних даних [4].

**Апробація результатів роботи.** Основні результати роботи доповідались на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, співробітників і магістрів Таврійського державного агротехнологічного університету (2012 – 2016 рр.), Міжнародній науково-практичній конференції «Імпортозамінні технології вирощування продукції садівництва та рослинництва» (Умань, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку» (Дніпропетровськ, 22 - 23 жовтня 2015 р.).

**Публікації.** Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 7 наукових працях. в тому числі у 3 фахових виданнях, отримано 1 патент України на корисну модель та 2 статті у закордонних виданнях та виданнях включених у наукометричні бази даних. Загальний обсяг наукових праць складає 2 умовних друкованих аркуша.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 115 найменувань, та додатків. Загальний обсяг роботи становить 147 сторінок тексту, з яких на 127 сторінках викладено основний текст роботи, на 20 сторінках – додатки, на 6 сторінках – список використаних джерел. Дисертація включає 56 рисунків (графіки, схеми і фотографії) та 20 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і основні завдання, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі «**Особливості вирощування плодкових насаджень в ґрунтово-кліматичній зоні «Південний степ»**» наведено способи утримання ґрунту в плодкових насадженнях, засоби механізації обробітку ґрунту в

пристовбурних смугах та аналіз інформаційних джерел з огляду механізації робіт в галузі.

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 залишається незадовільним – частка ґрунтових агрегатів від 0,25 до 10 мм, складає тільки 37%, а відповідно до вимог ДСТУ 4362 частка таких агрегатів повинна бути не менше 60-80%.

Дослідженнями процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень фрезерними машинами займалися такі науковці як А.В. Войтік, О.І. Завравжков, О.Г. Караєв, І.П. Привалов, О.Ф. Сафонов, С.М. Сяньков, 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 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». На підставі проведеного аналізу сформульовано мету та завдання досліджень.

У другому розділі **«Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів робочих органів та режиму роботи фрезерної машини»** 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.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 .

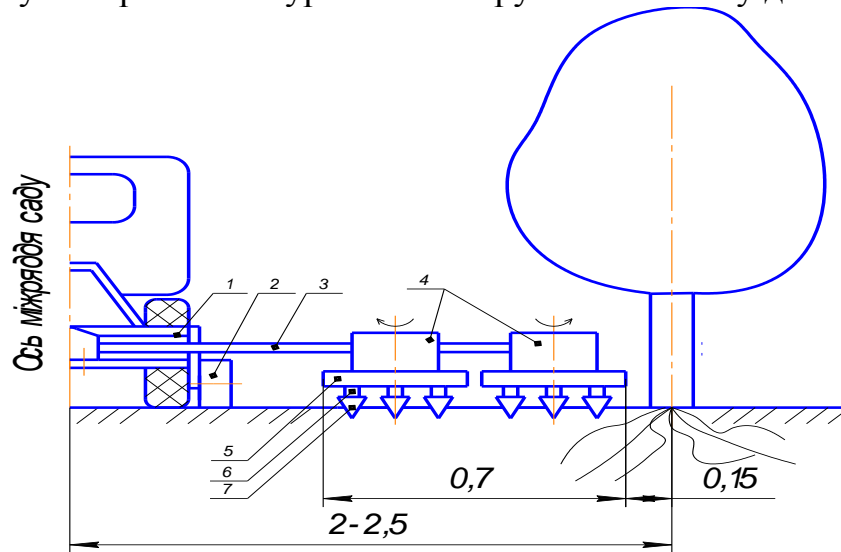


Рис. 1. Конструктивно – технологічна схема фрезерної машини:  
1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – привідний вал; 4 – редуктори роторів;  
5–диск; 6 – стійка; 7 – ніж.

*Обґрунтування параметрів напрямної лінії поверхні ножа.* Поступово рухаючись фрезерна машина ножами розрізає ґрунт пристовбурної смуги по траєкторіям, лінії яких є трохойди. Параметри трохойди визначаються за таким рівнянням

$$\begin{cases} x = V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t) \\ y = R \cdot \cos(\omega t) \end{cases} \quad (1)$$

де  $V_M$  - швидкість руху фрезерної машини;  $R$  - радіус ротора;  $\omega$  - кутова швидкість ротора.

Для фрези МФ-1 з параметрами:  $V_M=0,7$  м/с;  $R=0,176$  м;  $\omega = 15,8$  рад/с трохойда представлена на рис.2.

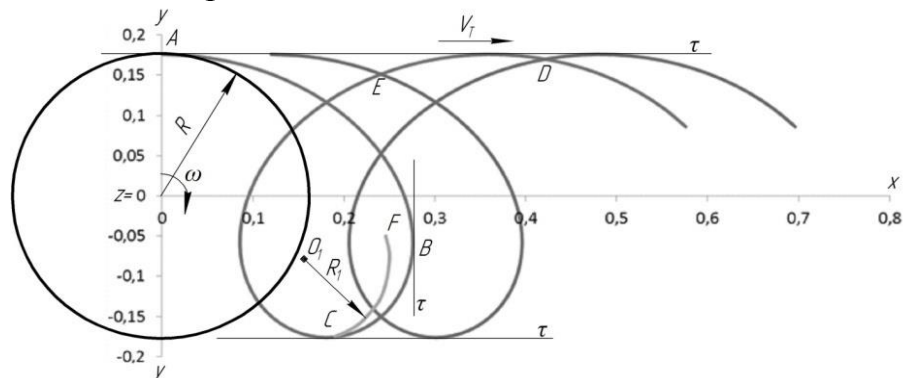


Рис.2. Траєкторія руху робочих органів фрези.

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, збільшення відстаней між поверхнею ножа і ґрунтом по мірі віддалення від різуючої крайки ножа відбувається за лінійним законом. Це свідчить про 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 крайці 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 2 видно, що найбільшу кривизну траєкторія буде мати у точці С, яку обираємо за центр перетворення. Довжину частини траєкторії СВ можна визначити з рівняння

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

Після інтегрування рівняння (2) на інтервалі  $0,124 \leq t \leq 0,205$  маємо

$$L_n = \int_{0,124}^{0,205} \sqrt{(V + R \cos(\omega t)\omega)^2 + (R \sin(\omega t)\omega)^2} dt. \quad (3)$$

Перетворення частини траєкторії СВ в криволінійну напрямну ножа CF наведено на рис. 3.

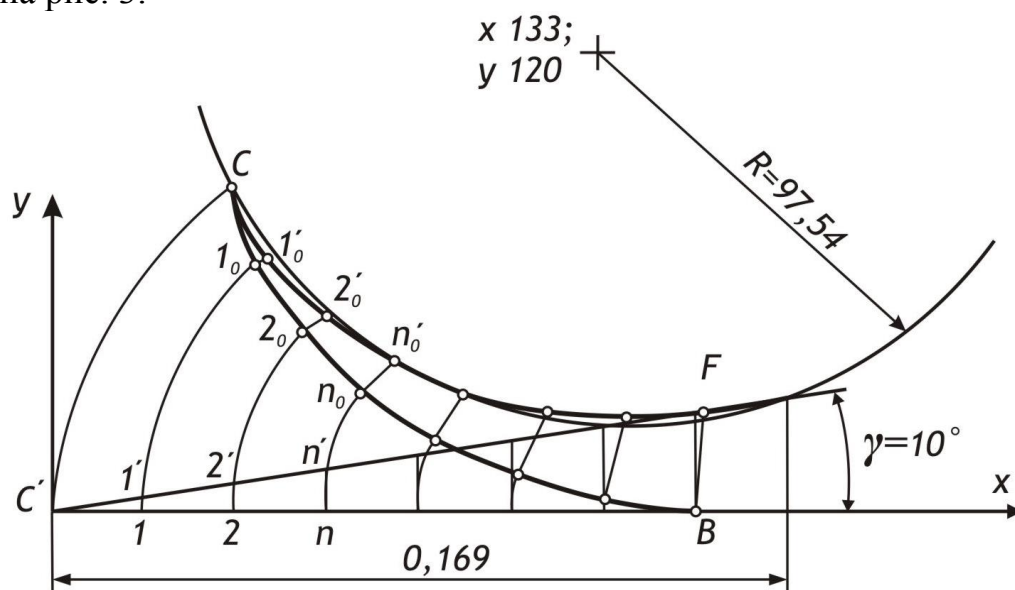


Рис. 3. Схема перетворення частини траєкторії руху ножа СВ в криволінійну напрямну поверхні ножа CF.

Згідно з формулою (3) довжина  $L$  частини траєкторії  $C'B$  буде дорівнювати  $0,169$ м, яку розіб'ємо на рівні відрізки з інтервалом  $\Delta t = 0,01$ с, і отримувемо точки  $1, 2, \dots, n$ , 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  $1_0, 2_0, n_0$  визначають криволінійну напрямну CF поверхні ножа.

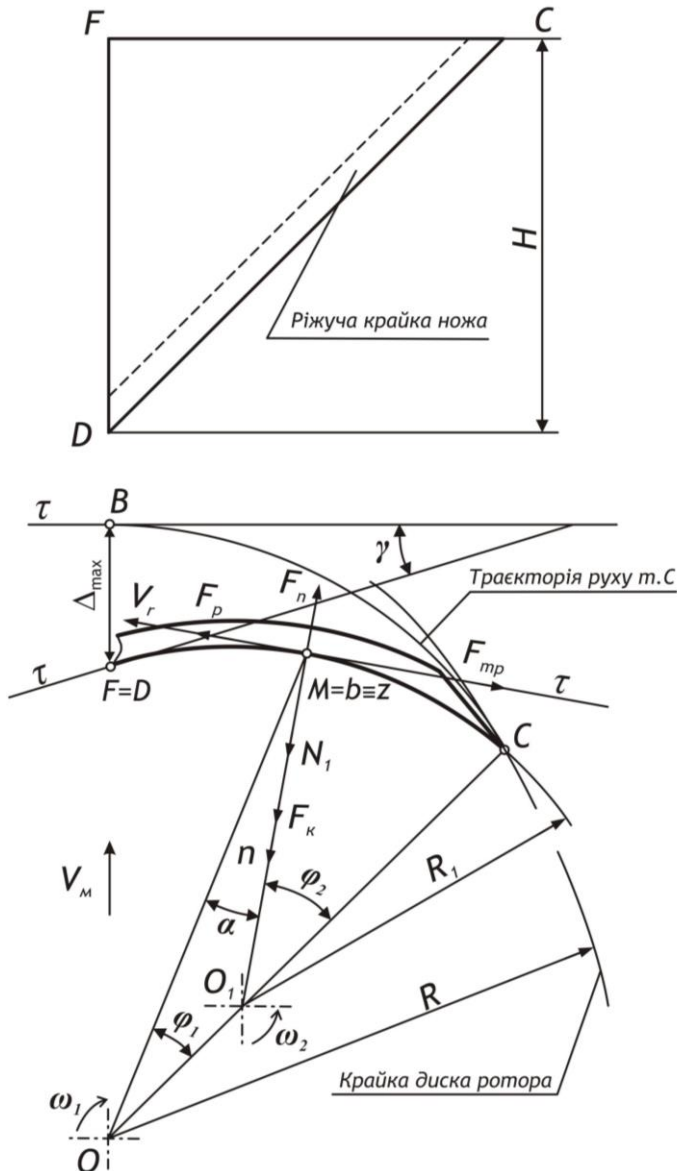


Визначення координат напрямної CF здійснимо шляхом рішення такої системи рівнянь:

$$\begin{cases} (x_{2_0} - x_{1_0}) \cdot (x_{1_0} - x_{1_0}) + (y_{2_0} - y_{1_0}) \cdot (y_{1_0} - y_{1_0}) = 0 \\ (x_{1_0} - x_{1_0})^2 + (y_{1_0} - y_{1_0})^2 = 1_0 1'_0 \end{cases} \quad (4)$$

Застосування кривої CF в якості напрямної поверхні ножа з координатами, які отримані з системи рівнянь (4) доцільно представити дугою кола при умові, що похибка буде незначною. У нашому випадку радіус кола 0,097м дає похибку  $\pm 1,9$ мм, що не буде мати суттєвого впливу на рух частки ґрунту по поверхні ножа. З урахуванням наведеного, а також технологічних міркувань ніж фрези доцільно представити у вигляді циліндричної поверхні з напрямною, яка є дугою кола з радіусом 0,097 м.

*Визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа.*



Для розрахунку швидкості руху  $V_r$  частки ґрунту по поверхні ножа (далі – матеріальна точка М), напрямна якої є дуга кола згідно з рис. 4 маємо такі вхідні дані:

а) кінематичні параметри фрези:  $V_M$  – швидкість руху фрези,  $\omega_1$  – кутова швидкість роторів,  $\omega_2$  – кутова швидкість т. М 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 т. М:  $mg$  – сила тяжіння;  $F_n$  – відцентрова сила;  $F_{tr}$  – 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;  $F_p$  – рухома сила т. М по поверхні ножа.

Рис. 4. Розрахункова схема щодо визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа.

Для визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по ножу приймаємо прямокутну систему координат, у якій вісь абсцис спрямована по дотичній  $\tau$ , вісь ординат – по головній нормалі  $n$ , а вісь аплікату по бінормалі  $b$  (рис. 4), а проекції сил в т.М на вісі будуть мати такі рівняння:

- на нормаль  $n$  – нормальна сила реакції поверхні ножа  $N_1 = F_n \cos \varphi - F_k$ ;
- 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 т. М по поверхні ножа має вигляд:

$$mV_r \frac{dV_r}{dS} = F_p - F_n \sin \alpha - F_{mp} \cos \alpha + \mu F_k \quad (5)$$

де  $F_p = m \frac{\omega_2^2 R_1}{\varphi_2}$ ;  $F_n = m \omega_1^2 (R - \Delta)$  де  $\Delta$  – відстань від трохойди до рі-

жучої крайки ножа;  $F_{mp} = \mu N_1$  де  $\mu$  – коефіцієнт тертя;  $F_k = 2m \omega_1 V_r$  де  $m$  – маса ґрунту на ножі;  $\tilde{s} = \varphi_2 R$  довжина дуги напрямної ножа  $CF$ .

В рівняння (5) підставляємо значення усіх сил, скорочуємо на масу  $m$  і для спрощення обчислення введемо такі позначення:

$$a = 2\mu\omega_1 = \text{const},$$

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

$$\frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = dS \quad (6)$$

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

$$aV_r' - b \ln |aV_r' + b| = \tilde{s}' a^2 - b \ln b. \quad (7)$$

Розв'язок (7) представляє собою трансцендентне рівняння відносно  $V_r$ , яке може бути вирішено наближеними методами аналізу.

Для обчислення відносної швидкості т. М по поверхні ножа і динамічних характеристик її руху було розроблено комп'ютерну програму за допомогою програмної оболонки Embarcadero RAD Studio 2009.

Відносну швидкість руху т. М по поверхні ножа обчислимо за наступними вхідними даними.

Константи руху:

$$\omega_1 = 15,8 \text{ рад/с}; R = 0,176 \text{ м}; R_1 = 0,097 \text{ м};$$

$$\mu = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; a = 2\mu\omega_1.$$

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

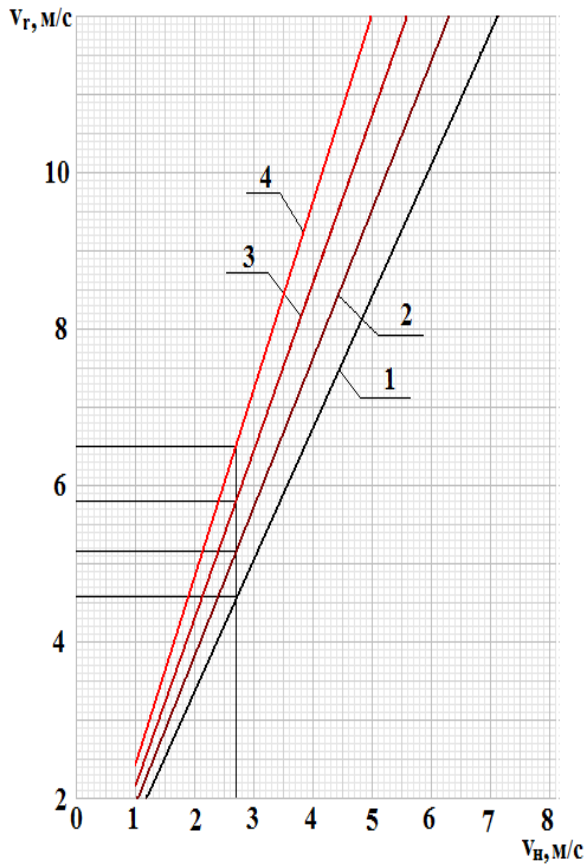


Рис.5. Зміни відносної швидкості  $V_r$  руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа  $V_n$  при різних значеннях коефіцієнту тертя  $\mu$ :  
1— $\mu=0,2$ ; 2— $\mu=0,4$ ; 3— $\mu=0,6$ ;

Підставляємо визначені вхідні дані в рівняння (7) і отримуємо значення відносної швидкості т. М по поверхні ножа з напрямною СФ, на підставі яких побудовано графіки змін швидкості руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа при різних значеннях коефіцієнту тертя (рис. 5). Маємо лінійні залежності збільшення відносної швидкості  $V_r$  руху т.М по поверхні ножа.

З залежностей (рисунки 5 і 6) виходить, що при:

- $\mu=0,4$   $V_r=5,2 \text{ м/с}$ ;
- $\mu=0,5$   $V_r = 5,9 \text{ м/с}$ ;
- $\mu=0,6$   $V_r = 6,6 \text{ м/с}$ .

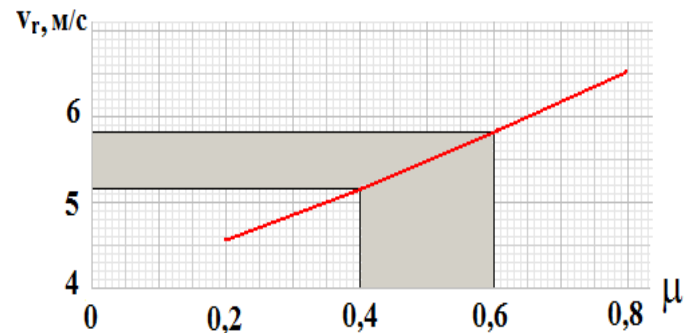


Рис.6. Зміни відносної швидкості  $V_r$  руху т. М по поверхні ножа від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа  $V_n = 2,8 \text{ м/с}$ .

Тобто, при середніх значеннях коефіцієнту тертя від 0,4 до 0,6 відносна швидкість  $V_r$  руху т.М на виході з ножа збільшується в середньому у 2 рази від початкового значення, яке дорівнює лінійній швидкості ножа  $V_n = 2,8 \text{ м/с}$ . Набута швидкість т. М буде впливати як на розпушення ґрунту, так і на його розкидання ножем. Для визначення впливу відносної швидкості т. М (далі - частки ґрунту) на розкидання ґрунту ножем обчислимо дальність польоту окремої частки ґрунту з урахуванням таких припущень:

1) нахил до горизонталі вектора початкової швидкості польоту частки ґрунту  $v_0 = v_r$  визначається кутом  $\alpha$ , який рівномірно розподілений на інтервалі від 0 рад до 0,5 рад.

2) горизонтальна складова вектора початкової швидкості руху часток ґрунту  $v_0$  знаходиться тільки в першій координатній чверті і розподілена рівномірно по куту  $\beta$  на інтервалі  $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$ ;

3) стикання між частками ґрунту не пружне.

Беручи до уваги друге припущення, а також те, що при русі потоку часток ґрунту має місце їх стикання, то проекції швидкості  $v_0$  на вісі системи координат, яка розташована в горизонтальній площині проєкцій першої координатної чверті будуть мати складову тільки на вісь  $Oy$ , а на вісь  $Ox$  будуть дорівнювати нулю. Модуль горизонтальної складової швидкості часток ґрунту після стикання буде дорівнювати  $v_0 \cos \alpha$ , а результуюче математичне очікування горизонтальної складової швидкості буде мати рівняння

$$\dot{v}_{0,y} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} v_0 \cos \alpha \sin \beta d\beta = \frac{2}{\pi} v_0 \cos \alpha. \quad (8)$$

де  $\beta$  – змінна інтегрування, фізичним змістом якої є кут відхилення вектору руху частки ґрунту від деякого сектору.

Силу опору повітря  $F$  визначимо за таким рівнянням

$$F = C_x \frac{\pi \rho_1 d^2 v^2}{8}, \quad (9)$$

де  $C_x$  – коефіцієнт обтікання частки ґрунту повітрям;  $S$  – площа міделя;  $\rho_1$  – щільність повітря;  $P_{din}$  – динамічний тиск потоку повітря;  $v$  – швидкість польоту частки ґрунту;  $d$  – середній діаметр частки ґрунту;

З урахуванням другого закону Ньютона швидкості польоту частки ґрунту  $v$  буде задовольняти таке диференціальне рівняння:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{F}{m} = -\frac{C_x \frac{\pi \rho_1 d^2 v^2}{8}}{\frac{\pi}{6} \rho_2 d^3} = -\frac{0.75 C_x \rho_1}{\rho_2 d} v^2 = -C v^2, \quad (10)$$

$$\text{де } C = \frac{0.75 C_x \rho_1}{\rho_2 d} \approx 0.1;$$

$m$  – маса частки ґрунту (приймаючи припущення про шароподібну форму частки ґрунту маємо  $m = \frac{\pi}{6} \rho_2 d^3$ ;

$\rho_2$  – щільність ґрунту.

Інтегрування і подальші перетворення рівняння (10) і з урахуванням першого припущення вираз математичного очікування середньої дальності відкидання частки ґрунту ножем буде мати такий вигляд

$$L_p = h \frac{6}{\pi C} \int_0^{\frac{\pi}{6}} \ln(1 + C v_{0x}' \tau) d\alpha = \frac{3}{\pi C} \int_0^{\frac{\pi}{6}} \ln\left(1 + C \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{\pi g}\right) d\alpha, \quad (11)$$

де  $h$  – коефіцієнт, який враховує нерівності поверхні поля;

$\tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$  – час польоту частки ґрунту без врахування впливу опору повітря на вертикальну складову швидкості.

Середню дальність відкидання частки ґрунту ножем з радіусом напрямної  $R_l = 0,097\text{м}$  і відносних швидкостей  $v_r$  ( $v_r = v_0$ ) при значеннях коефіцієнту тертя  $\mu$  від 0,4 до 0,6, обчислимо за рівнянням (11) з такими вхідними даними:  $C_x = 0,8$ ;  $\rho_l = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_2 = 1500 \text{ кг/м}^3$ ;  $d = 0,005\text{м}$ ;  $h = 0,5$ .

За результатами обчислення маємо залежність середньої дальності відкидання частки ґрунту ножем, яка наведена на рисунку 7.

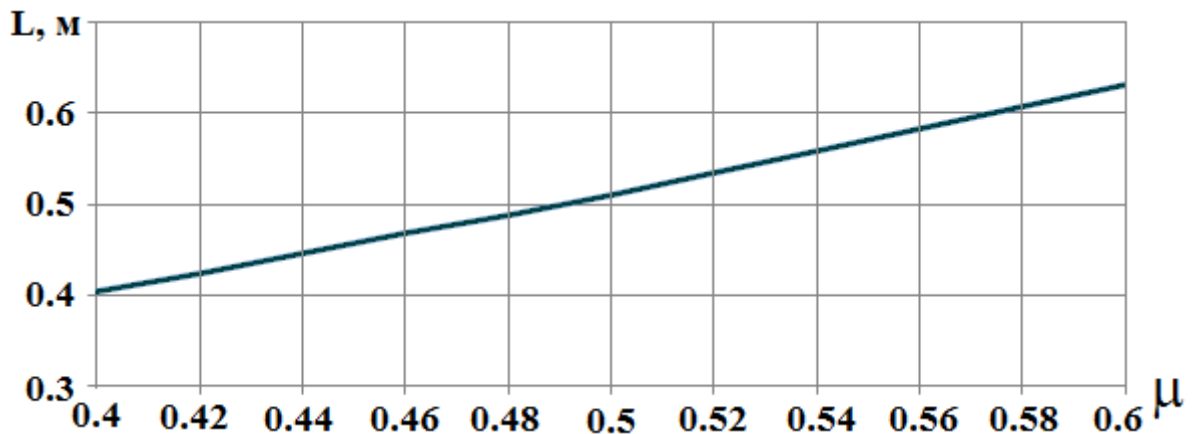


Рис.7. Залежність середньої дальності відкидання частки ґрунту ножем від коефіцієнту тертя  $\mu$ .

З рисунку 7 виходить, що при відносній швидкості частки ґрунту

$v_r = 5,9 \text{ м/с}$  ( $\mu=0,5$ ) середня дальність відкидання частки ґрунту ножем складає 0,51м. З урахуванням того, що ніж рухається по троході, в точці  $C$  якої (рисунк 2) закінчується процес різання ґрунту ножем, а напрямку руху часток ґрунту при виході з ножа займає перпендикулярне положення відносно напрямку руху фрези, то для радіусу ротора  $R = 0,176 \text{ м}$ , швидкості руху фрези  $V_m = 0,7 \text{ м/с}$  і частоті обертання роторів  $\omega = 15,8 \text{ рад/с}$  можна прогнозувати, що розкидання ґрунту за межі обробленої фрезою полоси пристовбурної смуги, яка складає 0,7м не буде перевищувати 0,16 м з кожної сторони полоси.

З метою визначення за рахунок яких сил збільшується відносна швидкість руху  $v_r$  перетворимо рівняння (6) шляхом групування сил за ознакою їх дії на рух частки ґрунту по поверхні ножа (стримуючі і рухомі сили) в вираз:

$$ma = m\omega_1^2 \left[ \mu \left( \frac{2v_r}{\omega_1} - (R - \Delta) \cos \alpha \right) + \left( \frac{R_1 \varphi_2}{(\varphi_2 - \alpha)^2} - (R - \Delta) \sin \alpha \right) \right]. \quad (12)$$

До лівої складової правої частини рівняння (12) увійшли сили, які стримують рух частки ґрунту по поверхні ножа, а до правої складової – сили, які сприяють руху частки ґрунту і, як наслідок, збільшують її відносну швидкість. За рівнянням (12) отримано значення коефіцієнтів стримуючих і рухомих сил при різних  $R_l$  та фіксованому значенні  $\mu=0,5$ , які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнту дії сил  $\xi$  і відносної швидкості частки ґрунту  $v_r$ , при різних  $R_l$  і фіксованому значенні  $\mu=0,5$

Радіус ножа $R_l, \text{м}$	Коефіцієнт дії сил $\xi$		Відносна швидкість частки ґрунту $v_r, \text{м/с}$
	стримуючих	рухомих	
0,107	0,12	0,35	6,1
0,097	0,10	0,33	5,9
0,087	0,08	0,31	5,6

Із даних табл. 1 видно, що при зменшенні радіусу ножа значення відносної швидкості частки ґрунту і коефіцієнту дії сил зменшуються не суттєво. Але, зміна радіуса ножа в сторону збільшення від значення 0,097м зменшує задній кут різання, а в сторону зменшення призводить до накопичення ґрунту в середині полоси, що обробляється. Таке явище є небажаним, тому для експериментальних досліджень з урахуванням результатів обґрунтування параметрів на прямої лінії поверхні ножа його радіус приймаємо рівним 0,097м.

Визначення оптимальних значень кінематичних параметрів фрези, а саме частоти обертання роторів для досягнення такої відносної швидкості часток ґрунту, при якій забезпечується бажана 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. Таким чином, виходячи із меж, які наведені на рисунку 6 для планування експерименту частоту обертання роторів слід приймати в межах від  $2\text{с}^{-1}$  до  $3\text{с}^{-1}$ .

У третьому розділі «**Експериментальні дослідження**» наведено методику і результати проведення лабораторного досліді з визначення змін структурно-агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень під дією води, а також програму, методику і результати польових досліджень модернізованого експериментального зразка фрези МФ-1М.

Оскільки основним призначенням фрези є обробіток ґрунту в пристовбурних смугах з метою збереження його якісних показників, а саме структурно-агрегатного складу, то час прийняття рішень щодо здійснення коригувальних дій механічного впливу на ґрунт є необхідною умовою для досягнення максимального ефекту від застосування фрези. Враховуючи те, що під дією води відбуваються суттєві зміни у ґрунті, а саме в його структурно-агрегатному складі, то виникає необхідність вивчення динаміки таких змін протягом вегетаційних поливів.

*Методика лабораторного досліді.* Дослідженню підлягав ґрунт «чорнозем південний», обсяг якого поділявся згідно з ДСТУ 12536 ситовим мето-

дом на три фракції: перша фракція - частки ґрунту менше 0,25 мм; друга - від 0,25 мм до 10 мм; третя - більше 10 мм. Із наведених фракцій формувався початковий структурно-агрегатний стан ґрунту з коефіцієнтом структурності  $K_{c(n)}$  в п'яти варіантах: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0. По кожному варіанту було підготовлено ґрунт об'ємом 20 дм<sup>3</sup> в трьох повтореннях в окремих судинах. Загальна кількість судин в досліді складала 150 шт.

Вологість ґрунту в судинах кожним поливом (було проведено десять поливів) доводилась до 70%. Після поливу ґрунт із судин кожної повторності висушувався в сушильній шафі з наступним визначенням гранулометричного складу ситовим методом, а коефіцієнт структурності визначався в нормованому вигляді за шкалою від 0 до 1. Для кожного початкового значення коефіцієнта структурності та номеру поливу обчислювалися середні арифметичні значення коефіцієнтів структурності.

*Результати лабораторних досліджень.* Після обробки результатів десяти поливів по кожному варіанту побудовані залежності змін коефіцієнта структурності ґрунту, від кількості поливів, які представлені на рис.8.

Аналіз характеру змін стану в твердій фазі ґрунту під дією води десяти поливів показав, що ґрунт по показнику структурно-агрегатного стану в залежності від початкового значення коефіцієнта структурності змінюється таким чином: при початковому значенні 1,0 відбулося зниження коефіцієнта структурності на 50%, при 0,8 – на 11,3%, при 0,4 – на 45%, при 0,2 – на 50%, а при 0,6 коефіцієнт знижується значно. Із отриманих залежностей виходить, що при усіх значеннях початкового коефіцієнта структурності для збереження структурно-агрегатного стану необхідно для усіх початкових значень коефіцієнту структурності застосовувати механізований обробіток ґрунту після проведення третього або четвертого поливу, а для коефіцієнту із значенням 0,6 після першого поливу.

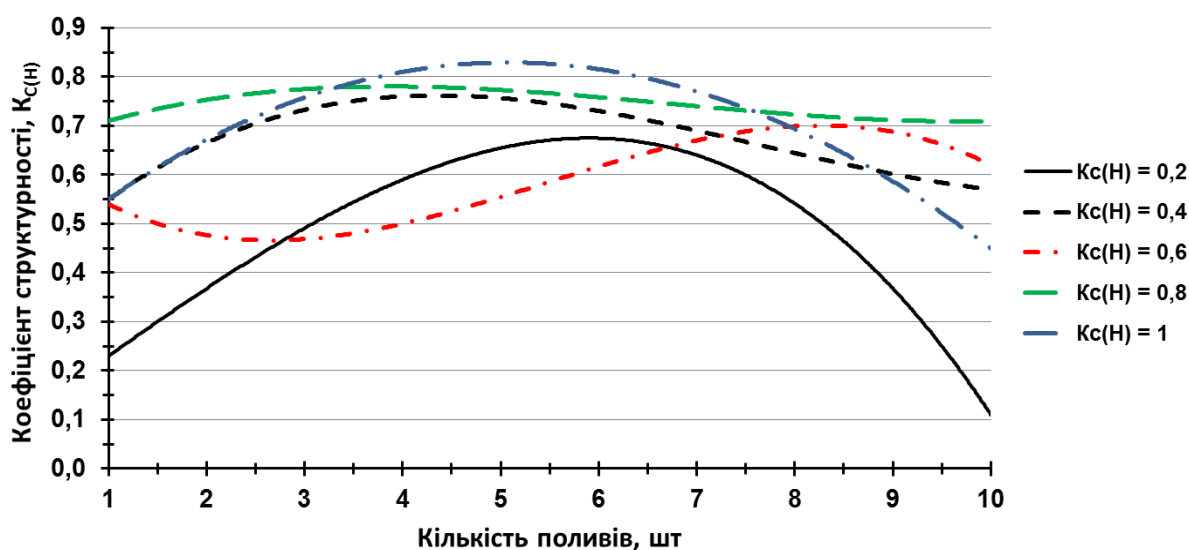


Рис. 8. Зміни коефіцієнту структурності ґрунту  $K_{c(n)}$  в залежності від кількості поливів.

*Польові дослідження.* Програмою польових досліджень було передбачено:



1) виготовлення дослідних зразків роторів для експериментальної фрези МФ-1 з ножами, параметри форми і положення яких обґрунтовані в теоретичних дослідженнях;

2) проведення планованого експерименту з метою оптимізації параметрів роторів і режимів роботи фрези за критеріями:

- якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах за показником «коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту» (основний критерій оптимізації);

- енергоємності приводу роторів за показником «крутний момент на ВВП трактора».

На підставі проведених розрахунків виготовлено два ножових ротори фрезерної машини на заводі з виробництва сільськогосподарської техніки науково - виробничої компанії «Роста» м. Мелітополь (рис. 9).

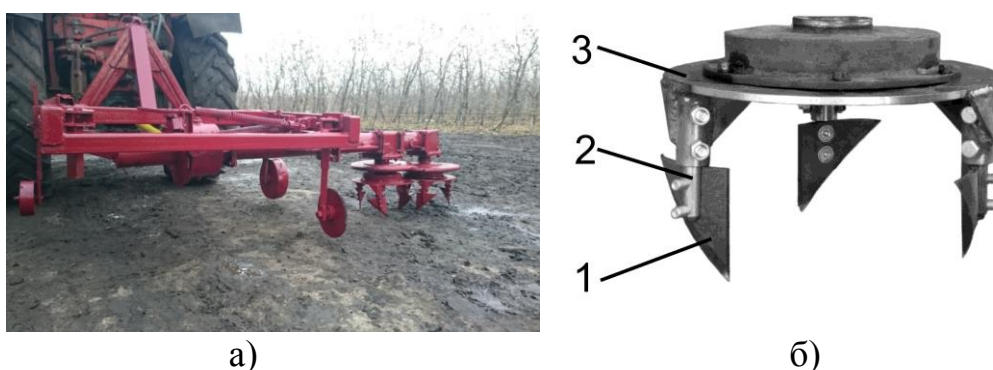


Рис. 9. Загальний вигляд фрези (а) і ножового ротору (б):  
1- ніж; 2 - стійка ножа; 3 - диск ротора.

Для підтвердження результатів теоретичних досліджень та визначення оптимальних параметрів роботи експериментальної фрези були проведені польові дослідження з використанням математичного планування дослідів. За результатами опитування експертів було обрано такі основні фактори впливу на роботу фрези:  $X_1$  – швидкість руху фрези;  $X_2$  – частота обертання роторів;  $X_3$  – глибина обробки ґрунту. Значення рівнів та інтервалів варіювання наведені у табл. 2. Рівні варіювання частоти обертання роторів прийняті на підставі проведених теоретичних досліджень.

Таблиця 2

Значення рівнів та інтервалів варіювання факторів

Фактори (параметри)	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 ґрунту, см, $X_3$	4,64	6	8	10	11,36	2

На підставі проведених дослідів отримано рівняння регресії, які описують процес рихлення ґрунту експериментальними ножами фрези.



Для критерію оптимізації якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах рівняння регресії має вигляд

$$Y_1 = 0,669 - 0,036X_1 + 0,029X_2 + 0,05X_3 - 0,124 X_1^2 - 0,154 X_2^2 - 0,098X_3^2 - 0,0525X_1X_2 + 0,118X_2X_3 - 0,035X_1X_3, \quad (13)$$

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

Для критерію оптимізації енергоємності приводу роторів від ВВП трактора рівняння регресії має вигляд

$$Y_2 = 195,53 + 22,04X_1 - 29,10X_2 + 29,35X_3 + 12,35 X_1^2 + 34,62 X_2^2 + 12,53X_3^2 - 3,38X_1X_2 - 14,13X_2X_3 + 4,13X_1X_3, \quad (14)$$

де  $Y_2$  – крутний момент на ВВП трактора.

В результаті обчислень за допомогою програми Excel було визначено значення незалежних факторів, при яких критерії оптимізації досягають оптимальних значень. Так, за рівнянням (13) максимальне значення коефіцієнту структурно – агрегатного стану ґрунту дорівнювало 0,7 при таких параметрах фрези:

- частоті обертання ротора  $2,7\text{с}^{-1}$ ;
- швидкості руху фрези  $0,65\text{ м/с}$ ;
- глибині обробітку ґрунту  $9\text{ см}$ ,

а за рівнянням (14) мінімальне значення крутного моменту на ВВП трактора склало  $171,84\text{ Нм}$  при частоті обертання ротора  $2,6\text{с}^{-1}$ , швидкості руху агрегату  $0,5\text{ м/с}$  та глибині обробітку  $6\text{ см}$ .

Оскільки основним критерієм оптимізації обрано якість обробітку ґрунту, то приймаємо параметри режиму роботи фрези, які отримано при дослідженні регресійного рівняння (13). Враховуючи те, за регресійним рівнянням (14) отримано мінімальне значення крутного моменту на валу ВВП трактора за іншими параметрами режиму роботи фрези, то після підстановки значень незалежних факторів в кодованому вигляді в рівняння (13) отримуємо крутний момент рівний  $175,8\text{ Нм}$  за прийнятими параметрами роботи фрези з експериментальними ножами. Коефіцієнт варіації дослідних даних знаходився в межах від 25% до 45%, а похибка – від 2,5% до 4,5%.

**В четвертому розділі** було проведено науково – виробничу перевірку фрези з розробленими робочими органами МФ-1М у складі з трактором ЮМЗ-6 в насадженнях абрикосу, черешні і яблуні ТОВ «Лана» Михайлівського району Запорізької області (рис. 10).



Рис.10. Обробіток ґрунту в пристовбурній смузі фрези МФ-1М з експериментальними робочими органами.

Метою перевірки було передбачено проведення агротехнічної оцінки роботи фрези та оцінки її надійності за показником «середнє напрацювання на технічну відмову».

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

Параметри фрези і якість її роботи характеризувались за такими показниками: швидкість руху фрези; ширина і глибина обробітку пристовбурної смуги; структурно-агрегатний стан ґрунту; щільність ґрунту; ступінь подрібнення рослинних решток;

За результатами перевірки при швидкості фрези, яка коливалась в межах від 0,5 м/с до 0,7 м/с встановлено, що:

- кількість середньої фракції ґрунту (розмір агрегатів від 0,25 мм до 10 мм) до обробітку не перевищувало 0,51, а після обробітку фрезою становила 0,7. При цьому, щільність ґрунту зменшилась на 76,4% і становила 0,65 г/см<sup>3</sup>;
- полоса пристовбурної смуги, що оброблялась фрезою в середньому збільшувалась на 14 см з однієї сторони (за теоретичними розрахунками 16 см);
- середнє напрацювання на технічну відмову досягало 500 мото-год., а за нормативними вимогами - цей показник має бути не нижче 150 мото-год.

Економічна ефективність фрезерної машини МФ-1М визначалась ступенем поліпшення кінцевих показників сільськогосподарського виробництва. За проведеними розрахунками фрезерна машина з розробленими робочими органами для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень за рахунок зменшення прямих експлуатаційних витрат дозволяє на кожному гектарі оброблюваної площі заощадити не менше 226 грн. в порівнянні з фрезою ФА-0,76, або 36612 грн./рік при сезонному навантаженні 162 га.

## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу технологій і засобів механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень, а також проведених теоретичних і експериментальних досліджень процесу обробітку ґрунту обґрунтовано конструктивно - технологічну схему фрези з обертанням робочих органів на-

вколо вертикальної осі, параметри робочих органів і режим роботи фрези, які сприяють поліпшенню якості ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень інтенсивного типу і зменшенню енерговитрат.

За результатами досліджень зроблені такі висновки:

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

2. На підставі даних технічної літератури та інших інформаційних джерел визначено, що експериментальний зразок фрези 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 плодових дерев.

3. На підставі математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту, 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 0,097 м і максимальною довжиною дуги  $CF$  рівною 0,114 м при радіусі роторів 0,176 м їх кутовій швидкості 15,8 рад/с.

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

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

- для забезпечення найкращої якості обробітку ґрунту швидкість руху частинок ґрунту  $Vr$  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  $3\text{с}^{-1}$ .

4. Встановлено закономірності змін в агрегатно-структурному складі ґрунту під впливом вегетаційних поливів і доведено, що незалежно від початкового значення коефіцієнта структурності ґрунту для збереження його структурно-агрегатного стану необхідно застосовувати механізований обробіток ґрунту після проведення третього або четвертого поливу, а для початкового коефіцієнту 0,6 - після першого поливу.

5. Лабораторно-польовими дослідженнями експериментального зразка фрези МФ-1М установлено, що максимальне значення коефіцієнту структурності ґрунту 0,7, який відповідає оцінці «добрий» запропонованими ножами досягається при частоті обертання роторів  $2,7\text{с}^{-1}$ , швидкості руху тракторного агрегату 0,65 м/с та глибині обробітку до 9 см. При цьому значення крутного моменту дорівнює 175,8 Н м, що у 5 разів менше ніж у фрези МФ-1. Коефіцієнт варіації дослідних даних знаходився в межах від 25% до 45%, а похибка – від 2,5% до 4,5%.

б. За результатами науково-виробничої перевірки фрези МФ-1М, швидкість якої знаходилась в межах від 0,5 м/с до 0,7 м/с встановлено, що:

- кількість середньої фракції ґрунту в пристовбурній смузі (розмір ґрунтових агрегатів від 0,25 мм до 10 мм) до обробітку ґрунту в середньому складала 0,51, а після обробітку фрезою дорівнювало 0,70. При цьому щільність ґрунту зменшилась на 76,4% і становила 0,65 г/см<sup>3</sup>;

- полоса, яка оброблялась збільшувалась з однієї сторони в середньому на 14 см (за теоретичними розрахунками 16 см), що не перевищує значень нормативних вимог;

- знищення бур'янів досягало 90% при щільності рослин 100 -120 шт. на 1 м<sup>2</sup> з видаленням їх кореневої системи;

- заселення гризунами насаджень, пристовбурні смуги які були оброблені фрезою знизилось в три рази і не перевищувало 2 норі на 10 м<sup>2</sup>;

- середнє напрацювання фрези на технічну відмову досягало 500 мото-год., що перевищувало вимоги нормативної документації в 3 рази.

7. Застосування модернізованого зразка фрезерної машини МФ-1М з запропонованими робочими органами надає можливість за рахунок зменшення прямих експлуатаційних витрат заощадити на кожному гектарі оброблюваної площі не менше 226 грн. в порівнянні з базовим зразком, або 36612 грн./рік при сезонному навантаженні 162 га.

## СПИСОК

### опублікованих наукових праць за темою дисертації

*Статті у наукових фахових виданнях:*

1. 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.

2. 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.

3. 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>.

*Статті у закордонних виданнях та виданнях включених у наукометричні бази:*

4. Мінько С.А. Результаты полевых испытаний фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений / С.А. Мінько // Информационно-технический вестник. Финансово-технологический университет. – Королев.- № 2 (04) – 2015. – С. 111-114.

5. Дідур В.А. Изменение агрегатного состава почвы в приствольных полосах сада под воздействием капельного орошения / В.А. Дідур, О.Г. Караєв, С.А. Мінько // Імпортозамінні технології вирощування продукції садівництва та рослинництва: матеріали Міжнародної науково практичної конфе-

ренції (Умань, 2015 р.). – Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти: Херсон: ОЛДІ – Плюс, 2015. – С.210-217;

*Патенти:*

6. О.Г. Караєв, Дідур В.А., С.А.Мінько Патент на корисну модель № 108125 U «Фрезерна машина для обробітку ґрунту». – Бюл. 13 від 11.07.16

*Статті в інших виданнях:*

7. Мінько С.А. Результати досліджень механізованого обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень // Природне агровиробництво в Україні: проблеми становлення, перспективи розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 22 - 23 жовтня 2015 р.). – Дніпропетровськ: РВВ ДДАЕУ, 2015. — С. 69 - 70.

## АНОТАЦІЯ

**Мінько С.А. Обґрунтування параметрів робочих органів фрези для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, 2017.

Дослідження дисертаційної роботи спрямовані на підвищення якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень шляхом створення оптимального агрегатно-структурного складу ґрунту фрезерною машиною з вертикальною віссю обертання робочих органів за рахунок обґрунтування їх оптимальних геометричних параметрів і режиму роботи машини.

Якість ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень за показником агрегатно-структурного складу може суттєво змінюватись під дією води із систем зрошення і механізованого обробітку. Доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту (коефіцієнт 0,6 – 0,8) необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які обертаються навколо вертикальної осі і мають криволінійну поверхню; встановлено, що робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра, у якого ординати напрямної збільшуються від траєкторії руху ріжучої крайки ножа за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання ( $\gamma=10^\circ$ ); розраховано, що на ножах з такою поверхнею, виникають рухомі сили, які є більшими за стримуючі сили і відносна швидкість ґрунту по поверхні ножа стає більшою ніж його окружна швидкість, а це, в свою чергу, сприяє підвищенню рихлення ґрунту; показано, що для збереження структурно-агрегатного стану ґрунту при застосуванні десяти вегетаційних поливів необхідно здійснювати механізований обробіток ґрунту фрезерною машиною з розробленими робочими органами після проведення третього або четвертого поливу, а для ґрунту з початковим значенням коефіцієнту структурності 0,6 – після першого. Результати досліджень упроваджені в технологіях вирощування абрикосу, черешні і яблуні при утриманні ґрунту під «чорним паром», що сприяло заощадженню на кожному гектарі оброблюваної площі не менше 226 грн.

**Ключові слова:** фрезерна машина, ротори, ножі, обробіток ґрунту, плодові насадження, пристовбурні смуги, родючість ґрунту, структурно-агрегатний склад ґрунту.

## АННОТАЦІЯ

**Минько С.А. Обоснование параметров рабочих органов фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства сельскохозяйственного производства. Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, 2017.

Исследования диссертационной работы направлены на повышения качества обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений путем создания оптимального структурно-агрегатного состава почвы фрезерной машиной с вертикальной осью вращения рабочих органов за счет обоснования их оптимальных геометрических параметров и режима работы машины.

Анализ способов содержания почвы в приствольных полосах плодовых насаждений показал, что полное исключение обработки почвы в приствольных полосах сада (содержание почвы под многолетними травами) затрудняет внесение минеральных удобрений, способствует появлению грызунов и приводит к избыточному расходу поливной воды. Установлено, что в южной степи Украины наиболее целесообразна комбинированная система содержания почвы в саду – междурядья под многолетними травами, приствольных полос под «черным паром», а механическое воздействие на почву в приствольной полосе позволяет создать необходимый агрегатный состав, который относится к одному из основных агрофизических показателей плодородия почвы. Согласно ДСТУ 4362 почва имеет хорошее структурное состояние, если содержание в ней агрегатов от 0,25мм до 10мм находится в количестве от 60% до 80%, что способствует формированию оптимального водного и воздушного режимов почвы. Такого эффекта можно добиться обработкой почвы в приствольной полосе сада фрезой МФ-1 с вертикальной осью вращения рабочих органов (далее – ножи) при условии изменения их конструктивных параметров.

Обоснованы параметры формы и положения ножей. Так, при радиусе ротора 0,176м их угловой скорости 15,8 рад/с и скорости агрегата 0,7 м/с, ножи должны иметь криволинейную линейчатую поверхность в виде прямого кругового цилиндра с направляющей радиусом 0,097м длиной 0,117м и с задним углом резания  $\gamma = 10^{\circ}$ .

Получена математическая модель расчета относительной скорости частицы почвы по криволинейной поверхности ножа, при помощи которой установлено, что скорость частицы на выходе с ножа в два раза превышает его линейную скорость и увеличивается линейно в зависимости от коэффициента трения. На основании полученных зависимостей установлено, что для планирования эксперимента частота вращения роторов должна находиться в интервале от 2 с<sup>-1</sup> до 3 с<sup>-1</sup>.

По результатам теоретических исследований модернизирована фреза МФ-1 и проведены экспериментальные исследования и производственная проверка. Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальное качество обработки почвы (коэффициент структурности  $K_{с(н)} = 0,7$ ) достигается при частоте вращения ротора  $2,7\text{с}^{-1}$ , скорости движения агрегата  $0,7\text{ м/с}$  и глубине обработки  $9\text{ см}$ . Основные результаты работы внедрены в ООО «Лана» (Михайловский район, Запорожской обл.). Применение модернизированного экспериментального образца фрезерной машины МФ – 1М за счет снижения прямых эксплуатационных затрат позволило сэкономить на каждом гектаре обрабатываемой площади не менее  $226\text{ грн}$ . в сравнении с базовым образцом  $36612\text{ грн/год}$  при сезонной нагрузке  $162\text{ га}$ .

### ANNOTATION

Min'ko S.A. Milling cutter operating parts substantiation for tilling at the tree trunk strips of fruit plantations. – As a Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences. Specialty 05.05.11 – machines and means of farm production mechanization.- Tavria State Agro-technological University, Melitopol, 2017.

Dissertation research refers to increasing the quality and energy consumption decreasing while tilling in tree trunk strips of fruit plantations by means of creating of optimal aggregative and structural soil composition by the slicer with vertical axis of operation parts rotation at the expense of their optimal geometrical parameters and machine operating conditions substantiation.

The soil quality at the tree trunk trips of fruit plantations according to the aggregative and structural soil composition index may change dramatically under the influence of water from irrigating system as well as mechanized tilling. It has been proven that for making optimal structural and aggregative soil composition (coefficient  $0,6-0,8$ ) it is necessary to introduce the cutter operating parts in the form of slices rotating around the vertical axis and having curvilinear surface; it has been determined that the working surface of the slicer should be of linear type as the right circular cylinder with the guide ordinates being increased from the cutting edge moving trajectory of the cutter under the linear law and is being determined by the value of back cutting angle ( $\gamma=10^\circ$ ); it has been derived that the slicers having such a surface the moving forces arise, these forces are greater than restraining forces and the rate of soil on the surface of the slicer becomes greater than peripheral speed and thus, in its turn, promotes soil loosening; it has been shown that for structural and aggregative soil composition keeping when applying ten vegetation watering the mechanized soil tilling by milling machine with specially worked out operating parts is needed to be conducted after the third and fourth watering, while for soil with initial value of its structural factor of  $0,6$  – after the seventh watering only.

The results of the research have been implemented in the technologies for apricot, cherry and apple trees growing at the tree trunk strips under «fallow land» which contributed to savings at every hectare of tilled area not less than  $226\text{ UAH}$ .

**Key words:** cuttingcutter, rotors, slicers, soil tilling, fruit plantations, tree trunk strips, soil fertility, aggregate and structural soil composition.

Підписано до друку «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р. Зам. № 227  
Формат паперу 60×84×1/16. Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.  
Віддруковано у Таврійському державному  
агротехнологічному університеті  
Адреса: 72310, Запорізька область, м. Мелітополь,  
пр-т Б. Хмельницького, 18