

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Хоменко Костянтин Борисович

УДК 631.5

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення комплексу машин для виробництва
яблук з модернізацією фрези ФПШ-200**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Хоменко К.Б.

Керівник роботи

Журавльов В.П.

д.ф.-м.н., професор

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Хоменко Костянтин Борисович. Удосконалення комплексу машин для виробництва яблук з модернізацією фрези ФПШ-200. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

У технологічному процесі виробництва плодів важливе значення має ґрунт як середовище існування кореневої системи плодових і джерело забезпечення їх водою, елементами живлення, киснем, саме тому міжрядний обробіток ґрунту є дуже важливим фактором в підвищенні врожайності яблуневого саду. Найперспективнішим обробітком міжрядь є розпушування ґрунту садовими фрезами.

В роботі у результаті проведених інженерних розрахунків встановлено раціональні значення основних конструктивних параметрів і режимів роботи фрези, що мають найбільший вплив на якість роботи фрезерного робочого органа.

Для кращого розвитку кореневої системи яблунь, вирівнювання ґрунту, знищення польових бур'янів планується використовувати модернізовану фрезу ФПШ-200 для обробки міжрядь у саду. Розраховані основні параметри фрези та розроблена операційно-технологічна карта фрезерування.

В проекті обґрунтована операційна технологія міжрядного обробітку ґрунту в садах агрегатом у складі трактора ЮМЗ-6Л та фрези ФПШ-200.

Ключові слова: фреза, ґрунт, міжрядний обробіток, яблуневий сад, машина.

ANNOTATION

Khomenko Konstantin Borisovich. Improvement of a complex of machines for apple production with modernization of the cutter. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the technological process of fruit production, soil is important as a habitat for the root system of fruit trees and a source of water, nutrients, and oxygen, which is why inter-row tillage is a very important factor in increasing the yield of an apple orchard. The most promising inter-row tillage is loosening the soil with garden tillage machines.

In this work, as a result of engineering calculations, rational values of the main design parameters and operating modes of the cutter that have the greatest impact on the quality of the milling working body were established.

To improve the development of the root system of apple trees, level the soil, and destroy field weeds, it is planned to use the modernized ФПШ-200 tiller for processing row spacing in the orchard. The main parameters of the cutter were calculated and an operational and technological map for milling was developed.

The project substantiates the operational technology of inter-row tillage in orchards with a unit consisting of a ЮМЗ-6Л tractor and a ФПШ-200 milling cutter.

Keywords: milling cutter, soil, inter-row tillage, apple orchard, machine.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ І СЕЛЕКЦІЇ ЯБЛУК ТА ОСОБЛИВОСТІ УТРИМАННЯ ҐРУНТУ В МІЖРЯДДЯХ САДІВ.....	7
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ РУХУ ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ.....	15
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ФРЕЗИ ФПШ-200.....	23
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28

ВСТУП

Актуальність дослідження. Садівництво є найважливішою галуззю сільськогосподарського виробництва. За даними FAOSTAT у світі вирощують близько 100 промислових плодових, ягідних і горіхоплідних культур. Серед плодових найпоширенішими культурами є кава, оливка, яблуня, груша, фінікова пальма, банан тощо.

Завдяки різноманіттю сортів, яблуню можна вирощувати в різних кліматичних умовах. У зоні помірному клімату найпоширенішими є яблуня і груша, персик і абрикос. В Україні за валовим збором переважає яблуня. Площі обробітку становлять понад 100000 га. Світова площа її вирощування перевищує 4 млн. га.

Ефективність галузі садівництва значною мірою залежить від абіотичних чинників зовнішнього середовища (посухи, низькі критичні температури, відлиги, весняні заморозки, короткий вегетаційний період). Сучасні вимоги до сортів яблуні дуже високі. Необхідність використання інтенсивних насаджень вимагає добору сортів яблуні, які легко пристосовуються до зміни погодних умов, з компактною кроною дерева, що дасть змогу знизити витрати на догляд, формування та знімання плодів. Плоди нових сортів повинні мати високі товарні якості: великий розмір, привабливий зовнішній вигляд, десертний смак, які будуть користуватися великим попитом у споживача. Крім того, сорти мають бути стійкими до хвороб і шкідників, придатні до механізованого збирання. Дотримання цих умов допоможе отримувати високоякісну продукцію і поліпшити екологічну обстановку в саду. Внаслідок цього забезпечується висока і стабільна врожайність, що є важливим показником для збільшення економічної ефективності вирощування яблуні.

Мета роботи – удосконалення комплексу машин для виробництва яблук модернізацією ґрунтообробної фрези ФПШ-200.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- аналіз та оцінка існуючих технологій вирощування яблук;
- обґрунтування основних параметрів машини для фрезерування міжрядь яблуневих садів.

Об'єкт дослідження: об'єктом досліджень є процес фрезерування міжрядь яблуневих садів.

Предмет дослідження: закономірності впливу параметрів робочих поверхонь фрези на якість виконання технологічної операції.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Журавльов В. П., Хоменко К. Б. Технології вирощування яблунь. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 132-135.

2. Журавльов В.П., Хоменко К.Б. Розробка енергозберігаючого технічного засобу для обробітку ґрунту в міжряддях садів одночасно з пристовбурною зоною двох рядів. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє модернізована конструкція ґрунтообробної фрези для обробітку міжрядь яблуневих садів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 13 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 29 сторінок комп'ютерного тексту, містить 8 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ І СЕЛЕКЦІЇ ЯБЛУК ТА ОСОБЛИВОСТІ УТРИМАННЯ ҐРУНТУ В МІЖРЯДДЯХ САДІВ

Яблуна поширена плодова культура. Вона посідає третє місце у світі після кави та маслини. Світова площа її обробітку нині перевищує 4 млн. га. За останні 20 років валовий збір яблук у світі значно зріс з 59 до 90 млн.т. При цьому кількість оброблюваних площ знизилася з 5,4 до 4,8 млн. га (рис. 1.1).

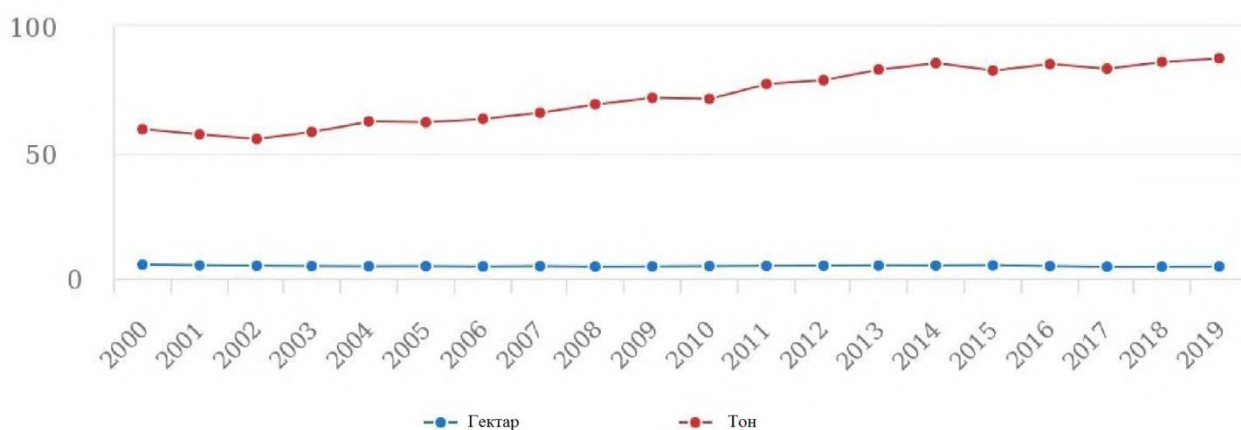


Рис. 1.1. Світова статистика площ вирощування та валового збору яблук (2000-2019 рр.).

Таке стрімке збільшення валового збору, за зменшення кількості площ, досягалося за рахунок оптимізації технологій та виведення нових сортів, підщеп та форм, завдяки успіхам селекціонерів.

Перше місце з виробництва яблук у світі за останні 20 років посідає Азія – 61,7%. Друге місце Європа – 24,1%. Третє місце посідає Америка – 11,9%. Четверте – Африка – 2,2%. П'яте – Океанія – 1,1%. Згідно зі статистичними даними ці регіони виробляють 60% від світового валового збору. Найінтенсивніший приріст урожайності спостерігався в таких регіонах, як Америка та Азія.

Серед країн основними постачальниками яблук на світовий ринок є Китай, США, Туреччина, Польща, Іран, Італія, Індія, Франція, Чилі. Лідуюче

становище з виробництва яблук належить Китаю. На сьогоднішній день ця країна виробляє практично половину валового збору яблуні, що становить 39,3 з 87,1 млн. т., другі США – 4,7 млн. т, Польща посідає третє місце – 4 млн. т.

Країни, в яких сади закладені під інтенсивні технології вирощування, демонструють високу врожайність, яка в середньому становить близько 50 т/га (Італія, Франція, Німеччина). Україна поки ще на початковому етапі розвитку, і не демонструє високі показники врожайності через низьку частку товарного яблука в загальному обсязі виробництва (менш як 50%), але, тим не менш, врожайність останніми роками зростає. За площі посадки садів у 445 тис. га у 2000 р. врожайність становила 4,1 т/га, тоді як уже у 2018 р. за площі 207 тис. га врожайність зросла до 9 т/га (рис. 4). Таким чином, за істотного зниження площі садів валовий збір яблук збільшився.

До найперспективніших напрямів світової науки в селекції яблуні можна віднести:

- виведення нових сортів, імунних до парші (найбільшого успіху тут домоглися США, Росія, Німеччина та Чехія);
- виведення триплоїдних сортів (за цього досягається збільшення маси плода, регулярність плодоношення, хороша самоплідність);
- виведення колонновидних сортів (використовуються в садах суперінтенсивного типу, вирізняються швидкоплідністю, високим рівнем самоплідності, стійкістю до багатьох захворювань та одержання більших урожаїв з одиниці площі);
- виведення сортів, які поєднували б у собі кілька перерахованих вище пунктів (імунітет до парші, колонновидність, триплоїдність);
- генетична інженерія в селекційних процесах яблуні (генетично модифікований матеріал використовується для виведення сортів стійких до вірусних та ін. захворювань, а також до шкідників і шкідників, які можуть спричинити захворювань, а також до шкідників).

Наблизитися до інтенсивного вирощування насаджень яблуні ми можемо, отримавши ідеальний сорт для необхідної кліматичної зони.

У технологічному процесі виробництва плодів важливе значення має ґрунт як середовище існування кореневої системи плодових і джерело забезпечення їх водою, елементами живлення, киснем.

На якість ґрунту впливає технологія догляду за ним.

Володіючи певними властивостями, які в сукупності складають його родючість, ґрунт через коріння впливає на фізіологічні процеси плодових культур. Таким чином, створюється система: технологія - ґрунт - плодіві рослини - урожай та його якість. У цій системі роль технології полягає не тільки в тому, щоб через ґрунт досягти високої продуктивності плодових насаджень, а й зберегти або поліпшити його родючість. Це досягається застосуванням відповідної системи утримання та обробітку ґрунту.

Системою утримання ґрунту в саду називається спосіб утримання міжрядь і пристовбурних смуг, за якого ґрунт постійно обробляють різними сільськогосподарськими знаряддями або займають трав'янистими рослинами.

Система утримання ґрунту в насадженнях встановлюється залежно від їхньої конструкції, ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу, віку дерев, зрошення, організаційно-економічних умов господарства.

За найважливішим критерієм родючості - балансом органічної речовини в ґрунті - розрізняють такі системи: парову (вміст органічної речовини в ґрунті прогресивно зменшується); паросидеральну (розкладання і відновлення органічної речовини врівноважені); дерново-перегнійну або інтенсивне залуження (йде накопичення органічної речовини).

Перед системою утримання та обробітку ґрунту в садах ставлять такі завдання:

1. Забезпечення плодового дерева вологою. При цьому треба враховувати, що найбільше вологи деревам необхідно навесні і в першій половині літа. Це зумовлено інтенсивним ростом пагонів, листя, плодів.

Надмірна вологість ґрунту в другій половині літа і восени може бути шкідливою, бо вона перешкоджатиме нормальному завершенню росту пагонів і своєчасній підготовці дерев до зими. Нестача вологи в ґрунті в цей період також призводить до пошкодження дерев взимку.

2. Забезпечення дерев поживними речовинами шляхом внесення добрива та стимулювання біологічних процесів у ґрунті. При цьому необхідно враховувати особливості виносу поживних речовин деревами в окремі періоди вегетації.

3. Забезпечення ґрунту повітрям, необхідним для нормального розвитку коренів і життєдіяльності мікроорганізмів ґрунту.

4. Захист ґрунту від водної та вітрової ерозії, зменшення витрат з догляду за ґрунтом.

5. Невід'ємними завданнями є регулювання температури ґрунту, боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами плодових рослин.

Парова система утримання ґрунту (чорний пар).

ґрунт у міжряддях і пристовбурних смугах постійно утримують під паром у пухкому й чистому від бур'янів стані. За такої системи утримання ґрунту обробіток міжрядь складається з оранки, боронування, культивації, фрезерування.

Восени, після збирання врожаю, міжряддя орють у садах на насінневих підщепах на глибину 18 -20 см, на вегетативно розмножуваних підщепах - 15-16 см. На ґрунтах легкого механічного складу замість оранки плугом застосовують дискові борони різних марок на глибину 14-16 см. В інтенсивних садах ґрунт восени обробляють розпушувачем ПРВН-2,5А з пристосуванням ПРВН-72000 або фрезою.

Для боротьби з бур'янами протягом вегетації ґрунт розпушують культиваторами, дисковими боронами, фрезами. Навесні ґрунт обробляють на глибину 10-12 см культиваторами з висувними секціями для розпушування пристовбурних смуг. Наступні культивації або дискування проводять на глибину

7-8 см. За появи багаторічних коренепаросткових бур'янів глибину обробітку збільшують до 10-12 см. Це сприяє також розпушенню ущільненого шару ґрунту. На ґрунтах середнього та важкого механічного складу ефективно знищення бур'янів і розпушення поверхневого шару досягається за допомогою фрези. Число розпушувальних операцій визначають за ступенем засміченості ґрунту, частотою випадання опадів, ґрунтовими умовами.

Переваги системи: накопичення й економне витрачання вологи на випаровування через поліпшення водопроникності та зниження загальної капілярності; поліпшення повітряного режиму внаслідок підвищення аерації ґрунту; знищення бур'янів, збудників хвороб і шкідників; забезпечення оптимальних умов для життєдіяльності аеробних мікроорганізмів, що посилюють процеси нітрифікації, а це призводить до покращання азотного живлення; покращання забезпеченості плодівих дерев рухомими формами фосфору й обмінного калію; покращання водного та поживного режиму ґрунтів, а також поліпшення їхнього стану.

Недоліки: зниження рівня родючості ґрунту через руйнування органічної речовини внаслідок активізації мікробіологічної діяльності; посилення процесів водної ерозії на схилах за будь-якої крутизни; руйнування структури ґрунту під впливом оброблювальних знарядь, опадів (особливо зливового характеру); ущільнення ґрунту в місцях постійного руху машин та знарядь; підвищення ступеня пошкодження плодів і скорочення строків їхнього довготривалого зберігання; збільшення глибини промерзання ґрунту; після випадання опадів затримуються проведення обприскувань.

На основі аналізу переваг і недоліків парової системи можна зробити висновок, що ґрунт під чорним паром доцільно утримувати на рівнинних ділянках за умов недостатнього зволоження або відсутності зрошення. Тому в південній зоні садівництва, де всі прийоми агротехніки мають бути спрямовані на накопичення та збереження вологи в ґрунті, чорний пар є важливою ланкою

системи утримання ґрунту. Крім того, в молодих садах у перші два-три роки незалежно від зони рекомендується ґрунт утримувати за типом парової системи.

Паро-сидеральна система утримання ґрунту. Паро-сидеральною системою утримання ґрунту передбачено поєднання чорного пару з висіванням і заорюванням на удобрення однорічних трав (сидератів) протягом року. Сидеральні трави висівають у ті самі строки, що і ярі або озимі культури в даній зоні.

В умовах України в районах із ГТК 1,1-1,2 набули поширення такі озимі сидерати: зимуючий горох, чина, горох, фацелія, гірчиця, жито, вико-вівсяна суміш. Насіння висівають у середину міжрядь сівалками СЗТ-3,6, ХСТ-3,6, СЗС-2,1 та ін. смугою завширшки, що становить близько половини відстані між рядами дерев. Глибина загортання дрібнонасіневих трав має бути 2-3 см, інших трав - 4-6 см.

Норми висіву насіння (кг/га): гірчиці - 20-25, фацелії - 15-20, зимуючого гороху - 200-210, чини - 200-220, жита - 120-180, вики - 100-120 + вівса 50-60. Для поліпшення росту рослин перед посівною культивуацією вносять азотні добрива з розрахунку - 45-60 кг/га д. р.

Озимі сидерати заорюють у фазу бутонізації. Тому рослини попередньо прикочують котками або подрібнюють косаркою ІКС-3 (переобладнаною косаркою КІР-1,5).

Паро-сидеральну систему утримання ґрунту застосовують у саду періодично (один раз на 3 роки) у кожному міжрядді або через міжряддя, чергуючи в них посів трав за роками.

Переваги паро-сидеральної системи: створення оптимальних умов навесні та в першу половину літа для росту плодкових дерев, поліпшення його структури, поповнення запасів органічних речовин, запобігання ерозії влітку та восени. У другу половину літа сидерати сприяють оптимізації фізіологічних процесів підготовки дерев до зими: підвищення зимостійкості дерев (краще визріває деревина), поліпшення забарвлення плодів.

Недоліки: додаткові витрати, підвищення потреби плодкових культур у поливі та елементах живлення; ускладнений доступ у сад для догляду за деревами.

Дерново-перегнійна система утримання ґрунту є інтенсивним способом задерніння, за якого ґрунт у саду утримують під багаторічними травами з частим їхнім скошуванням, подрібненням і залишенням на місці як мульчувального шару. Як затримувачі можна використовувати природно зростаючі або сіяні трави.

Для посіву використовують районовані трави з дрібнозалегаючою і порівняно невеликою кореневою системою: тонконіг лучний, кострицю лучну, райграс, тимофіївку лучну, стоколос, грястицю збірну, лисохвіст лучний (норма висіву насіння 15-20 кг/га). Гарне задерніння створюють суміші з двох компонентів, наприклад суміш тонконога з кострицею.

Трави протягом вегетації скошують 4...6 разів при досягненні висоти 15...20 см, подрібнюють і залишають на місці для утворення мульчі. Багаторазове скошування трав на 60...75% обмежує ріст їхнього коріння, завдяки чому вони використовують вологу головним чином поверхневого шару, що запобігає або послаблює їхню конкуренцію з корінням плодкових рослин за вологу й азот. У пристовбурних смугах ґрунт утримують під чорним паром. Для боротьби з бур'янами його обробляють фрезами або використовують гербіциди.

Переваги системи: підвищення вмісту гумусу без додаткового внесення органічних добрив (за рахунок утворення трав'яної мульчі та корневих решток); ослаблення водної ерозії ґрунту; унеможливлення обробітку ґрунтообробними знаряддями та пов'язаного з цим ущільнення й руйнування структури ґрунту, ушкодження штаблів і коренів; стабілізація водного і температурного режимів під покривом трав'яної мульчі; збільшення в ґрунті кількості корисної фауни; збільшення сумарної довжини обростаючого коріння у верхньому шарі ґрунту (0...40 см); поліпшення забарвлення плодів, підвищення щільності їхньої шкірочки і м'якоті, подовження періоду зберігання; поліпшення умов роботи.

Недоліки: погіршення умов вологозабезпеченості плодкових дерев у зоні недостатнього зволоження; поширення гризунів; погіршення азотного живлення дерев у перші роки вирощування трав.

Треба сказати, що переваг у цієї системи утримання ґрунту більше, ніж недоліків.

Пріоритетним завданням сучасного садівництва є організація його сталого розвитку, що передбачає стабільне ведення галузі без руйнування природної основи. Його розв'язання пов'язане зі створенням ефективно функціонуючих багаторічних насаджень, що забезпечують одержання досить високих і регулярних урожаїв якісних плодів.

На регулярність плодоношення рослин, як відомо, істотний вплив чинять ступінь стійкості використовуваних помологічних сортів до основних абіотичних стресорів конкретних територій і особливості агротехніки їх вирощування. До числа стрес-факторів, які доволі часто відзначаються в Україні і чинять негативний вплив на формування врожаю і якості плодів, належать посуха і підвищена температура повітря в літній період. Водночас вибір оптимальної системи утримання ґрунту в міжряддях - найважливіший фактор регулювання процесів життєдіяльності дерев у плодкових насадженнях, що визначають їхню продуктивність.

Висновки по розділу

У технологічному процесі виробництва плодів важливе значення має ґрунт як середовище існування кореневої системи плодкових і джерело забезпечення їх водою, елементами живлення, киснем, саме тому міжрядний обробіток ґрунту є дуже важливим фактором в підвищенні врожайності яблуневого саду. Найперспективнішим обробітком міжрядь є розпушування ґрунту садовими фрезами.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ РУХУ ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

Якісний обробіток міжрядь і пристовбурних смуг є найважливішим елементом, що забезпечує підвищення продуктивності плодкових насаджень. Він здійснюється дискуванням. Найбільшого поширення набули машини з пасивними робочими органами, що забезпечують задовільну якість розпушування лише за стиглого стану ґрунту. У разі ж обробітку ґрунтів із низькою вологістю необхідної якості розпушування ґрунту досягти не вдається. У результаті такого обробітку ґрунту утворюються брили, знижується глибина дискування тощо.

Наслідком цього є інтенсивне випаровування ґрунтової вологи, погіршуються умови для розвитку плодкових культур.

Зазначені недоліки можна усунути шляхом застосування фрезерних робочих органів.

Ефективність розпушування ґрунту головним чином визначається геометричною формою робочих органів.

У процесі прямолінійного та рівномірного руху машини зі швидкістю V_{Π} і рівномірного обертання фрези з кутовою швидкістю ω_{ϕ} (рис. 2.1) точки ножа описують траєкторію у вигляді циклоїди.

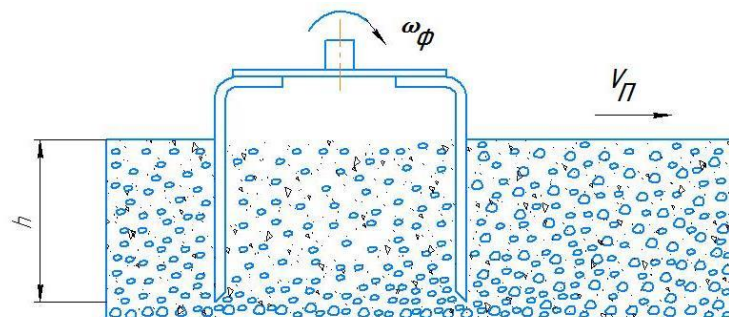


Рис. 2.1. Технологічний процес роботи фрези

Найбільш віддалені від осі обертання фрези точки ножа здійснюють рух відповідно до рівняння (у параметричній формі):

$$\begin{cases} X = V_{II}t + r_H \cos(\omega_\phi t) \\ Y = r_H [1 - \sin(\omega_\phi t)] \end{cases} \quad (2.1)$$

де t – час, с; r_H – радіус ножа фрези, м; ω_ϕ – кутова швидкість обертання робочого органу, с⁻¹.

Виключивши з цих рівнянь час, отримаємо рівняння руху ножа:

$$Y = r_H - r_H \sin(\omega_\phi t). \quad (2.2)$$

Після деяких перетворень із виразу (2.2) отримаємо:

$$t = \frac{1}{\omega_\phi} \arcsin \frac{r_H - y}{r_H}. \quad (2.3)$$

Підставивши значення часу з виразу (2.3) у рівняння (2.1) для X , отримаємо:

$$X = \frac{V_{II}}{\omega_\phi} \arcsin \frac{r_H - y}{r_H} + \sqrt{2r_H y - y^2}. \quad (2.4)$$

Вид кривої (циклоїди) залежить від співвідношення окружної V_{OKP} і поступальної V_{II} швидкостей - кінематичного показника:

$$\lambda = \frac{V_{OKP}}{V_{II}}. \quad (2.5)$$

Ротаційні ґрунтообробні машини характеризуються $\lambda > 1$ і траєкторія руху їхніх робочих органів - подовжена циклоїда або трахоїда (рис. 2.2).

У процесі роботи ніж фрези рухається то в твердому, то в розпушеному ґрунтовому шарі. Розмір стружки, що зрізається і ґрунтових грудок, що утворюються при цьому, визначаються формою робочого органа, глибиною обробітку тощо.

Аналізуючи практику використання ґрунтообробних фрез, можна зробити висновок, що енергетичні та агротехнічні показники їхньої роботи визначаються, головним чином, процесом різання ґрунтової стружки.

Енергетичні показники роботи ґрунтообробних фрез визначаються напрямком і величиною швидкості різання, зусилля різання, а також формою і розмірами ґрунтової стружки, що зрізається.

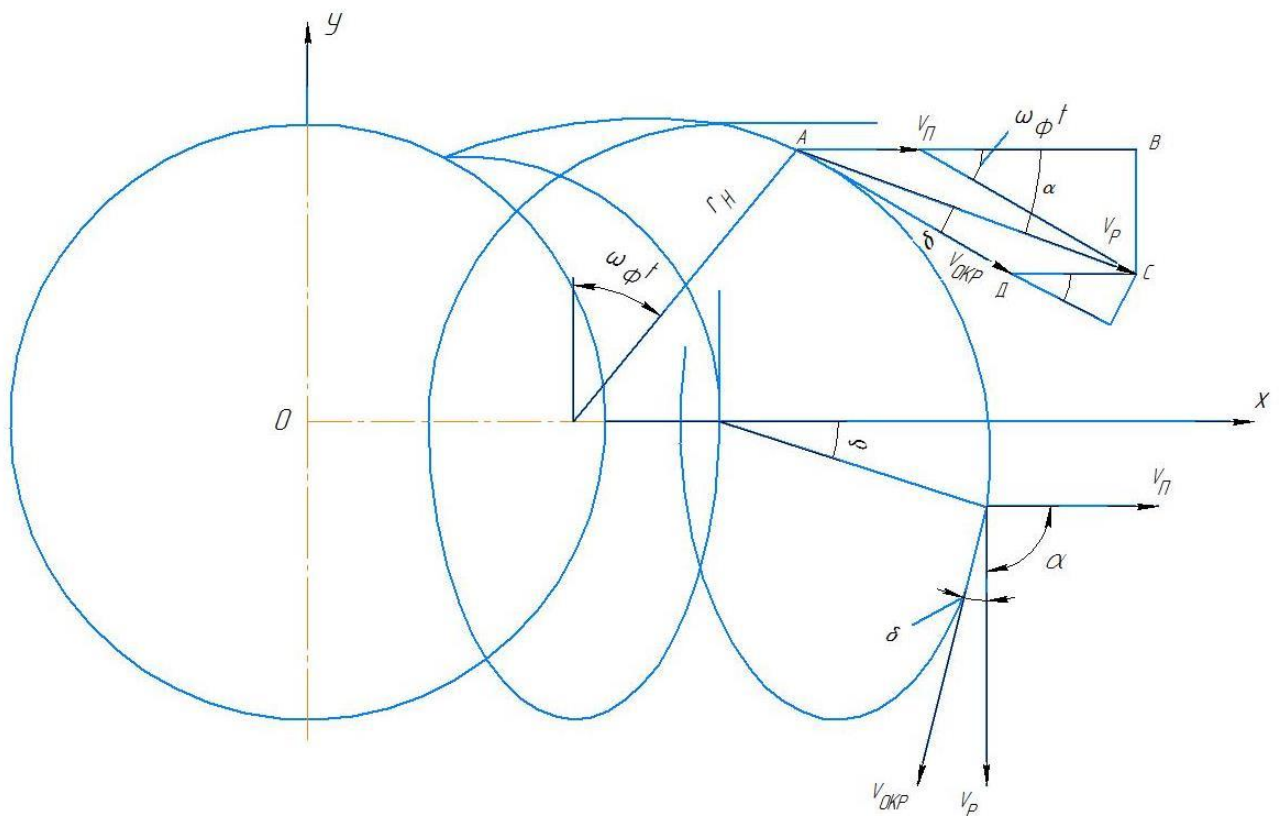


Рис. 2.2 Схема до визначення кінематичних показників фрезерного робочого органа

Диференціюємо рівняння (2.4) за часом з метою визначити швидкість різання та абсолютну швидкість пересування фрезерного робочого органа:

$$\begin{cases} V_X = \frac{dX}{dt} = V_{II} - r_H \omega_\phi \sin(\omega_\phi t) \\ V_Y = \frac{dY}{dt} = -r_H \omega_\phi \cos(\omega_\phi t) \end{cases} \quad (2.6)$$

Тоді величина абсолютної швидкості ножа з урахуванням виразу (2.6) становитиме:

$$V_P = V_{II} \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \sin(\omega_\phi t)}. \quad (2.7)$$

Аналізуючи залежність (2.7), можна зробити висновок, що величина швидкості різання та її напрямок визначаються кутом повороту фрезерного робочого органа $\omega_\phi t$ і показником кінематичного режиму λ .

Для забезпечення якісного розпушування ґрунту значення найменшої окружної швидкості ножа має перевищувати критичну швидкість (швидкість руйнування ґрунтових грудок):

$$V_{OKP} > \sigma_{II} \sqrt{\frac{J_P + m_K r_H^2}{3EJ_P \rho_K (1 - k^2)}} + V_{II}, \quad (2.8)$$

де σ_{II} – межа міцності ґрунтової частинки, Па; J_P – момент інерції ротора, $\text{кг} \times \text{м}^2$; m_K – маса ґрунтової частинки, кг; E – модуль пружності ґрунтової частинки, Па; k – коефіцієнт відновлення ґрунтової частинки; ρ_K – густина ґрунтової частинки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

У результаті розрахунків із використанням виразу (2.8) встановлено, що якісне розпушування ґрунту можливе за таких параметрів: окружна швидкість фрези 4,77 м/с; число обертів фрези 387 об/хв.

Згідно з рис. 2.2, напрямок швидкості різання залежить від кутів α і ρ :

$$\alpha + \delta = \omega_{\phi} t. \quad (2.9)$$

З рис. 2.2 видно (трикутники ABC і ACD):

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\sin(\omega_{\phi} t)}{\frac{1}{\lambda} + \cos(\omega_{\phi} t)}. \quad (2.10)$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{\sin(\omega_{\phi} t)}{\lambda + \cos(\omega_{\phi} t)}. \quad (2.11)$$

Аналіз виразів (2.10), (2.11) і побудованих за ними залежностей (рис. 2.3) свідчить про те, що під час зміни кута повороту $\omega_{\phi} t$ від 0 до 180° кут α змінюється в таких самих межах.

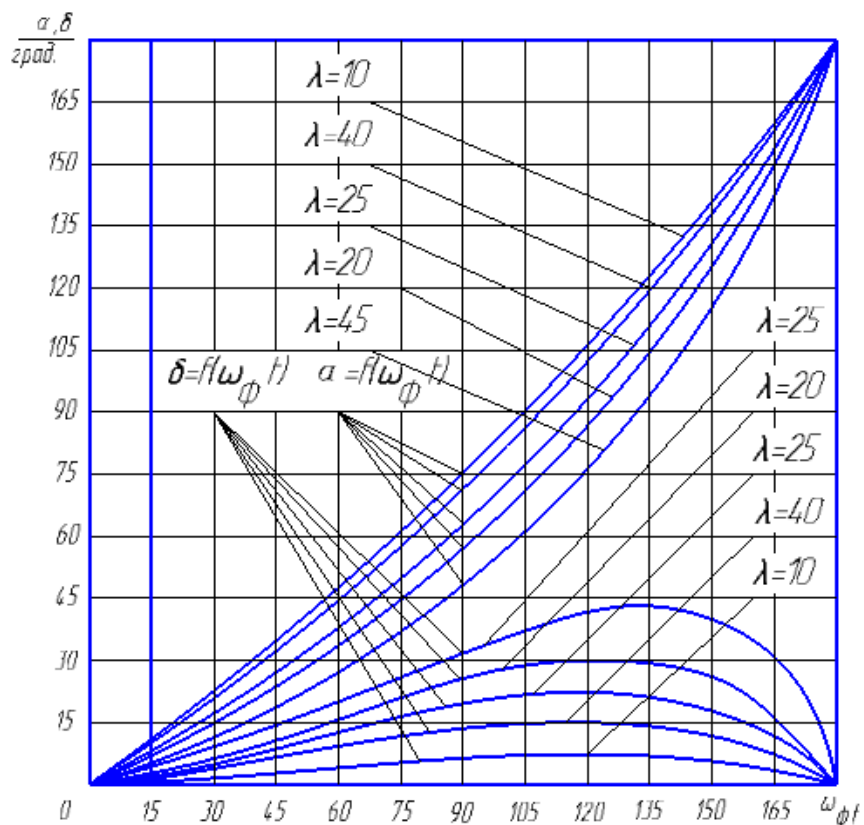


Рис. 2.3. Залежність кутів α і ρ від зміни кута повороту $\omega_{\phi} t$ за різних значень λ .

Причому величина кута $\alpha=90^\circ$ за строго визначених граничних значень кута повороту $\omega_{\phi t} = \omega_{\phi t_1}$ (коли проекція швидкості різання V_p на вісь X дорівнює нулю), що визначаються показником λ .

За $\lambda < 10$ залежність $\alpha = f(\omega_{\phi t} \lambda)$ близька до лінійної.

Кут δ максимальний за $\omega_{\phi t} = \omega_{\phi t_1}$ і за будь-яких значень кута повороту $\omega_{\phi t}$ завжди менший за 90° . Збільшення показника λ веде до зменшення значення δ до нуля.

Для визначення величини граничного кута $\omega_{\phi t_1}$ скористаємося виразом (2.5), з огляду на те, що $\omega_{\phi t} = \omega_{\phi t_1}$ за $\alpha=90^\circ$:

$$\omega_{\phi t_1} = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{V_{II}}{V_O}. \quad (2.12)$$

Беручи до уваги, що $\frac{V_{II}}{V_O} = \frac{1}{\lambda}$, і з урахуванням виразу (2.12) з виразу (2.10) маємо:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{1}{\lambda}\right)}{\frac{1}{\lambda} + \cos\left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{1}{\lambda}\right)} = \operatorname{arctg} \frac{\cos \arcsin \frac{1}{\lambda}}{0}, \quad (2.13)$$

З урахуванням виразу (2.12) з виразу (2.9) маємо:

$$\delta = \arcsin \frac{1}{\lambda}. \quad (2.14)$$

Залежність $\omega_{\phi t_1} = f(\lambda)$ (рис. 2.4) свідчить про те, що за зміни λ від 2 до 8 (діапазон, який становить найбільший інтерес для практики) значення $\omega_{\phi t_1}$ змінюється від 120° до 92° .

Одними з основних параметрів ротаційних робочих органів є якість подрібнення ґрунту та подача на ніж. Подачу на ніж визначається за виразом:

$$S_H = \frac{2\pi r_H}{\lambda z_H}, \quad (2.15)$$

де z_H – кількість ножів, шт.

Аналіз виразу (2.15) показує, що подача на ніж залежить від радіуса фрези, числа ножів і кінематичного режиму.

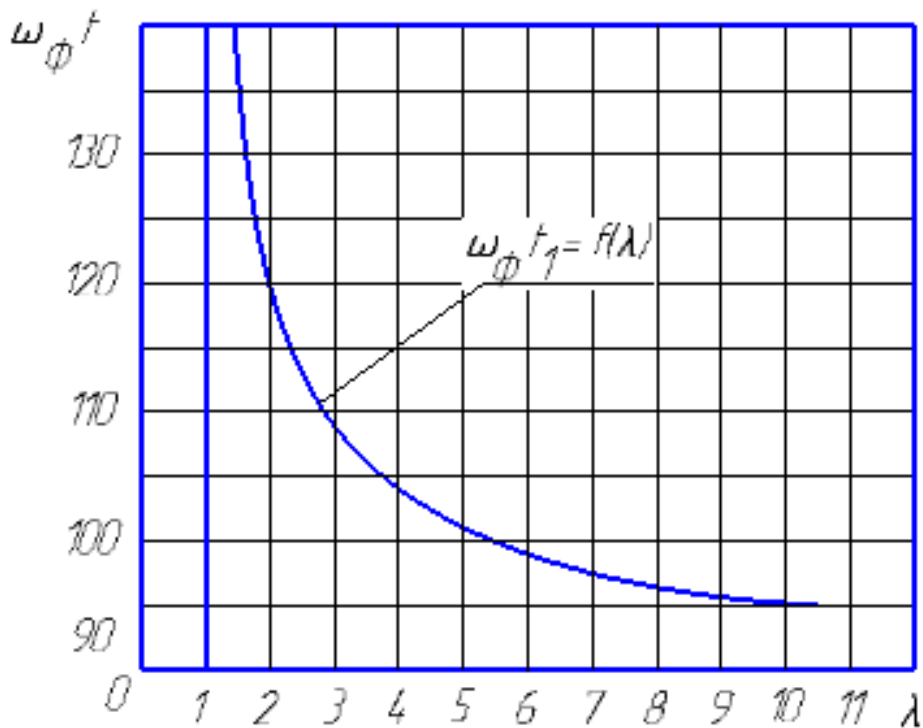


Рис. 2.4. Залежність величин граничного кута від показника λ .

Аналізуючи вплив на величину подачі на ніж кількості ножів і кінематичного режиму (рис. 2.5) (за радіусу фрези 0,1175 м), можна дійти висновку, що збільшення кінематичного режиму і кількості ножів веде до зменшення подачі на ніж, і навпаки.

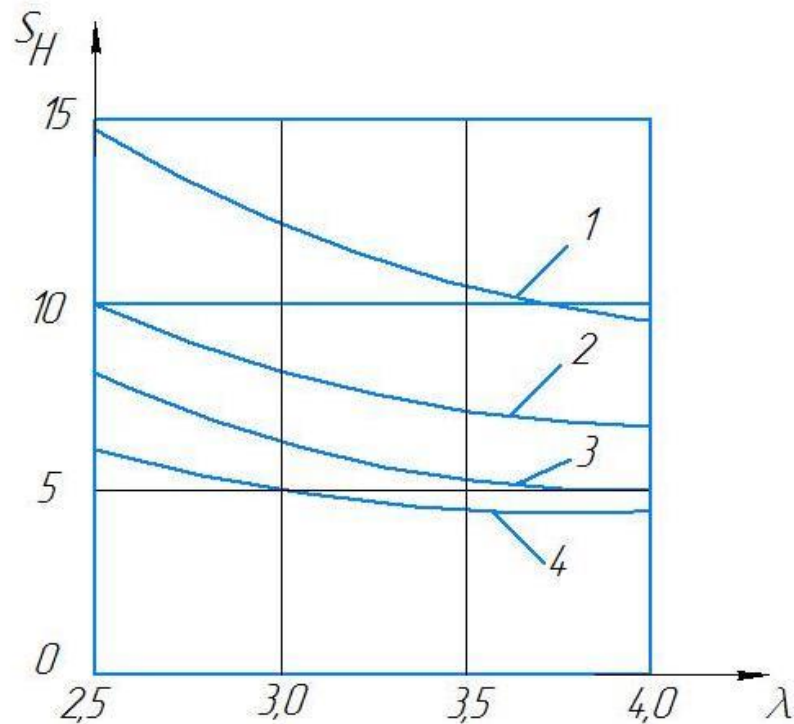


Рис. 2.5. Залежність подачі на ніж від кількості ножів і кінематичного режиму.

Кут установки ножа може бути розрахований за вираз

$$\alpha = \arccos\left(\frac{1}{\lambda} + \frac{b_H}{2r_H}\right), \quad (2.16)$$

де b_H – ширина ножа, м.

При $z_H = 2$ шт, $\lambda = 2,96$, $b_H = 0,04$ м, $r_H = 0,1175$ м за виразом (2.9) отримаємо, що $\alpha = 60^\circ$.

Висновки по розділу

Таким чином, у результаті проведених інженерних розрахунків встановлено раціональні значення основних конструктивних параметрів і режимів роботи фрези, що мають найбільший вплив на якість роботи фрезерного робочого органа.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ФРЕЗИ ФПШ-200

Основні техніко-економічні показники:

$B=2,5$ м – ширина захвату;

$V_m=4,2$ км/год. – робоча швидкість;

$\rho = 35$ МПа – питомий опір деформації ґрунту;

$h=14$ см – максимальна глибина обробітку.

Представлена схема модернізованої фрези ФПШ-200 на рис. 3.1 дозволяє провести розрахунок її основних параметрів.

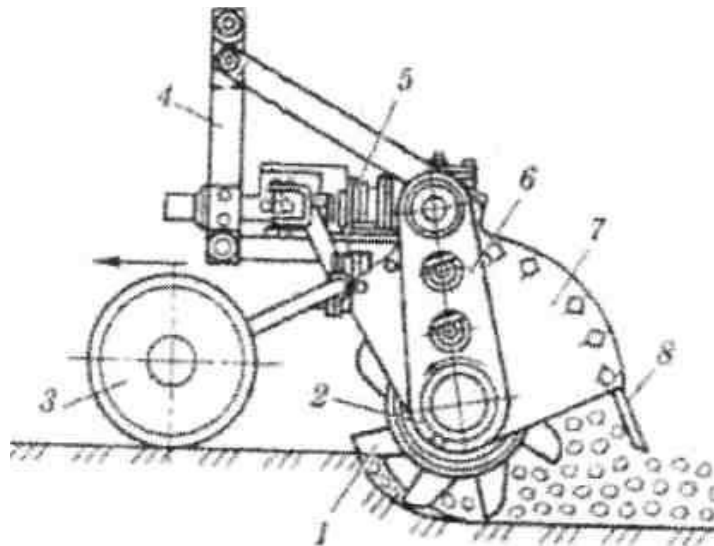


Рис. 3.1. Схема модернізованої фрези ФПШ-200 :1 – робочий орган; 2 – барабан; 3 – колесо; 4 – навіска для з'єднання з трактором; 5 і 6 – редуктор; 7 – захисний кожух; 8 – обмежувач.

Вибір діаметра D торцевого фрезевого барабана слід проводити за умови, що ґрунт зорано на задану глибину h і заглиблено лише фрезу (решта повинна проходити над поверхнею поля з мінімальним зазором 40...55 мм). Для більшості фрез $D = (2,5...3,5) h$.

Кількість лопатей, закріплених на робочому диску. Основними критеріями вибору кількості z ножів є гребнистість і підготовленість дна борозни, які встановлюються відповідними агротехнічними вимогами.

Обирати z необхідно відповідно до рекомендацій та проведеного огляду фрезерних конструкцій [1, 4]. Найпоширенішими є $z = 2; 4$ та 6 . Прийmemo $z = 10$.

Кількість дисків на робочому барабані:

$$m = \frac{B}{2l + \delta}, \quad (3.1)$$

де l – довжина зігнутої частини ножа;

δ – товщина робочого диску.

$$m = \frac{2,5}{2 \cdot 0,05 + 0,009} = 22,9 \approx 30$$

Режим роботи фрези з кінематичної точки зору:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{z}\right)\pi - \arcsin\left(-\frac{h_2}{R}\right)}{\frac{1}{R}\sqrt{2Rh_2 - h_2^2}} \quad (3.2)$$

де $h_2 = (0,1 \dots 0,2) h$ – висота утворених гребенів;

R – радіус барабана для фрезерування, ($R = D/2$).

$$\lambda = \frac{(0,5 + 0,1) \cdot 3,14 - \arcsin(-0,012/0,18)}{\frac{\sqrt{2 \cdot 0,18 \cdot 0,12 - 0,012^2}}{0,18}} = 5,8$$

Швидкість обертання барабана:

$$n = \frac{60V_k}{\pi D}, \text{ об/хв.}, \quad (3.3)$$

де V_k – кругова швидкість робочого барабана, м/с ($V_k = V_a \lambda$).

$$n = \frac{60 \cdot 1,17 \cdot 5,8}{3,14 \cdot 0,36} = 360 \text{ об/хвилину}$$

Для впевненості врахуємо параметри мінімального гребеня та вальців на дні борозни (рис. 3.2) [1, 3, 5]:

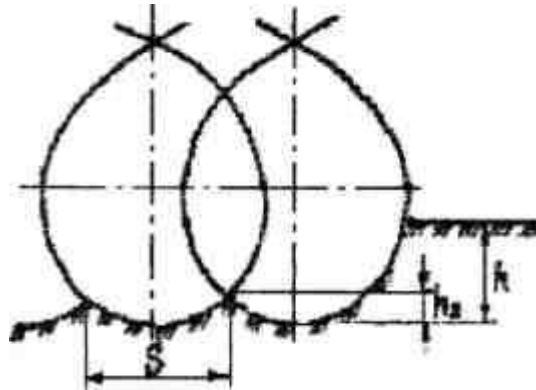
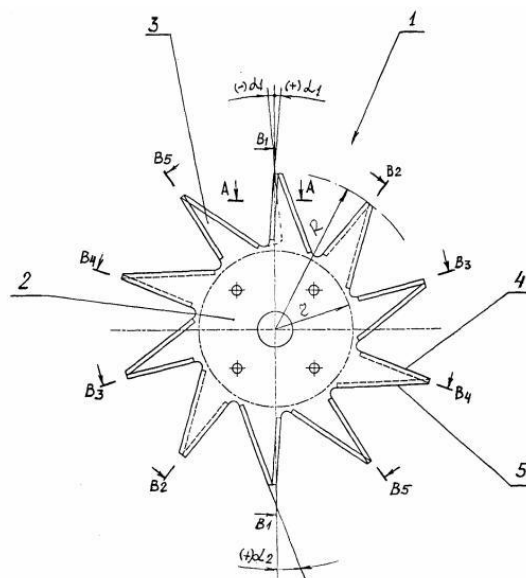


Рис. 3.2. Схема визначення подачі інструменту і висоти гребеня на дні обробки: h – глибина обробки; h_2 – висота гребеня; S – подача інструменту.

Модернізована схема для встановлення ножів представлена на рис. 3.3.



Фиг. 1

Рис. 3.3. Робоча схема встановлення ножів на барабані для фрезерування : γ_1 і γ_2 – кут установлення; γ – кут розташування різальної кромки ножа; β – кут загострення ножів.

Висновки по розділу

Для кращого розвитку кореневої системи яблунь, вирівнювання ґрунту, знищення польових бур'янів планується використовувати модернізовану фрезу ФПШ-200 для обробки міжрядь у саду. Розраховані основні параметри фрези та розроблена операційно-технологічна карта фрезерування, яка представлена в додатку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У технологічному процесі виробництва плодів важливе значення має ґрунт як середовище існування кореневої системи плодових і джерело забезпечення їх водою, елементами живлення, киснем, саме тому міжрядний обробіток ґрунту є дуже важливим фактором в підвищенні врожайності яблуневого саду. Найперспективнішим обробітком міжрядь є розпушування ґрунту садовими фрезами.

В роботі у результаті проведених інженерних розрахунків встановлено раціональні значення основних конструктивних параметрів і режимів роботи фрези, що мають найбільший вплив на якість роботи фрезерного робочого органа.

Для кращого розвитку кореневої системи яблунь, вирівнювання ґрунту, знищення польових бур'янів планується використовувати модернізовану фрезу ФПШ-200 для обробки міжрядь у саду. Розраховані основні параметри фрези та розроблена операційно-технологічна карта фрезерування, яка представлена в додатку.

В проекті обґрунтована операційна технологія міжрядного обробітку ґрунту в садах агрегатом у складі трактора ЮМЗ-6Л та фрези ФПШ-200.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Goyal M.R., Verma D.K. Engineering Interventions in Agricultural Processing. Apple Academic Press, 2018. 377 p.
2. Kutz M. (Ed.) Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779 p.
3. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки. Київ: НАУ, 1998. 28 с.
4. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. Практикум з навчальної дисципліни Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Навчальний посібник. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет (ВНАУ), ТВОРИ, 2020. 355 с.
5. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя), 2005. 228 с.
6. Надточій О.В., Тітова Л.Л., Роговський І.Л. Технічне діагностування гідроприводу мобільних сільськогосподарських машин. Київ: Видавничий центр Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України), 2020. 427 с.
7. Пришляк В.М., Яропуд В.М., Ковальчук О.В., Бабин І.А. Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин. Навчальне видання. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2009. 72 с.
8. Яцун С.С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. К.: Мета, 2003. 448 с.
9. Журавльов В. П., **Хоменко К. Б.** Технології вирощування яблунь. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики.* 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 132-135.

10. Журавльов В.П., Хоменко К.Б. Розробка енергозберігаючого технічного засобу для обробітку ґрунту в міжряддях садів одночасно з пристовбурною зоною двох рядів. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

11. Сацюк В.В. Експлуатація сільськогосподарських машин. Луцьк: Луцький НТУ, 2013. 46 с.

12. Roshanianfard A., Faizollahzadeh-Ardabili S. *Autonomous Agricultural Vehicles: Concepts, Principles, Components, and Development Guidelines*. Boca Raton: CRC Press, 2024. 219 p.

13. Грушецький С.М., Бендера І.М., Іщенко Т.Д. та ін. *Механізація технологічних процесів в землеробстві*. Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет; ФОП Сисин О.В., 2011. 352 с.