

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра Технології та обладнання переробних і харчових
виробництв

Пояснювальна записка
до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »
бакалавр, магістр

на тему: «Обґрунтування режимів роботи ґрунтообробної фрези в
технології виробництва картоплі»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи
 Вустименко
 Д.С.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Падалка В.В.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент:

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Представлена магістерська робота на тему «Обґрунтування режимів роботи ґрунтообробної фрези в технології виробництва картоплі» складається з пояснювальної записки з викладенням стану питання та вибору напрямку досліджень, представленої методики та методів досліджень.

Мета магістерської роботи – Підвищення ефективності роботи ґрунтообробної машини за рахунок вдосконалення робочих органів фрези для передпосадкового обробітку ґрунту під картоплю.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

1. Розробити модель обробки ґрунту фрезою із зігнутим, прямолінійним і хвилястим профілями робочої поверхні ножів.

2. Обґрунтувати профіль робочої поверхні ножа, що забезпечує зниження потужності потрібної на процес фрезерування ґрунту і поліпшує якість роботи фрези, а також відповідний агротехнічним вимогам.

3. Провести експериментальні дослідження фрези з різними профілями робочої поверхні ножів.

4. Розрахувати економічний ефект результатів дослідження.

Об'єкт досліджень – фреза з горизонтальною віссю обертання і хвилястим профілем робочої поверхні ножа.

Предмет дослідження – культивованний шар ґрунту і процес його розпушування за допомогою фрез..

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною магістерською роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо режимів роботи ґрунтообробної фрези на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліди та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Ключеві слова: ФРЕЗА, ГРУНТ, ТЕХНОЛОГІЯ, КАРТОПЛЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Класифікація машин і знарядь для суцільного обробітку ґрунту	9
1.2 Огляд досліджень робочих органів фрези для обробки ґрунту	15
1.3 Агротехнічні вимоги до перед посадочної обробки ґрунту	24
1.4 Вплив факторів обробки ґрунтів на ріст і розвиток картоплі	27
1.5 Висновки за розділом	30
2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
2.1 Завдання дослідження	31
2.2 Рівняння лінії профілю робочої поверхні ножа фрези	31
2.3 Кінематика фрези	38
2.4 Динаміка пласта ґрунту і енергоємність обробки ґрунту	41
2.5 Комп'ютерна модель обробки ґрунту фрезою	45
2.6 Мета і завдання експериментальних польових досліджень	49
2.7 Висновки по другому розділі	54
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
3.1 Результати польових випробувань на якість передпосадкового обробітку ґрунту	56
3.2 Встановлення питомого тягового опору	60
3.3 Висновок по третьому розділу	61
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
4.1 Екологічна експертиза	63
4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	65
4.3 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження	68
ЗАГАЛЬНА ВИСНОВКИ	73
Список використаних джерел	74

ВСТУП

Актуальність теми досліджень. Ґрунтообробні машини з активними, ротаційними робочими органами типу фрези забезпечують високу якість кришення на різних типах ґрунтів, внаслідок високих швидкостей різання ножів фрез.

Аналіз досліджень показує, що по продуктивності оброблення важких за механічним складом ґрунтів ротаційні ґрунтообробні машини (фрези) займають одне з важливих місць при передпосадочній обробці ґрунту. Нарівні з високоякісним виконанням своїх технологічних функцій, ротаційні ґрунтообробні машини (фрези) сприяють зниженню тягового опору руху агрегату. Велика енергоємність процесу фрезерування ґрунтів в порівнянні з класичними машинами і знаряддями служить стримуючим фактором їх широкого застосування.

Тому фрези застосовуються в тих випадках, коли для них немає альтернативи за якістю обробки ґрунту, особливо при обробці важких і задернілих ґрунтів. Таким чином створення нових модернізованих ґрунтообробних фрез актуально і по сьогоднішній день.

В останні роки проходить інтенсивне впровадження в аграрне виробництво ротаційних ґрунтообробних машин з новими робочими органами, з метою реалізації енергозберігаючих технологій.

Щороку створюються все нові установки машин з унікальними робочими органами. Збільшуються функціональні можливості машин, вони здатні одночасно виконувати кілька технологічних операцій, але при цьому стають громіздкими, ускладнюється конструкція, збільшується маса. Всі розвинені країни світу займаються пошуком нових технологічних способів оброблення ґрунту, націлені на її захист від ерозійних процесів, підтримання та збільшення родючості, зниження витрат. Широко вводяться різні способи мінімізації оброблення ґрунту, а крім того розширюється зміна відвальної оранки безвідвальним розпушенням [88].

При обробітку сільськогосподарських культур важливим етапом є

предпосадочная обробка. Перевагу при цьому віддається знаряддям з ротаційними робочими органами, які можуть бути використані в різні агротехнічні терміни. Основною перевагою використання ґрунтообробних машин, є також можливість їх ефективного застосування на присадибних ділянках і невеликих фермерських господарствах.

Серед фрезерних ґрунтообробних машин, що випускаються зарубіжними фірмами зустрічаються фрези, як горизонтальної, так з вертикальною віссю обертання. У цих фрез ширина захвату коливається в межах 0,2 ... 9,0 м. Їх повсюдне використання обмежується тим, що зі збільшенням ширини захвату фрези, потрібні найбільш потужні трактори.

Напрямок вдосконалення фрезерних ґрунтообробних машин було визначено, після проведення аналізу існуючих конструкцій робочих органів ґрунтообробних машин. Від взаємного розташування і конструктивного виконання робочих органів ґрунтообробних машин залежить збільшення якості обробки ґрунту і зменшення енергоємності фрезерування.

Теоретичним і експериментальним дослідженням машин з активними робочими органами присвячені роботи В.А. Воробйова і О.С. Марченко [26], Д.Н. Єфімова [51], Н.Ф. Канева [66], В.Ф. Купряшкіна [79], В.І. Медведєва [90], І.М. Панова [97, 99], В. Зоні [156], Г. Бернацького [142], М.Н. Чаткіна [134], В.А. Шмоніна [139]. Проте в цих дослідженнях недостатньо вивчено вплив різного профілю робочої поверхні ножа на енергоємність фрезерування і якість обробки ґрунту.

Ґрунтуючись на методологічні принципи академіка В.П. Горячкіна [35] була сформульована мета роботи і визначено завдання дослідження.

Мета роботи. Підвищення ефективності роботи ґрунтообробної машини за рахунок вдосконалення робочих органів фрези для передпосадкового обробітку ґрунту під картоплю.

Завдання дослідження:

1. Розробити модель обробки ґрунту фрезою із зігнутим, прямолінійним і хвилястим профілями робочої поверхні ножів.

2. Обґрунтувати профіль робочої поверхні ножа, що забезпечує зниження потужності потрібної на процес фрезерування ґрунту і поліпшує якість роботи фрези, а також відповідний агротехнічним вимогам.

3. Провести експериментальні дослідження фрези з різними профілями робочої поверхні ножів.

4. Визначити якісні та енергетичні показники обробітку ґрунту фрезою з новими робочими органами в польових умовах.

5. Розрахувати економічний ефект результатів дослідження. Об'єкт досліджень. Фреза з горизонтальною віссю обертання і хвилястим профілем робочої поверхні ножа.

Предмет досліджень. Культивованій шар ґрунту і процес його розпушування за допомогою фрез.

В результаті проведених досліджень запропоновані раціональні технічні рішення, що забезпечують зниження енергоємності процесу фрезерування ґрунту робочими органами з хвилястим профілем на 9% і підвищення врожайності картоплі на 20% в порівнянні з обробітком ґрунту базової ґрунтообробної фрезою ФН-1,2.

Розроблено напрями вдосконалення технології обробітку ґрунту з використанням фрези з раціональним профілем робочої поверхні ножа, що забезпечує поліпшення якості розпушування та підвищення ефективності обробки ґрунту.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Класифікація машин і знарядь для суцільного обробітку ґрунту

Однією з основних завдань вдосконалення ґрунтообробних знарядь є зниження тягового опору, підвищення продуктивності, а також поліпшення якості підготовки ґрунту.

Винахідники при моделюванні перших машин для обробки ґрунту з використанням механічного двигуна йшли по шляху імітації ручних прийомів. Тому, робочі органи перших ґрунтообробних машин здійснювали зворотно-коливальний рух. Одним з перших машин, робочі органи якого здійснювали зворотно-коливальний рух, подібно вилам є машина Дербі, яка була запатентована в 1865 році. А через 10 років, в 1875 р Купер сконструював цю машину з приводом від парового двигуна. Машина Купера не справлялася із закладенням в ґрунт пожнивних залишків, тому не отримала подальшого розвитку.

Одним з перших діючих ротаційних плугів з горизонтальною віссю обертання, паралельної напрямку руху, був плуг, побудований в 1900 р єгипетським інженером Богос Ньюбар Паші і застосовувався для обробки ґрунту під бавовник. Робочий орган цього плуга складався з двох дисків діаметром 2500 мм на які були закріплені похилі ножі. Диски оберталися з числом оборотів 27-36 в хвилину в площині, перпендикулярній напрямку руху. Поступальна швидкість машини при цьому не перевищувала 1,0 км / год. Недоліком цього плуга була велика енергоємність і мала продуктивність [111].

Протягом 1932-1935 періоду була розроблена і випробувана конструкція фрезерного барабана ФДІ-1 (фрезер Інсторфа) до колісного трактора типу СТЗ. У 1945-1946 рр. був створений фрезерний барабан з вільно підвішеними ножами типу ФД-4А, який агрегований з гусеничними тракторами АСХТЗ-НАТІ і ДТ-54. Його широко використовували на початковому етапі комплексної механізації видобутку торфу фрезерним способом. У 1951 р головним інженером торфопідприємства ім. Классона А.В. Брянцевим був

розроблений здвоєний штифтовий фрезерний барабан СБШ-1, а потім СБШ-2 які стали випускати серійно. На базі фрезерного барабана СБШ-2 були створені шарнірно-зчленовані фрезерні барабани [65].

В нашій країні фрези були застосовані вперше в сільському господарстві для обробки луків [71]. У 1935 р для обробки низькостебельних культур в Харківській філії ВІСХОМа був спроектований шестисекційний просапної культиватор до трактора У-2 [22]. У 1936 р невелика партія фрез, призначена в основному для знищення купин на луках і болотах пройшла випробування в господарських умовах [133]. У 1938 р на Омської машино випробувальній станції пройшла випробування гвинтова фреза ЛВФ для лісового господарства [46].

Повоєнні роки спостерігається прискорений розвиток фрезерних ґрунтообробних машин як за кордоном так і у нас. Це пояснюється поліпшенням конструктивних, агротехнічних і економічних показників самих ґрунтофрези, що підвищило ефективність їх застосування [95].

Залежно від виду руху робочих органів сучасні ґрунтообробні машини і знаряддя можна поділити на три основні групи:

1) з пасивними робочими органами (з поступальним рухом робочих органів). У цю групу машин можна віднести знаряддя з нерухомо закріпленими до рами робочими органами (відвальнолемешні плуги, лапові культиватори, плоскорізи, зубові борони), а також знаряддя обертання робочих органів у яких відбувається під дією опору ґрунту;

2) з активними робочими органами (з примусовим обертанням робочих органів від валу відбору потужності (ВВП) трактора). У цю групу машин можна віднести різного типу ґрунтофрези та ротаційні плуги;

3) з комбінованими робочими органами, тобто частина робочих органів має поступальний, а інша частина - обертальний рух. У цю групу машин відносяться лемішні плуги з роторними відвалами, фрези або ротаційні плуги з культиваторними лапами або іншими примусово обертаються робочими органами.

Для зазначених трьох груп ґрунтообробних машин потужність від двигуна трактора до робочих органів передається по-різному. Для машин з пасивними робочими органами потужність надходить через причіпний пристрій трактора, з активними робочими органами - через вал відбору потужності і з комбінованими робочими органами - змішаним способом: одна частина через причіпний гак, а інша через ВВП трактора.

По розташуванню осі обертання в просторі ротаційні ґрунтообробні машини з обертовим рухом робочих органів можна поділити на два види: з горизонтальною і вертикальною осями обертання робочих органів. Ножовий барабан машин з горизонтальною віссю обертання розташовується під кутом у напрямку руху. Горизонтальний ножовий барабан має пряме (що збігається з напрямком обертання коліс трактора) або зворотний напрямок обертання, тобто протилежне. У машинах з вертикальною віссю обертання ротор розміщується під кутом до вертикалі з відхиленням вперед або назад по ходу руху [97].

Ґрунтообробні машини з активними робочими органами відкривають широкі можливості для створення комбінованих машин, які суміщають операції передпосадкового обробітку ґрунту і посадки різних сільськогосподарських культур з одночасним внесенням добрив.

Для зниження тягового опору і поліпшення якості передпосадкової обробки ґрунту широко почали використовувати комбіновані ґрунтообробні агрегати [4,108].

Комбіновані агрегати АКП - 2,5 і АКП - 5 були першими машинами для мінімальної обробки. Вони забезпечували подрібнення і вирівнювання верхнього шару на глибину посіву з подрібненням рослинних залишків. Однак, агрегати такого типу АКП виявилися важкими (до 980 кг / м) і маломаневрені, тому що при їх роботі відбувається перемішування великого обсягу ґрунту, що призводить до висушування верхнього посівного шару.

Для передпосівної обробки ґрунту застосовувалися комбіновані агрегати РВК-3,6 і РВК-5,4. Агрегат складається з розпушувальні лап, котків і вирівнюючого бруса. Ширина захвату агрегатів відповідно 3,6 м і 5,4 м. За один

прохід агрегат виробляє культивуацію ґрунту на глибину 15 см, руйнує великі брили і грудки, вирівнює і накочує її.

Комбінована машина ВП-5,6 виконує передпосівну підготовку ґрунту під зернові, технічні та овочеві культури. Вона складається з батареї голчастих дисків, вирівнюючого бруса і кільчастого катка. За один прохід машина руйнує ґрунтові брили на глибині до 16 см, вирівнює мікрорельєф поля і ущільнює верхній шар ґрунту [4].

Істотний внесок в створення ґрунтообробних машин внесли, зокрема, відділ механізації ВІК, ВИСХОМ, ВІМ, СКБ заводу «Сибсельмаш», ДСКБ при заводі «Червоний Аксай». Ціле сімейство фрез для поліпшення луків і пасовищ розроблено в СКБ заводу «Сибсельмаш»: ФБ-1,0; ФБ-1,9; ФНБ-0,9; ФНБ-1,2; ФНБ-1,5; ФНБ-2,0. Фреза болотна ФБ-1,0, що і фреза ФБ-1,9 призначена для оброблення купин і грубої міцної дернини, а також для оброблення пластів цілини. Використовується фреза також для поверхневого поліпшення луків і пасовищ, для швидкого окультурення бідних підзолистих ґрунтів. Фреза агрегується з трактором ДТ-55. Залежно від характеру виконуваної роботи, змінні робочі органи фрези встановлюються на барабані. Болотні ножі подрібнюють купини і потужну дернину. Лугові ножі обробляють дернину при поверхневому поліпшенні луків. При роботі на перезволожених і пухких ґрунтах ставляться широкі колеса. Фреза лісова уніфікована ФЛУ 0,8 призначена для основного обробітку ґрунту смугами на вирубках під посадку або посів лісових культур, для прокладки протипожежних смуг та оброблення пластів після первинної оранки плугами. Також СКБ заводу «Сибсельмаш» розроблені універсальні фрези ФПУ-2,8 і ФПУ-4,2. Вони використовуються для активного розпушування ґрунту і боротьби з бур'янами

Були розроблені, а також випробувані і поставлені на виробництво велика кількість машин: фрезерні культиватори ФКШ-2,7 і ФКШ-2,8 на самохідне шасі Т-16; культиватор-глибокорозпушувач фрезерний КФГ-3,6; комбінований фрезернопосівний агрегат КА-3,6; ротаційний плуг МПТ-1,2; 3-корпусний навісний плуг з комбінованими робочими органами ПВН-3-35; фрезерна

комбінована машина АКР-3,6; партія ротаційних плугів ПР-2,7. В плузі ПР-2,7 активним робочим органом служить фрезбарабана. Він інтенсивно кришить ґрунт, перемішує її з рослинними залишками. Цей плуг рекомендується застосовувати для підготовки ґрунту під різні овочеві культури [97].

В останні роки дослідження в області ґрунтообробних машин тривали за принципом комбінування, багатофункціональності, багатоопераційні.

За таким принципом розроблено 35 перспективних технологічних процесів основної і передпосівної обробки ґрунту. На їх базі сформовано 11 варіантів технологій обробітку ярих, озимих і проміжних культур [70].

У ВІМе по ґрунтообробній техніці спільно вченими Бурченко П.М., Жук О.М., Спірін А.П. створені комплекси перспективних комбінованих машин з блочно-модульним побудовою. Ці комплекси можуть адаптуватися до різних умов виробництва, завдяки змінним робочим органам.

Завершена розробка комбінованого ґрунтообробного агрегату (по типу фірми «Лемкен»), призначеного для безвідвальної обробки і підготовки ґрунту до посіву. Дослідний зразок агрегату пройшов випробування.

Під керівництвом професора Мазитова Н.К. реалізовані роботи по комплексу блочно-модульних культиваторів, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов. Розроблено новий вітчизняний посівної комбайн КСБМ-10,5С (12,6С) з високою якістю копіювання поверхні поля [70].

Під керівництвом професора Лобачевского Я.П. розроблена нова концепція «гладкою» оранки з повним оборотом пласта і укладанням його в власну борозну. Такий плуг підвищує в 1,5 ... 1,6 рази продуктивність [70].

Професор АТ Далін [46] писав:

а) фреза здійснює подрібнення і рівномірну закладення по глибині рослинних залишків, а також перемішування верхніх шарів ґрунту з добривами;

б) активні робочі органи забезпечують високу якість обробки ґрунту, причому шляхом зміни швидкості обертального руху фрезбарабана і поступальної швидкості агрегату можна змінити ступінь кришення;

в) ґрунтообробна машина на основі активних робочих органів сприяє

зменшенню тягового опору, зниження енергоємності процесу обробки ґрунту і збільшення продуктивності агрегату;

г) ножі фрез НЕ залипають і не забиваються навіть на глинистих ґрунтах, завдяки високим швидкостям різання.

З метою одночасного виконання кількох технологічних операцій (фрезерування ґрунту, гребенеутворення, ґрунтопоглиблення і т.д.) в останні роки успішно почали розробляти легкі пристосування.

Для обробки ґрунту в садах, виноградниках, в парниках і теплицях застосовуються малогабаритні фрези. Малогабаритні фрези прості по пристрою і тому легко управляються. Працюють ці фрези в основному з одноосьовими тракторами потужністю від 5 до 15 к.с. Випускається садова електрофреза ФС-0,7 для обробки ґрунту в теплицях і парниках. Фреза забезпечує хороше розпушування і перемішування ґрунту [87]. Розроблено також електромотиґа ЕМ-12, яка дозволяє обробляти ґрунт в безпосередній близькості від рослин. Її можна використовувати також при роботі в присадибних ділянках, садах, парках [71].

Теоретичними і експериментальними дослідженнями машин з активними робочими органами займалися багато вітчизняних і зарубіжні вчені Г.Бернацький [142], Н.Б. Бок [13,14,15], А. Т. Ваґін, П.М. Василенко [20], І.М. .. Гринчук [40,41,42,43], І.І Гурєєв [44,45], І.В. Горбачов [34], П.І. Гаджієв [28,29,30], Г.А. Діда [48], Б.Д. Докін [50], А.Ф. Жук [52,53], С.Х. Заріпов [54], С.А. Зеленський [60], В. Зоні [156], І.С. Імамів [64], Н.Ф. Канаєв [67], Ф.М. Канарія [66], В.Ф. Купряшкін [79], А. І Лешанкін [83,84,85], Ю.М. Матяшин [92], В.І. Медведєв [90], І.М. Панов [103, 104], І.С. Полтавців [109], Г.Ф. Попов [110], Г.Н. Синьооку [123], В.С. Сурилов [129], А. І Ткаченко [131], Р. Тіл [156], ЛЛХ. Кім [68], В.А. Шмонін [139], М.Н. Чаткін [134] та ін.

Незважаючи на те, що ґрунтообробні знаряддя з активними робочими органами мають порівняно тривалу історію розвитку, а також велике різноманіття робочих органів і конструктивних рішень в області створення машин - в нашій країні машини цього типу.

1.2 Огляд досліджень робочих органів фрези для обробки ґрунту

У конструкціях сучасних ґрунтообробних фрез велика кількість різновидів робочих органів визначаються як правило їх призначенням і технологічними режимами їх роботи. Фрези з Г- подібними ножами (рис. 1, а, б) - основні робочі органи ґрунтообробних фрез. З їх допомогою можна виконувати як глибоке розпушування ґрунту, так і дрібне, створювати крупно, або мілкокомковату структуру ґрунту, знищувати бур'яни.

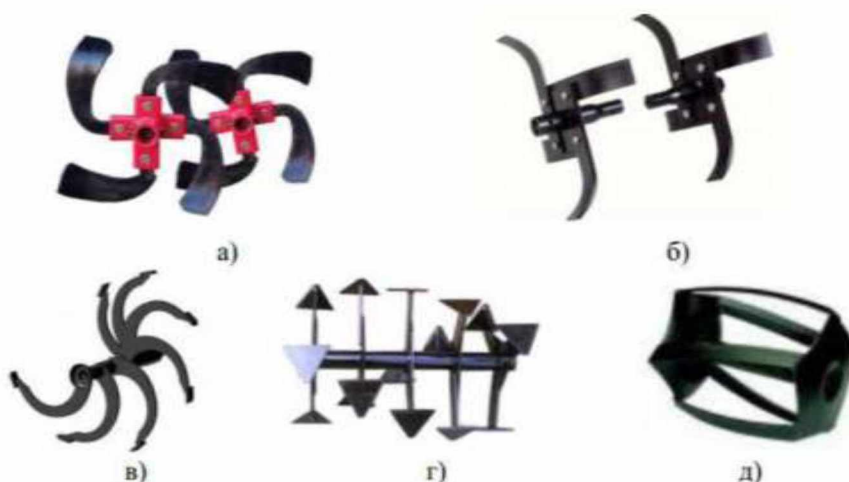


Рисунок 1.1 –Фрезерні робочі органи: а, б - секція з Г- подібними ножами, в - фреза «Цілина», г - фреза «Гусячі лапки», д - «Активний ротор»

Оригінальну конструкцію має фреза «Цілина» (рис. 1.1, в), яка представляє не просто звичайні ножі, які ріжуть ґрунт лезами, а набір невеликих мотиг, які входять в ґрунт носками. Навіть при невеликих оборотах $80-120 \text{ хв}^{-1}$, ця фреза обробляє ґрунт на глибину 25-30 см відкриваючи доступ вологи та повітря і руйнуючи кладки шкідників. Такий тип робочих органів призначені для розпушування ґрунту з подрібненням бур'янів і рівномірним перемішуванням ґрунту при внесенні мінеральних добрив. Фрези «Гусячі лапки» (рис. 1.1, г) призначені для обробки не ораної землі. Принцип роботи фрез - різка землі на невеликі шматочки. При цьому вага мотоблока тисне на ріжучі ножі, збільшуючи глибину розпушування ґрунту. У деяких випадках можна використовувати фрези «Гусячі лапки» замість плуга. Під час оранки

грунту, різницю різкого переходу з м'якою грунту в більш тверду не відчувається. Особливість «Активних роторів» (рис. 1.1, д) - це бочкоподібна форма і гвинтові планки, які виконані у вигляді ножів, розташованих не до поверхні грунту, як ми звикли це бачити у звичайних роторів, а пластом. Служать для знищення великих мас бур'янів на запусчених ділянках, подрібнення сидератів перед заорюванням в грунт, мульчування грунту і рослинних залишків та вирівнювання поверхні грунту. Найчастіше на малогабаритних фрезерних культиваторах ставляться Г - образні ножі, які більш універсальні, добре підрізають бур'яни і інтенсивно розпушують грунт [80]. як ми звикли це бачити у звичайних роторів. Служать для знищення великих мас бур'янів на запусчених ділянках, подрібнення сидератів перед заорювання в грунт, мульчування грунту і рослинних залишків та вирівнювання поверхні грунту. Найчастіше на малогабаритних фрезерних культиваторах ставляться Г - образні ножі, які більш універсальні, добре підрізають бур'яни і інтенсивно розпушують грунт [80].

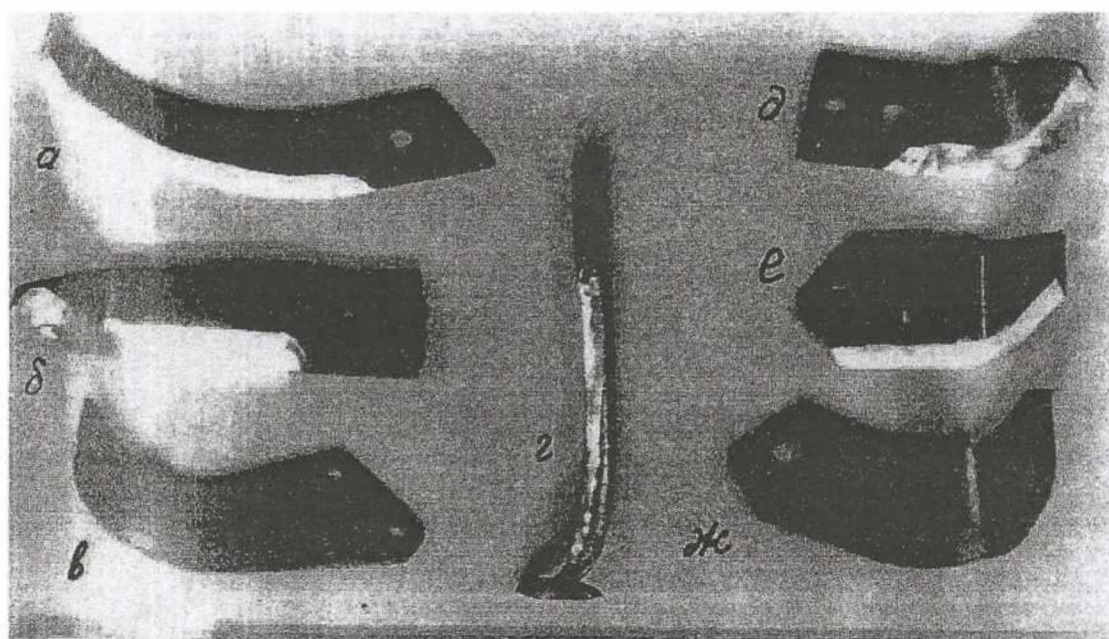


Рисунок . 1.2 – Робочі органи просапних фрезерних культиваторів: а - ФБН-2,8 і ФБСШ-2,8; б - КРН-1,4; в - ФКШ-2,7 (2,8); г - УРІБ-4; 0 - КФ- 2,7; в - «Петерстенд»; ж - ФПН-2,8 і ФПУ-4,2

Ножі робочих органів ґрунтообробних фрез мають різну форму, отже профілі ножів теж відрізняються один від одного. Таким чином, слід додатково вивчати, як впливає різний профіль ножів на енергоємність фрезерування і якість розпушування.

Як відомо, основу сільськогосподарського виробництва становить рослинництво, вирощування зернових, технічних та овочевих культур. З метою отримання хорошого врожаю, необхідно підвищити якість підготовки ґрунту, створюючи сприятливі умови для зростання і розвитку рослин. Обробка ґрунту в сільськогосподарському виробництві є одним з енергоємних процесів. Для підвищення якості підготовки ґрунту, необхідно визначити раціональні енергозберігаючі технології обробітку ґрунту і вдосконалювати конструкції робочих органів ґрунтообробних машин.

Аналізуючи теоретичні дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених ми бачимо, що за якістю виконання технологічного процесу ґрунтообробні машини з активними робочими органами не мають собі рівних при підготовці ґрунту і обробки посівів просапних культур. Землеоброблювальні машини з активними робочими органами створюють високу якість оброблюваного шару, так як в процесі відрізання від ґрунтового шару невеликої стружки одночасно здійснюється перемішування верхніх шарів ґрунту з добривами і рівномірна закладення рослинних залишків.

Результати аналізів сучасного етапу розвитку техніки і технологій показують, що основним способом обробки ґрунту є механічний з використанням ґрунтообробних машин з активними робочими органами. Тому, дослідники продовжують пошук шляхів вдосконалення ґрунтообробних знарядь.

Для суцільного обробітку ґрунту випускається фреза ФН-1,2 (рис. 1.3.)



Рисунок 1.3 – Фреза ФН-1,2 для суцільного обробітку ґрунту

Фреза навісна ФН-1. Робочі органи фрези приводяться в обертання від валу відбору потужності (ВВП) трактора, ширина захвату становить 1,2 м, робоча швидкість 3 км / год, продуктивність 0,36 га / год, глибина розпушування 12 см, агрегується з тракторами МТЗ-50, Т-40, К-20, Т-30, Т-25. Використовується фреза в усіх природно-кліматичних зонах для передпосадкового обробітку ґрунту на дрібноконтурних полях.

Цим же заводом випускаються машини універсальні для підготовки ґрунту під картоплю, овочів та інших культур УМВК-1,4, УМВК-2,8.

Машина УМВК-1,4 виконують такі технологічні операції: підготовка ґрунту перед висадкою картоплі (овочів) з формуванням мілкокомкової структури на глибині до 15 см, нарізування гребенів з міжряддями 70-75 см; міжрядний обробіток сходів з одночасним розпушуванням, знищенням бур'янів і утворенням гребенів висотою до 28 см; зріз і мульчування бадилля і рослинних залишків; внесення сухих мінеральних добрив. Продуктивність машини до 0,8 га / год, агрегується з тракторами тягового класу 1,4.

Універсальна машина УМВК-2,8 виконує:

- передпосадкової підготовку ґрунту під посадку картоплі та інших культур;
- нарізку гребенів під посадку картоплі та інших культур;
- рихлення (фрезерування) ґрунту в міжряддях картоплі, оброблюваного з міжряддям 70x75 см з одночасним утворенням гребенів через 12-14 днів після посадки;

- дроблення бадилля і рослинних залишків з укладанням їх у міжряддя.

Машина універсальна МПТ-1,5, слугує для глибокого копання і фрезерування ґрунту (рис.1.4.)

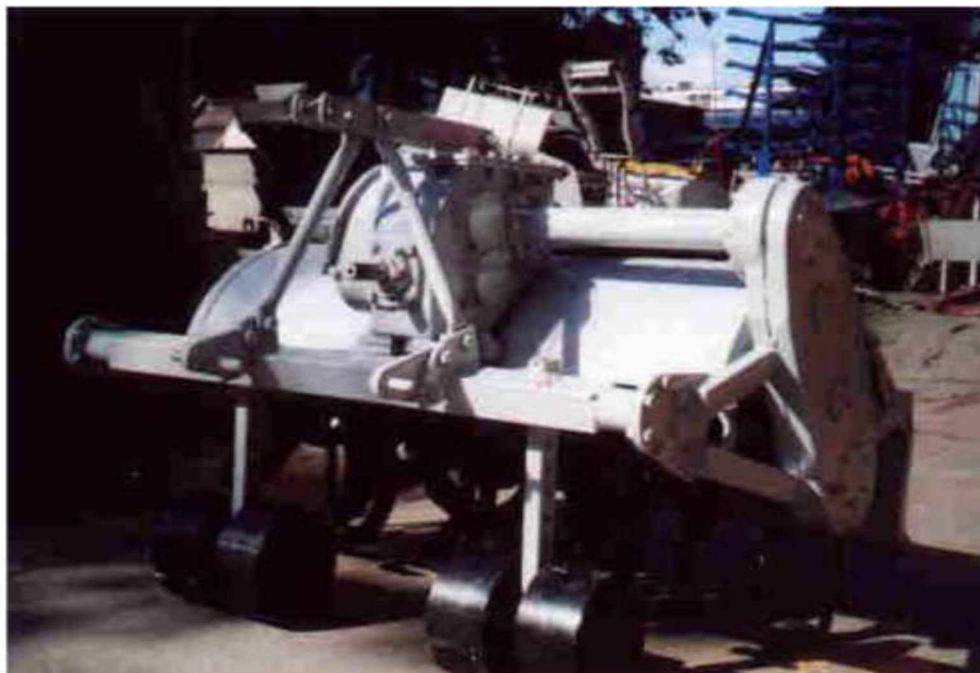


Рисунок 1.4– Машина універсальна МПТ-1,5 для глибокого копання і фрезерування ґрунту

Машина виконує глибоке вскапивання і фрезерування ґрунту в теплицях з висотою не менше 2,0 м. Робочий орган роторного типу. Можливість зміни числа обертів обертання ротора і спеціальна форма ножів дозволяють машині виконувати або глибоке вскапивання ґрунту (до 30 см), або поверхневий фрезерування (до 30 см). Агрегатується з тракторами Т-45Т, Т-54У і румунським трактором Універсал 445У.

Також є розроблена уніфікована лісова комбінована фреза ФЛК-1,5. Робочий орган фрези приводиться в дію від валу відбору потужності (ВВП) трактора через карданний вал. До фрезбарабанів приварені три середні і два крайні диски, до яких кріпляться праві і ліві ножі. Ножі фрезбарабана при обертанні відрізають пласт ґрунту і відкидають їх на кожух, при цьому відбувається додаткове подрібнення. Ширина захвату фрези 1,5 м, обробка ґрунту до глибини 16 см, продуктивність 0,5 га / год, робоча швидкість руху до

5 км / год. Фреза використовується для обробки ґрунту при посіві сипучих насіння хвойних дерев. Може працювати як у відкритому ґрунті, так і в теплицях, на рівній поверхні і в грядках.

Ширина захвату фрези становить 0,61 м, обробітку ґрунту на глибина 8 см, агрегується з мотоблоком «Агрос» (рис. 1.5.). Фреза виконує передпосадкової підготовку ґрунту, перемішування добрив з ґрунтом, закладення рослинних залишків і міжрядний обробіток ґрунту в дрібноконтурних ділянках [28].



Рисунок 1.5– Мотоблок «Агрос»

З аналізу історії розвитку ґрунтообробних машин з ротаційними робочими органами ми бачимо значне вдосконалення ґрунтообробних фрез. Однак, тривають наукові дослідження з модернізації сільськогосподарських машин з ротаційними робочими органами. Ведеться пошук параметрів і режимів роботи цих машин, які забезпечували б гарна якість обробки ґрунту, мали б високу продуктивність і знизили б енергоємність фрезерування.

З метою систематизації та обліку досягнень останніх розробок в області ґрунтообробних машин з активними робочими органами розглянемо результати наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених в цій галузі.

В роботі Шмоніна В.А. [139] показано, що ґрунтообробні машини з активними робочими органами можуть за один прохід забезпечувати основну і передпосадкову підготовку ґрунту, створити оптимальний склад верхнього шару з утворенням мульчі для збереження вологи. Виняток додаткових операцій передпосадковий обробки ґрунту дозволяє знизити питомі витрати палива на 17-22,5%. Активні робочі органи забезпечують зниження щільності

верхнього шару ґрунту, що особливо важливо при вирощуванні коренеплодів. Випробування в різних ґрунтово-кліматичних зонах показали, що врожайність картоплі, озимої пшениці, ячменю, кукурудзи та інших культур підвищується на 8-35%.

Відомо, що якість і енергоємність обробки ґрунту також залежить і від напрямку обертання (пряме, зворотне), конструктивних, технологічних і кінематичних параметрів активних робочих органів [92]. Активні робочі органи з прямим обертанням крім технологічних функцій виконують ще функції рушіїв, так як при цьому реакція ґрунту спрямована в бік руху агрегату, тобто створюється підштовхує зусилля. Подібні активні робочі органи професором В.І. Медведєвим [90] запропоновано називати «робочими органами-рушіями».

У цих роботах показано, що заміна пасивних робочих органів на ґрунтообробних машинах, активними РІД, що приводяться в обертання від ВВП трактора, сприяє зменшенню їх тягового опору, більш повного завантаження двигуна, зниження енергоємності процесу обробки ґрунту на 20-33%. При цьому зменшується буксування ведучих коліс трактора на 20-30%, що сприяє збільшенню швидкості руху і збільшення продуктивності орного агрегату в порівнянні з контрольними на 48,0-68,6%. Використання ґрунтообробних машин з активними робочими органами РІД дозволяє забезпечити високу якість розпушування (подрібнення) ґрунту, подрібнення і закладення рослинних залишків, перемішування ґрунту з мінеральними добривами. Під керівництвом професорів В.І. Медведєва і А.П. Акімова в тривають наукові дослідження щодо вдосконалення ґрунтообробних машин з активними робочими органами [1, 90].

Купряшкін В.Ф. [79] досліджував підвищення ефективності функціонування оптимізацією конструктивно-технологічних параметрів. Проведено польові випробування дослідного зразка самохідної малогабаритної ґрунтообробної фрези в порівнянні з базовою фрезою ФС-0,85 в умовах відкритого і закритого ґрунту. В результаті отримані наступні дані: продуктивність зросла в 2,2 рази-при використанні машини в умовах закритого

грунту та в 2,5 рази - в умовах відкритого ґрунту. Питома енергоємність фрезерування ґрунту зменшилася в умовах закритого ґрунту на 27% і відкритого - на 28%.

Попов Г.Ф., Жук А.Ф., Зоні В, Тіль Р. і ін. Досліджували швидкісні режими фрезерування. Результати цих досліджень показали, що зі збільшенням окружної чи поступальної швидкості витрата енергії на помел зростає [53, 110, 156].

Бернацький Г. експериментально отримав залежність питомої роботи фрезерування від окружної швидкості. Зі збільшенням окружної швидкості при постійній подачі (особливо на малих подачах) питома робота фрезерування зростала по параболічному закону [142].

Полтавців І.С. [109] для зменшення витрат енергії рекомендує збільшити діаметр. Для уникнення намотування бур'янів на вал барабана, величину діаметра у ґрунтообробних машин з активними робочими органами для поверхневої обробки ґрунту величину діаметра барабана слід вибирати з таким розрахунком, щоб при максимальній глибині обробки забезпечувалося достатню відстань від поверхні до вала обертання. При малому діаметрі для забезпечення необхідної окружної швидкості ріжучого ножа необхідно більше число оборотів, що супроводжується підвищенням зносом робочих органів, вала, підшипників і надмірним розпилюванням ґрунту. Щоб агрегат не вдався громіздким і важким не слід допускати і надмірного збільшення діаметра барабана.

До питання вибору числа ножів на барабані, як і в випадку з діаметром барабана, різні вчені підходять по різному.

Єфімов Д.Н. і Канів Н.Ф. [51, 66] число ножів на диску рекомендують брати рівну шести.

Синьококов Г.Н. і Панов П.М. [123] вважають, що на диску барабана з одного боку слід встановлювати 2 ... 4 ножів. При цьому для просапних фрез з невеликим діаметром барабана рекомендується вибирати меншу кількість ножів, а для болотних фрез і ротаційних плугів - більшу кількість. Наприклад,

для отримання відповідної швидкості різання при малих діаметрах барабана слід зменшити число ножів, збільшивши число оборотів для збереження заданої подачі. Ці рекомендації пропонуються в основному фрез з активними робочими органами.

Кузнецов Ю.И. [78] використовуючи установку, укомплектовану дисками з двома, трьома, чотирма, шістьма і вісьма ножами встановив, що шести- і восьминожеві робочі органи забиваються і працюють незадовільно. Тому в основному увага була приділена чотирехножевим робочим органам.

Застосування ґрунтообробних фрез забезпечує високу якість подрібнення і закладення рослинних залишків, розпушування (крошення) ґрунту, перемішування ґрунту з мінеральними добривами. Однак при цьому їх робота супроводжується великими витратами енергії, які, як показують дослідження [79, 80, 124] залежать від конструктивних параметрів їх робочих органів і від обраних технологічних режимів функціонування. Одним з головних технологічних параметрів поряд з кінематичним режимом роботи є кут різання ґрунту ножом, який в значній мірі впливає на енергоємність фрезерування ґрунту [124].

Чаткін М.Н. [134] експериментально отримав залежності, що характеризують взаємозв'язок конструктивних параметрів і режимів роботи різних типів активних робочих органів з їх силовими та енергетичними показниками.

Зоні Р. в своїх роботах [155, 156] встановив, що збільшення ширини захвату ножів призводить до зменшення питомої енергоємності фрезерування. Тому захват ножів в фрезах доцільно встановити якомога більше, з урахуванням конструктивних можливостей (величину міжрядь і захисну зону).

Теоретичні дослідження показали, що для запобігання виникненню сил гальмування форма ножа повинна бути такою, щоб спинка ножа за час впровадження в пласт не впирається в шар і не перешкоджала руху барабана вперед. Таким чином, слід прагнути до того, щоб форма ножа задовольняла даній умові [114].

Таким чином при всьому різноманітті науково-дослідних робіт, присвячених вивченню ґрунтообробних фрез з активними робочими органами, практично відсутні дослідження присвячені вивченню профілю робочої поверхні ножа ґрунтообробної фрези, тому ми пропонуємо розробити принципово нові робочі органи на прикладі фрези з ножами хвилястої форми для передпосадковий обробки ґрунту .

В кінцевому підсумку запропонована фреза може підвищити якість подрібнення при обробці ґрунту і надійність ґрунтообробної машини, в тому числі зменшиться енергоємність роботи фрези за рахунок почергового взаємодії ножів з ґрунтом, створиться сприятливі умови для біологічного розвитку сільськогосподарських культур.

1.3 Агротехнічні вимоги до перед посадочної обробки ґрунту

Одним з найважливіших факторів підвищення врожайності картоплі є основний обробіток ґрунту. При обробці ґрунту під посадку картоплі необхідно створити сприятливі умови для росту і розвитку бульб. Для створення оптимального водно-повітряного і теплового режимів при посадці картоплі, необхідно дотримуватися таких вимог: зменшити зарядженість орного шару шкідниками і хворобами, знищити бур'яни, забезпечити пухкий орний шар.

Заходи по основній передпосадковій обробці ґрунту включають:

- обробку стерні (після зернових культур);
- обробіток проміжних культур;
- хімічну боротьбу з бур'янами;
- внесення мінеральних добрив (через небезпеку підвищення засмічення органічні добрива вносять тільки як виняток і найкраще під попередник);
- оранку (на зв'язкових ґрунтах восени, на легких - навесні);
- передпосадкової нарізки гребенів (восени або навесні);
- передпосадкової культивування і боронування.

При проведенні цих заходів потрібно враховувати конкретні місцеві

грунтові, кліматичні і погодні умови певного року.

Якщо попередником картоплі були зернові культури, то потрібно лушення стерні виконати відразу після збирання. Це сприяє знищенню коренів бур'янів, обмеження втрат вологи при випаровуванні. Лушення краще починати на глибину 6 ... 8 см в два сліди дисковими лушильниками, а на сильно ущільнених ґрунтах - дисковими культиваторами.

Так як численні проходи техніки по полях порушують структурний склад ґрунту, найкраще використовувати постійні технологічні колії. Поле поділяють на зони вирощування картоплі та проїзду техніки.

Після лушення проводять підйом зябу, для створення глибокого пухкого шару з об'ємом пір. Оранку виконують плугами ПЛН-6-35, ПЛН- 4-35, ПЛН-5-35, ПЛН-8-40 на глибину 23 ... 28 см. З тракторами К-701, Т-75МВ, Т-150, ЛТЗ - 155 і ін.

Щоб зайвий раз не переущільнюватимуть ґрунт, весняну оранку краще комбінувати з передпосадковою обробкою. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов проводять боронування і культивацію. Для більш якісної підготовки ґрунту останнім часом широко застосовується фрезерна обробка. Для поверхневого розпушування ґрунту використовуються фрези КВФ - 2,8, КФГ-3,6, культиватор -гребнеутворювач фрезерний (КМФ -2,8) і ін.

При осінньої підготовки ґрунту під посадку картоплі вносять органічні і мінеральні добрива. Великий вплив на врожайність картоплі надають органічні добрива, які можна внести як восени, так і навесні. Щоб підвищити ефективність дії мінеральних добрив 70% від їх загальної кількості вносять під основний обробіток, а решта 30% під час посадки і при догляді. На важких суглинистих ґрунтах вносять органічні добрива під зяблеву оранку. На піщаних і супіщаних ґрунтах вносять органічні добрива навесні під передпосівний обробіток.

Розкидачі СТТ-10, МВУ-0,5, МВУ-6, ІРМГ-4, вносять мінеральні добрива.

Машинами ПРТ-10 в агрегаті з тракторами - ЛТЗ-155, ПРТ-16 з

тракторами - К-701, РОУ-6 з тракторами типу "Білорусь", вносять органічні добрива [32, 56].

Застосовують прямоточну технологію внесення, здійснювану за допомогою розкидачів добрив, в разі коли поле розташоване до 3 км від місць зберігання органічних добрив. В інших випадках застосовується перевалочна технологія, при якій добрива транспортують на поля, буртують і потім за допомогою гноєрозкидачів вносять в ґрунт.

При посадці картоплі слід враховувати температурний режим: потрібно садити картоплю коли ґрунт прогріється до $6..7^{\circ}\text{C}$ на глибині 10 см. При більш низьких температурах ($3..5^{\circ}\text{C}$) потрібно садити пророщені або прогріті бульби.

З урахуванням ґрунтово-кліматичних умов використовують гребневу або гладку посадку. При гребневої посадці ґрунт краще прогрівається і провітрюється, а при гладкою посадці волога повільніше випаровується з ґрунту. На низинних важкосуглинистих і торф'янистих ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод картопля краще садити на грядках.

Найбільш поширений гребневий спосіб посадки картоплі, при якому на ділянці призначеному для посадки картоплі, роблять гребені висотою приблизно 15 см, з міжряддями 70 см. При механізованій посадці картоплі одним з недоліків є ущільнення дна борозен і підстав гряд через що ускладнюється повітрообмін в грядках .

Перед посадкою картоплі проводять розпушування і вирівнювання поля, щоб забезпечити прямолінійність рядів, рівномірну глибини закладення бульб і хорошого проростання і розвитку рослин. Для передпосадковий обробітку ґрунту в багатьох господарствах використовують універсальні розпушувачі-вирівнювачі типу РВК, використання яких підвищують врожайність до 16%. Починають передпосадкове розпушування з боронування боронами БЗСС-1. Після важкими боронами БДТ-7 проводять культивуацію чи дискування і плугами без відвалів глибоке розпушування на глибину 25..27 см [32].

1.4 Вплив факторів обробки ґрунтів на ріст і розвиток картоплі

Картопля - цінна продовольча сільськогосподарська культура, як в Україні, так і за кордоном. У світовому виробництві він займає одне з перших місць, є добрим попередником для більшості культур, добре переносить повторні посадки.

Ґрунтово-кліматичні умови в більшості регіонів дозволяють отримувати урожай картоплі на рівні 40 т / га і вище. Отримання більш 10 т / га завжди економічно виправдано. Порушення технології обробітку картоплі, неякісний посадковий матеріал, розміщення картоплі по поганих попередниках або недостатній рівень механізації основних процесів може призвести до низької врожайності картоплі [5, 6, 23, 24, 25, 32, 56, 81, 125, 126, 127].

Питаннями удосконалення технології обробітку картоплі, підвищення ефективності роботи картоплезбирального комбайна присвячені роботи багатьох вчених: Г.С.Алферова, Н.І. Верещагіна, І.В. Горбачова, П.І. Гаджиєва, А.Н. Захарченко, В.В. Зубкова, М.Н. Єрохіна, М.М. Колчина, В.М. Лабух, В.І. Славкіна, В.І. Старовойтова, А.А. Сорокіна, М.Б. Угланова, І.А. Успенського та ін. [2, 32, 56, 63, 69, 73, 74, 81, 82, 125, 126, 127].

При вирощуванні картоплі з використанням сучасних вітчизняних технологій в основному використовуються ґрунтообробні машини з пасивними робочими органами. Така технологія передбачає багаторазові міжрядні обробки, яка в кінцевому підсумку може призвести до порушення фізико-механічних властивостей ґрунту сприяють зростанню і розвитку бульб. Зарубіжні технології обробітку картоплі передбачають застосування ґрунтообробних машин з активними (фрезерними) робочими органами або комбінованих машин. При такій технології за один прохід агрегат може виконати кілька технологічних операцій. Таким чином, раціонально підібравши необхідне поєднання робочих органів ґрунтообробних машин і режимів їх руху, можна підвищити ефективність використання техніки при вирощуванні картоплі.

Одним з основних показників ефективності використання техніки при

виросуванні сільськогосподарських культур, зокрема картоплі є виконання за один прохід агрегату декількох технологічних процесів. Використання комбінованих агрегатів дозволяє зменшити ущільнення ґрунту ходовими системами МТА, за рахунок зменшення числа проходів по полю [55, 57, 58, 76, 89].

В результаті багаторазових проходів МТА на полях руйнується структура верхніх і ущільнюються нижні шари ґрунту, що призводить зниження її родючості і до різкого падіння врожайності сільськогосподарських культур [16, 31, 32, 55, 61, 63, 75, 77, 89, 113, 115].

Аналіз досліджень багатьох вчених показує, що для отримання високих врожаїв, необхідно враховувати оптимальний діапазон фізичних показників ґрунтів. При відхиленні значень цих величин від оптимальних спостерігається зниження врожайності сільськогосподарських культур, в середньому, на 8 .. 15%, а зниження врожайності картоплі може досягати навіть 40% [132, 138].

Виконуючи різні технологічні операції МТА багаторазово ущільнюють ґрунт. Аналіз досліджень багатьох вчених підтверджує, що при обробітку просапних культур кожна точка поля піддається 5 ... 9 кратному ущільнюють впливу, а іноді і більше. Сумарна площа слідів МТА на полі перевищує площу самого оброблюваного ділянки до 1,5-2раза [32].

Експериментально встановлено, що при сприятливих метеорологічних умовах на легких ґрунтах можна отримати високий урожай при щільності 1,5 ... 1,6 г / см., а на важких ґрунтах при щільності 1,6 г / см³ врожайність сільськогосподарських культур різко падає [17, 32, 56].

Поряд зі збільшенням щільності ґрунту при багаторазовій дії на ґрунт ходових систем машин, збільшується також її опір обробці, що призводить погіршення якості виконання технологічних операцій.

З кожним проходом колеса трактора по полю деформація ґрунту наростає, прагнучи до деякого межі для даного рівня навантаження [59, 60, 86]. Таким чином, багаторазову дію рушіїв МТА викликає накопичення деформацій ущільнення як у верхньому орному шарі, також і в підорних ґрунтових

горизонтах.

Матюк Н.С. [89] досліджував структурний стан підорних шарів на глибині до 60 ... 80 см на дерново-підзолисті середньо суглинистих ґрунтів. Результати цих досліджень показали, що процес наростання залишкових деформацій в підорних шарах йде швидше при застосуванні сучасних технологій вирощування і збирання сільськогосподарських культур, ніж процес відновлення їх під дією природних факторів. При цьому ускладнюється зростання і розвиток рослин, так як в результаті переущільнення підорного шару, порушується капілярний приплив вологи з глибших шарів ґрунту до верхніх.

Одночасно з ущільненням ґрунту при механічному впливі рушіїв на ґрунт відбувається інтенсивне руйнування її структури під впливом буксування. Ущільнення ґрунту відбувається в усіх напрямках: вертикальному, горизонтальному, поздовжньому і поперечному. При обробі просапних культур (картоплі) бічні, горизонтальні деформації поширюються на величину до 0,5 м, викликаючи пошкодження кореневої системи, і зміщення гнізда бульб картоплі. На дерново-підзолисті ґрунту в залежності від типу рушіїв, деформації поширюються в горизонтальному (бічному) напрямку, на відстань - 70 см [32, 114].

Є велика кількість досліджень про проблему переущільнення і деформації ґрунтів в процесі взаємодії рушіїв з ґрунтом, розроблений ряд практичних рекомендацій і вимог до ходових систем тракторів для зниження ущільнюючого впливу на ґрунт і підвищення їх тягових властивостей. Але пошуки науково обґрунтованих шляхів вирішення проблеми переущільнення ґрунту є актуальними і мають важливе народногосподарське значення.

Роботи [61, 62] Золотаревская Д.І. присвячені теорії взаємодії рушіїв з ґрунтом, на основі дослідження спільної взаємодії еластичних коліс і ґрунту, що володіють в'язкопружними властивостями. Нею виведені рівняння, що моделюють експериментальні залежності між, що розвиваються у часі напруженнями і деформаціями, що відображають в'язкоупругі властивості

ущільнює ґрунт і еластичних коліс. При цьому вона пропонує оцінювати вплив на ґрунт тракторів рядом показників: глибиною колії; збільшенням щільності ґрунту, на різній глибині; рівнем контактних напружень; величиною поширення деформації стиснення ґрунту і рядом ін. показників. Всі показники визначаються розрахунковим шляхом.

Матюк Н.С. [89] обґрунтував шляхи вирішення проблеми зниження переущільнення орних ґрунтів, викликаного мобільного сільськогосподарською технікою в сучасних системах землеробства. Він розробив модель родючості дерново-підзолисті ґрунти, адаптовану до інтенсивних машинним деформацій. Розроблена комплексна методика оцінки впливу рушіїв МТА на зміну фізико-механічних властивостей ґрунту і на врожайність вирощуваних культур. Обґрунтовано критерії та визначено показники ефективності зниження впливу на ґрунт рушіїв техніки [32, 56].

1.5 Висновки за розділом 1

1. Аналіз результатів досліджень та засобів, для суцільного обробітку ґрунту показав, що ґрунтообробні фрези покращують якість кришення ґрунту і закладення рослинних залишків, що дозволить в кінцевому підсумку підвищити врожайність картоплі.

2. В даний момент відсутня загальний метод при виборі основних параметрів і режимів роботи ґрунтообробних фрез. Для поліпшення параметрів і режимів роботи потрібен новий підхід у виборі профілю робочої поверхні ножа фрези з метою зменшення енергоємності фрезерування і поліпшення якості обробки.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Завдання дослідження

- розробка комп'ютерної моделі обробки ґрунту фрезою для вивчення профілю робочої поверхні ножа в площині обертання: вигнутого, прямолінійного, хвилястого;
- проведення розрахунків і обґрунтування профілю робочої поверхні ножа, при якому п'ята ножа не впирається в пласт;
- проведення розрахунків і обґрунтування профілю робочої поверхні ножа, що забезпечує мінімальну потужність на одиницю ширини захвату;
- проведення розрахунків і обґрунтування профілю робочої поверхні ножа, що забезпечує мінімальну роботу на одиницю площі;
- проведення розрахунків і обґрунтування профілю робочої поверхні ножа, що забезпечує мінімальний показник ефективності витрат на подрібнення.

2.2 Рівняння лінії профілю робочої поверхні ножа фрези

Розглянемо барабан фрези з горизонтальною віссю обертання (рис. 2.1).

Ножі фрези закріплені на вертикальних дисках і здійснюють складний рух: поступальний разом з віссю обертання барабана і обертальний навколо осі обертання. На диску встановлюють 4 або 6 ножів. Впровадження ножа в ґрунтовий пласт відбувається зверху вниз. Різання ґрунту здійснюється лезом ножа і передньою кромкою боковини ножа. Відрізаний пласт переміщується і кришиться робочою поверхнею ножа, зверненої всередину барабана.

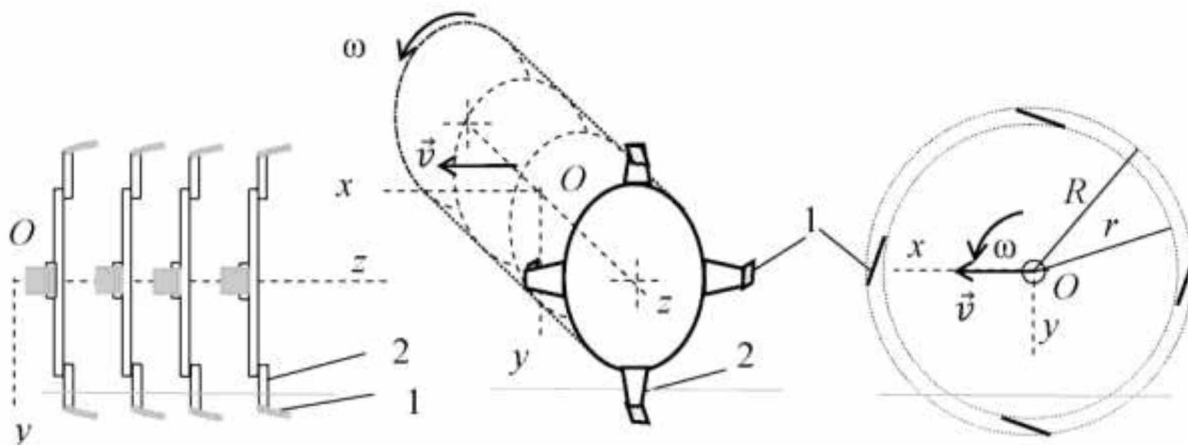


Рисунок 2.1– Барабан фрези з ножами 1 і боковинами з ріжучими крайками 2

Введемо наступні позначення:

$O_{jxjyjzj}$ - нерухома прямокутна декартова система координат з горизонтальною віссю $ojzj$, паралельною рухомій осі обертання барабана, і вертикальною віссю $O \setminus y \setminus$, жорстко пов'язана з пластом;

O_{xyz} - жорстко пов'язана з рамою фрези прямокутна декартова система координат з горизонтальною віссю Oz , що збігається з рухомою віссю обертання барабана фрези і вертикальною віссю Oy ;

R, ϕ - полярні координати, пов'язані з системою координат Oxy ;

t - час, с;

T_0 - момент часу, в який лезо ножа починає впровадження в пласт, с;

R, r - відстані від осі обертання барабана до найменш і найбільш віддалених точок ножа фрези, м;

H - відстані від осі обертання барабана до пласта, м;

ω - кутова швидкість обертання барабана, рад / с;

Γ_u швидкість точки рами фрези **при** поступальному русі;

V_f - величина швидкості Γ_u , м / с;

Щоб уникнути виникнення сил гальмування форма ножа повинна бути такою, щоб спинка ножа за час впровадження в пласт не впирається в шар і не перешкоджала руху барабана вперед.

Знайдемо рівняння профілю в полярних координатах ρ , φ , прив'язаних в даний початковий момент до обох систем координат. Вважаємо кутову швидкість, радіус фрези і швидкість шару щодо осі фрези заданими і незмінними.

Розрахунок проведемо в разі, коли точки M і M_2 збігаються. Цей випадок є граничним при незмінній довжині ножа і заданих кутовій швидкості обертання ножа та швидкості поступального руху корпусу фрези. Умови руху без упору при тих же розмірах і кутовій швидкості обертання ножів будуть виконуватися і при меншій швидкості поступального руху корпусу фрези. При цьому у формулі (2.1) буде виконуватися суворе нерівність, тобто буде мати місце неграничний випадок.

Координату φ будемо відраховувати в напрямку обертання барабана від осі Ox в площині обертання $z = 0$.

$$\varphi = \arcsin \frac{H}{\rho} - \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - H^2} - \sqrt{\rho^2 - H^2}). \quad (2.2)$$

З трикутників A_2OB і M_2OB , знайдемо, що

$$A_1M_2 = \sqrt{R^2 - H^2} - \sqrt{\rho^2 - H^2}.$$

За час повороту ножа на кут M_1OM_2 з кутовий швидкістю ω при переході з положення 1 в положення 2 точка A_2 пласта при русі зі швидкістю пласта проходить шлях A_1M_2 , тобто

$$A_1M_2 = \frac{v_f}{\omega} \left(\arcsin \frac{H}{\rho} - \varphi \right).$$

Прирівнюючи праві частини останніх двох рівнянь, отримаємо рівняння профілю ножа в полярних координатах, пов'язаних з системою координат Oxy , в момент часу t : Відзначимо, що ніж, профіль якого в площині обертання в момент t , представляє вигнуту лінію з рівнянням (2.2), рухається без упору пласта в спинку ножа на шарі, що розташовується на відстані H від осі барабана.

Щоб пласт не впирався в спинку ножа, співвідношення (2.1) має дотримуватися

на всіх шарах оброблюваного ножем пласта:

Можна довести, що спинка ножа не впирається в пласт на всіх шарах, якщо вона не впирається в пласт на верхньому шарі пласта. Таким чином, рівняння лінії нерухомого профілю ножа в полярних координатах, пов'язаних з системою декартових координат Oxy , в початковий момент часу має вигляд:

$$\varphi = \arcsin \frac{h}{\rho} - \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - h^2} - \sqrt{\rho^2 - h^2}), \quad (2.3)$$

где $r \leq \rho \leq R$;

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{h}{r} - \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - h^2} - \sqrt{r^2 - h^2});$$

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{h}{R};$$

$$\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_1.$$

Рівняння обертається навколо осі Oz профілю ножа в полярних координатах, пов'язаних з рухомою системою координат Oxy , виводиться з рівності (2.3):

Нехай в момент t_0 осі нерухомої і рухомої систем координат збігаються. За визначенням, координати x , y точки M ножа пов'язані з полярними координатами нерівності

$$\begin{cases} x = \rho \cos \varphi \\ y = \rho \sin \varphi. \end{cases} \quad (2.5)$$

З огляду на рівності (2.5), рівняння (2.4), що обертається відносно

$$\begin{cases} x_1 = x + v_f(t - t_0) \\ y_1 = y. \end{cases} \quad (2.6)$$

корпусу фрези профілю ножа можна записати в полярних координатах, пов'язаних з рухомою системою координат Oxy , так:

Розглянемо прямолінійний профіль ножа, який представляє собою в момент часу t_0 відрізок $A_1 B_1$, що з'єднує лезо і п'яту ножа, рівняння якого

$$h \leq H \leq R.$$

описується рівністю (2.3) (рис.2. 3).

Між координатами x, y точки M ножа і координатами x, y мають місце такі співвідношення:

Рівняння обертається навколо осі Oz прямолінійного профілю ножа в полярних координатах, пов'язаних з системою координат Oxy , виводиться з рівності (2.8) [8]:

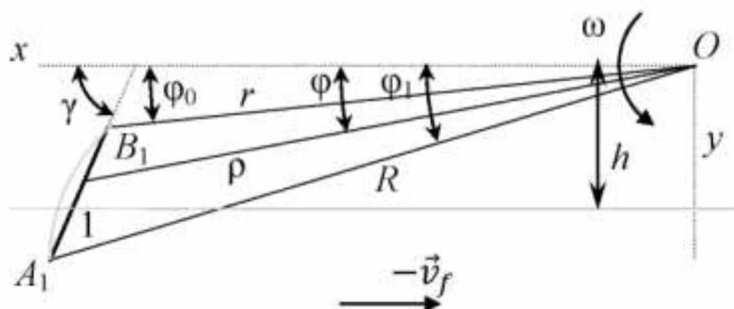


Рисунок 2.3 – Ніж 1 з прямолінійним профілем в площині Oxy

Рівняння відрізка $A_1 B_1$ в полярних координатах, пов'язаних з системою координат Oxy , в момент часу t_0 можна записати так (рис. 2.3) [9]:

$$F(x, y, t) = R \sin(\gamma - \varphi_1) - x \sin[\gamma + \omega(t - t_0)] + y \cos[\gamma + \omega(t - t_0)] = 0. \quad (2.11)$$

Вважаємо, що леза і крайні точки спинок ножів прямолінійного і вигнутого профілю збігаються. Так як прямолінійний профіль обмежений вигнутим профілем, то його спинка теж не буде вpirатися в шар. Так як з урахуванням рівності (2.5) то з рівняння (2.10) можна вивести рівняння, що рухається прямолінійного профілю ножа в рухомій системі координат Oxy в такому вигляді:

Поряд із зігнутих і прямолінійних профілями ножа розглянемо третій

профіль ножа, який назвемо хвилястим профілем. Хвилястий профіль задамо у вигляді синусоїди, укладеної між зігнутим і прямолінійним профілями (рис. 2.4).

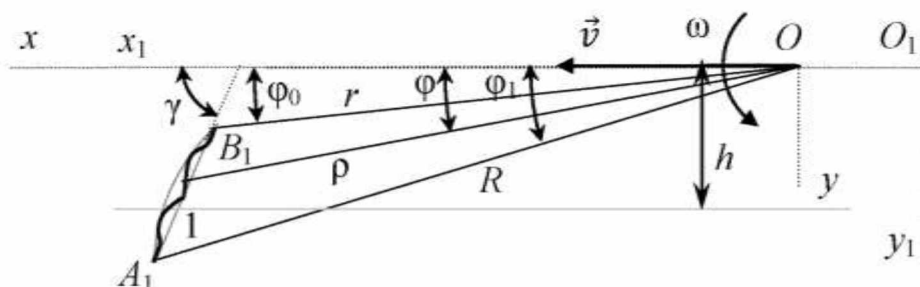


Рисунок. 2.4 – Ніж 1 з хвилястим профілем в площині Ox_1y_1

Рівняння лінії хвилястого профілю ножа в полярних координатах

$$\varphi = \arcsin \frac{h}{\rho_1} - \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - h^2} - \sqrt{\rho_1^2 - h^2}).$$

Від рівняння (2.12) можна перейти до рівняння нестационарної, хвилястою лінії профілю обертowego ножа в полярних координатах:

$$F(x, y, t) = \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)]} + \left[\rho_1 - \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)]} \right] \sin^2 \frac{2\pi(\varphi - \omega(t - t_0) - \varphi_0)}{\varphi_1 - \varphi_0}$$

$$\rho = 0,$$

где

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2};$$

$$\varphi = \arccos \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}};$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{R \sin \varphi_1 - r \sin \varphi_0}{R \cos \varphi_1 - r \cos \varphi_0}.$$

Запобігає упор ножа в пласт, у вигляді прямої лінії і у вигляді хвилястої лінії.

$$\rho = \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi]} + \left[\rho_1 - \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi]} \right] \sin^2 \frac{2\pi(\varphi - \varphi_0)}{\varphi_1 - \varphi_0}, \quad (2.12)$$

де $0 < \rho < \rho_1$

кут у визначається з рівності (2.9);

величина $\rho \pm$ пов'язана з полярним кутом ρ рівністю (2.3), а саме, ρ , (ρ в момент часу t_0 запишемо так:

Рівняння (14) можна записати в системі координат Oxy :

де величина визначається за допомогою рівності $V_i V_f'$

$$\arcsin \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} = \arcsin \frac{h}{\rho_1} - \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - h^2} - \sqrt{\rho_1^2 - h^2}).$$

$$\rho = \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)]} + \left[\rho_1 - \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin[\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)]} \right] \sin^2 \frac{2\pi(\varphi - \omega(t - t_0) - \varphi_0)}{\varphi_1 - \varphi_0},$$
(2.13)

где $\varphi_0 \leq \varphi - \omega(t - t_0) \leq \varphi_1$.

З огляду на рівності (2.5), уявімо рівняння (2.13) обертається відносно корпусу фрези профілю ножа в полярних координатах ρ , φ , пов'язаних з рухомою системою координат Oxy :

Так як хвилястий профіль укладений між прямолінійним і зігнутим профілем, його спинка не буде впирається в рухомий пласт.

$$F(\rho, \varphi, t) = \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin|\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)|} + \left[\rho_1 - \frac{R \sin(\gamma - \varphi_1)}{\sin|\gamma - \varphi + \omega(t - t_0)|} \right] \sin^2 \frac{2\pi(\varphi - \omega(t - t_0) - \varphi_0)}{\varphi_1 - \varphi_0} - \rho = 0,$$
(2.14)

2.3 Кінематика фрези

Розглянемо три види профілю робочої поверхні ножа, що контактує з ґрунтовим шаром: у вигляді зігнутої лінії,

Виведемо розрахункові формули для оцінки лінійних швидкостей точок ножа з вигнутим, прямолінійним і хвилястим профілями.

функцій (2.5) знайдемо компоненти вектора- градієнта до профілю ножа в рухомий системі координат O_{xy} :

($\Gamma < \rho < R$) в заданий момент часу t , де

Формули (2.15) дозволяють розрахувати проекції на осі Ox і Oy орта нормалі до профілю ножа в заданий момент часу в точці на заданій відстані від осі фрези:

$$t_0 \leq t.$$

Полярну координату φ точки M ножа можна знайти з рівняння (2.4):

$$\begin{cases} n_x = \frac{\partial F}{\partial x} / |\text{grad}F| \\ n_y = \frac{\partial F}{\partial y} / |\text{grad}F|. \end{cases} \quad (2.16)$$

Скористаємося властивістю паралельності осей рухомої і нерухомої систем координат. Так, осі Ox рухомий і $O1x1$ нерухомою систем координат відповідно паралельні. Отже, проекція p_x орта нормалі до профілю ножа на вісь Ox дорівнює проекції орта на вісь $O1x1$ нерухомої системи координат. Те ж справедливо для проекції p_y на осі Oy і $O1y1$.

Швидкість точки M ножа на відстані від осі фрези в момент, складається з окружної швидкості величиною Рівності (2.16), (2.17) дозволяють визначити нормальну і дотичну складові швидкості точки M ножа в момент t , коли її полярні координати в рухомий системі координат приймають задані

Підставляючи у вираз (2.18), (2.19) v_{tx} , v_{ty} з формул (2.17) і φ_x , φ_y з формули (2.16), знайдемо:

$$\begin{cases} v_{1n} = \left[(v_f - \rho\omega \sin \varphi) \frac{\partial F}{\partial x} + \rho\omega \cos \varphi \frac{\partial F}{\partial y} \right] / |\text{grad}F| \\ v_{1\tau} = \sqrt{v_f^2 + (\omega\rho)^2 - 2v_f\omega\rho \sin \varphi - v_{1n}^2}, \end{cases} \quad (2.20)$$

де вирази для φ_x , φ_y дані формулами (2.15). (ρ, ω) в системі координат Oxy і швидкості v_f осі Ox вздовж паралельної нерухомої осі Ox , або Oy координат

вектора-градієнта хвилястого профілю: окуляри М ножа з хвилястим профілем в момент t з заданими полярними координатами ρ , φ :

$$\begin{cases} v_{1n} = \left[(v_f - \rho\omega \sin \varphi) \frac{\partial F}{\partial x} + \rho\omega \cos \varphi \frac{\partial F}{\partial y} \right] / |\text{grad}F| \\ v_{1\tau} = \sqrt{(v_f - \rho\omega \sin \varphi)^2 + (\rho\omega \cos \varphi)^2 - v_{1n}^2} . \end{cases} \quad (2.27)$$

$$\begin{cases} v_{\tau} = \mu \sqrt{(v_f - \rho\omega \sin \varphi)^2 + (\rho\omega \cos \varphi)^2 - v_{1n}^2} . \end{cases} \quad (2.32)$$

где $v_{1n} = \left[(v_f - \rho\omega \sin \varphi) \frac{\partial F}{\partial x} + \rho\omega \cos \varphi \frac{\partial F}{\partial y} \right] / |\text{grad}F|$.

Рівності (2.27) дозволяють розрахувати проекції швидкості точки ножа з вигнутим, прямолінійним і хвилястим профілем на осі нормалі і дотичній до лінії профілю.

2.4 Динаміка пласта ґрунту і енергоємність обробки ґрунту

Обробку ґрунтового пласта ножем барабана фрези будемо розглядати як процес, що включає три фази:

- 1) розклинення пласта лезом ножа і боковиною ножа з утворенням стружки [9];
- 2) ударну дію робочої поверхні ножа на частки пласта при впровадженні ножа в пласт [8];
- 3) рух частинок пласта після удару з робочою поверхнею ножа, супроводжуване розпушування пласта [10].

Введемо наступні додаткові позначення: d - товщина ножа і боковини, м;
 l - ширина захвату ножа, м; w - ширина захвату барабана, м; s - подача, м;

m - число ножів на окружності барабана; n - число секцій (дисків) барабана; a - максимальне напруження зминання пласта, Н / м²;

ρ_b - щільність ґрунтового шару, кг / м³;

P_c - оцінка питомої, на одиницю ширини захвату, потужності, потрібної на зминання (розклинення) пласта лезом, Вт / м;

P_b - оцінка питомої, на одиницю ширини захвату, потужності удару, необхідної для повідомлення часткам швидкості, Вт / м;

P - оцінка питомої потужності на одиницю ширини захвату фрези, Вт / м;

E - оцінка питомої роботи обробки ґрунту на одиницю площі, Дж / м².

Будемо вважати, що енергоємність обробки пласта складається з енергоємності расклинювання пласта лезами і боковинами ножів і енергоємності зіткнень ножів з частинками пласта.

Знайдемо вираз для потужності, необхідної для того, що пласта лезом ножа і боковиною ножа.

Приймемо, що сила, що зім'яло (расклинивания) пласта ножем складається з розподіленої по ширині леза ножа сили зминання пласта лезом і розподіленої по довжині боковини ножа сили зминання пласта боковиною ножа.

Будемо вважати, що за час одного обороту ножа навколо осі фрези:

1) рівнодіюча сила F зминання пласта лезом ножа постійна, спрямована по дотичній до траєкторії a_1a_2c і відмінна від нуля тільки в той період, коли лезо ножа і точка прикладання сили зминання рухаються по траєкторії a_1a_2c (Рис. 2.6);

2) сила, що зім'яло пласта боковиною ножа розподілена на відрізок боковини між траєкторіями a_1a_2c і e_1c , відмінна від нуля тільки в той період, коли боковина ножа зрізує стружку $a_1a_2ce_1$ (рис. 2.6).

Нехай A_1 - робота сили F_1 за час одного оберту барабана фрези. Вважаючи, що товщина ножа і максимальне напруження зминання пласта постійні, знайдемо, що

$$A_1 = \sigma l d L_1 = \sigma V_1, \quad (2.33)$$

де L_1 - довжина дуги a_1a_2c ,

V_1 - обсяг витісненої лезом ножа ґрунту за час одного оберту барабана.

Аналогічно можна довести, що робота A_2 сили зминання пласта боковиною ножа за час одного оберту барабана фрези дорівнює добутку граничної напруги зминання пласта на обсяг V_2 ґрунту, витісненої боковиною

$$A_2 = \sigma V_2 = \sigma d S_a, \quad (2.34)$$

ножа:

де S_a - площа фігури $a \setminus a_2 c e \setminus$ стружки.

$$N = \omega T m n / (2\pi). \quad (2.35)$$

За час T барабан фрези здійснює $\omega T / (2\pi)$ оборотів і N зрізання стружки, що визначаються формулою

Стружка зрізається як лезом, також і боковиною ножа. Робота на зрізання однієї стружки визначається сумою $A_1 + A_2$. Тоді вираз для оцінки питомої

$$P_c = \frac{N(A_1 + A_2)}{T w}$$

потужності P_c на одиницю ширини захвату можна записати в такий спосіб:

або, враховуючи вирази (2.33) - (2.35),

$$P_c = \frac{\omega m n (L_1 l + S_a) \sigma d}{2\pi w} \quad (2.36)$$

Величини L_1 і S_a , що входять в формулу (2.36), обчислюються з геометричних і кінематичних умов руху ножа фрези за формулами

$$\begin{cases} L_1 = \int_{\arcsin \frac{h}{R}}^{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} + \frac{\omega(t_2 - t_1)}{2}} \sqrt{R^2 + v_f^2 / \omega^2 - 2Rv_f \sin u / \omega} du \\ S_a = R^2 \arccos \frac{y_c}{R} + y_c \sqrt{R^2 - y_c^2} - \frac{2v_f}{\omega} \sqrt{R^2 - y_c^2} - h s \end{cases}, \quad (2.37)$$

$$\text{где } y_c = R \cos \left[\frac{\pi}{m} - \frac{\omega(t_2 - t_1)}{2} \right],$$

Знайдемо необхідну потужність P_b на повідомлення часткам швидкості.

Припустимо наступні припущення (рис. 2.7):

1) впровадження ножа в пласт супроводжується зіткненням з робочою поверхнею ножа частинок пласта, розташованих в вертикальних

площинах між траєкторією $a_1a_2a_3$ леза ножа і траєкторією $b_1b_2b_3$ п'яти ножа; витрати енергії на ударне деформування пласта істотно менше, ніж на

2) частинки пласта перед ударом з робочою поверхнею ножа спочивають;

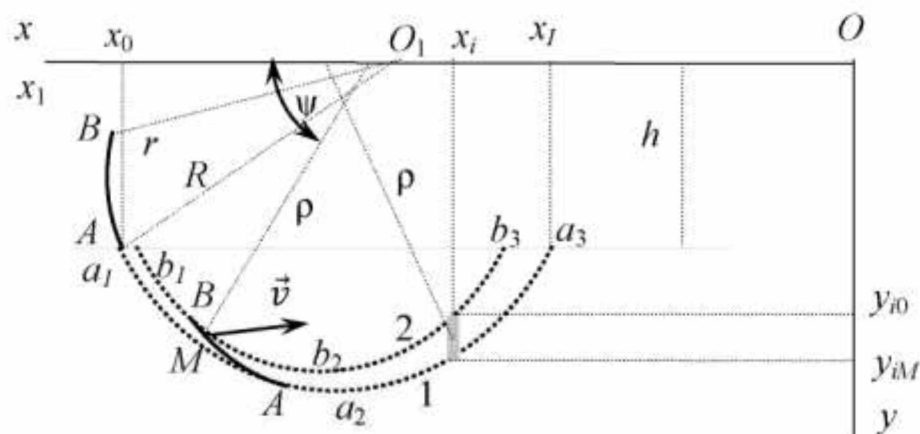


Рисунок 2.7– Траєкторії 1 леза А ножа і 2 п'яти В ножа

Відповідно до припущеннями 1, 2, 3 витрати енергії на удар одного ножа з частинками пласта рівні кінетичної енергії A_3 частинок пласта в області S_{ab} між траєкторіями $a_1a_2a_3$ і $b_1b_2b_3$ в вертикальних площинах після припинення удару:

$$A_3 = \frac{1}{2} \iint_{S_{ab}} \rho_b t v^2 dx dy, \quad (2.38)$$

v_n , v_T обчислюються за формулами (2.30) для вигнутого ножа, за формулами (2.31) для ножа з прямолінійним профілем, за формулами (2.32) для ножа з хвилястим профілем.

$$\begin{cases} x_B = v_f \frac{\psi}{\omega} + r \cos[\psi - \Delta\psi] \\ y_B = r \sin[\psi - \Delta\psi]. \end{cases} \quad (2.40)$$

где $\arcsin \frac{h}{r} \leq \psi \leq \pi - \arcsin \frac{h}{r}$;

$$\Delta\psi = \arcsin \frac{h}{R} - \arcsin \frac{h}{r} + \frac{\omega}{v_f} (\sqrt{R^2 - h^2} - \sqrt{r^2 - h^2}).$$

Рівняння траєкторії леза А ножа в площині обертання запишемо у вигляді

2.5 Комп'ютерна модель обробки ґрунту фрезою

Програма дозволяє будувати і виводити

- 1) лінії вигнутого, прямого і хвилеподібного профілів ножів;
- 2) траєкторії лез і п'ят ножів;
- 3) графіки залежності потужності змінання P_c , удару P_b , сумарної потужності P на одиницю ширини захвату фрези, питомої роботи E обробки пласта на одиницю площі, показника ефективності обробки пласта від швидкості руху корпусу фрези, оснащеною ножами з вигнутим, прямолінійним або хвилеподібним профілем;
- 4) графіки залежності потужності змінання P_c , удару P_b , сумарної потужності P на одиницю ширини захвату фрези, питомої роботи E обробки пласта на одиницю площі, показника ефективності обробки пласта від радіуса барабана фрези, оснащеною ножами з вигнутим, прямолінійним або хвилеподібним профілем при незмінних швидкості леза, швидкості корпусу фрези

Таблиця 2.1 – Перелік вихідних даних

позначення	пояснення	Значення за замовчуванням
H	Глибина обробки пласта	120 мм
R	Радіус барабана фрези	180 мм
ω	Кутова швидкість обертання барабана	48 рад / с
Wl	Довжина лінії профілю ножа в площині обертання барабана	24 мм
l	Ширина захвату ножа	40 мм
V_f	швидкість фрези	2,1 м / с
m	Число ножів на диску барабана	4
n	Число дисків барабана	10
P_b	Щільність пласта до обробки	1200 кг / м ³
G	Напруга змінання пласта	100 кПа
W	Ширина захвату фрези	3600 мм
$P-$	Коефіцієнт миттєвої тертя при зіткненні робочої поверхні ножа і частинок пласта	0,6
d_o	Коефіцієнт відновлення швидкості при зіткненні робочої поверхні ножа і частинок пласта	0.5

Як впливає з рівності (2.3), раціональна форма профілю ножа залежить від трьох параметрів: радіусу ножа, глибини обробки пласта і кінематичного параметра).

Аналіз рівності (2.3) показує, що ножі з профілем, розрахованим при заданій швидкості корпусу плуга і глибині обробки пласта, при інших рівних умовах забезпечують обробку ґрунту без упору спинки в пласт при меншій глибині і більшому значенні кінематичного параметра (рис. 2.9) [114].

Слід зазначити, що «економний» режим обробки пласта без упору в пласт досягається ножами, профіль яких розрахований при заданих геометричних параметрах барабана і параметри руху (рис. 2.10, ліворуч). Така ж обробка того ж пласта ножами, профіль яких розрахований при меншому значенні кінематичного параметра, призводить до збільшення навантаження на ніж і підвищенню витрат енергії на удар (рис. 2.10, праворуч).

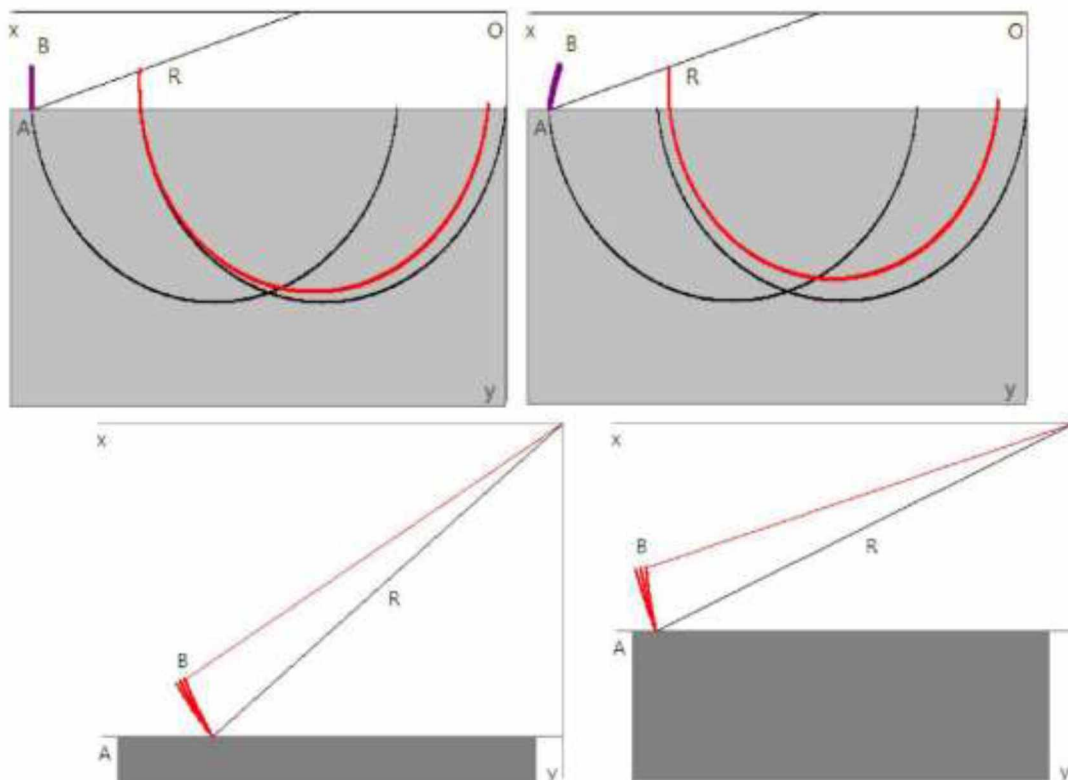


Рисунок 2.9– Лінії вигнутого профілю ножа при швидкості руху корпусу 0.7, 1.4, 2.1 м / с і глибині обробки шару 60 мм (зліва) і 120 мм (праворуч)

Рисунок. 2.10. Траєкторії точки леза ножа (чорна) і спинки ножа (червона) при кутовий швидкості барабана 48 рад / с і зігнутому профілі,

розрахованим при тій же кутовий швидкості (зліва) і ті ж траєкторії при зігнутому профілі, розрахованим при кутовий швидкості 24 рад / с (праворуч)

Енергоємність обробки пласта фрезою.

Енергоємність зминання ґрунту лезом обумовлена властивостями ґрунту і товщиною ножа. Вона безпосередньо пов'язана з довжиною траєкторії леза, що залежить від швидкості корпусу плуга (рис. 2.11, ліворуч).

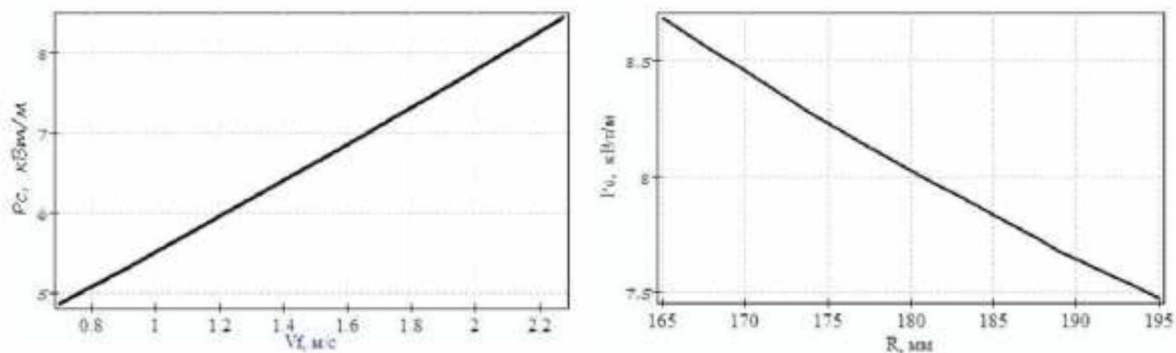


Рисунок 2.11 – Залежності питомої потужності P_c від швидкості корпусу фрези (зліва) і радіусу барабана при незмінних окружній швидкості лез ножів, глибині обробки пласта і швидкості корпусу фрези (праворуч)

За інших рівних умов питома енергоємність зминання пласта зменшується зі зменшенням швидкості.

Збільшення радіусу барабана з 165 мм до 195 мм при незмінних окружній швидкості лез ножів, глибині обробки пласта і швидкості фрези дозволяє знизити витрати енергії на зминання пласта на 14% (рис. 2.11, праворуч).

Витрати енергії на зминання пласта перевищують витрати енергії на зіткнення вигнутих ножів з частинками пласта більш ніж в 6 разів (рис. 2.12).

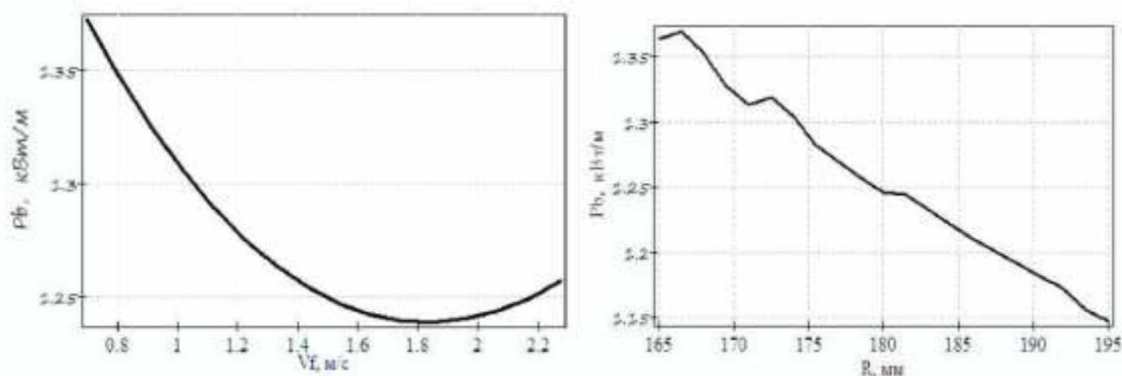


Рисунок. 2.12. Залежності питомої потужності P_b від швидкості корпусу фрези (зліва) і радіусу фрези

При цьому витрати енергії на зіткнення також знижуються зі збільшенням радіуса барабана при незмінних окружній швидкості лез ножів, глибині обробки пласта і швидкості корпусу фрези (рис. 2.12, праворуч).

Розрахунки показали, що за витратами енергії ножі з прямолінійним профілем поступаються ножам з вигнутим профілем, а ножі з вигнутим профілем поступаються ножам з хвилеподібним профілем (рис. 2.13).

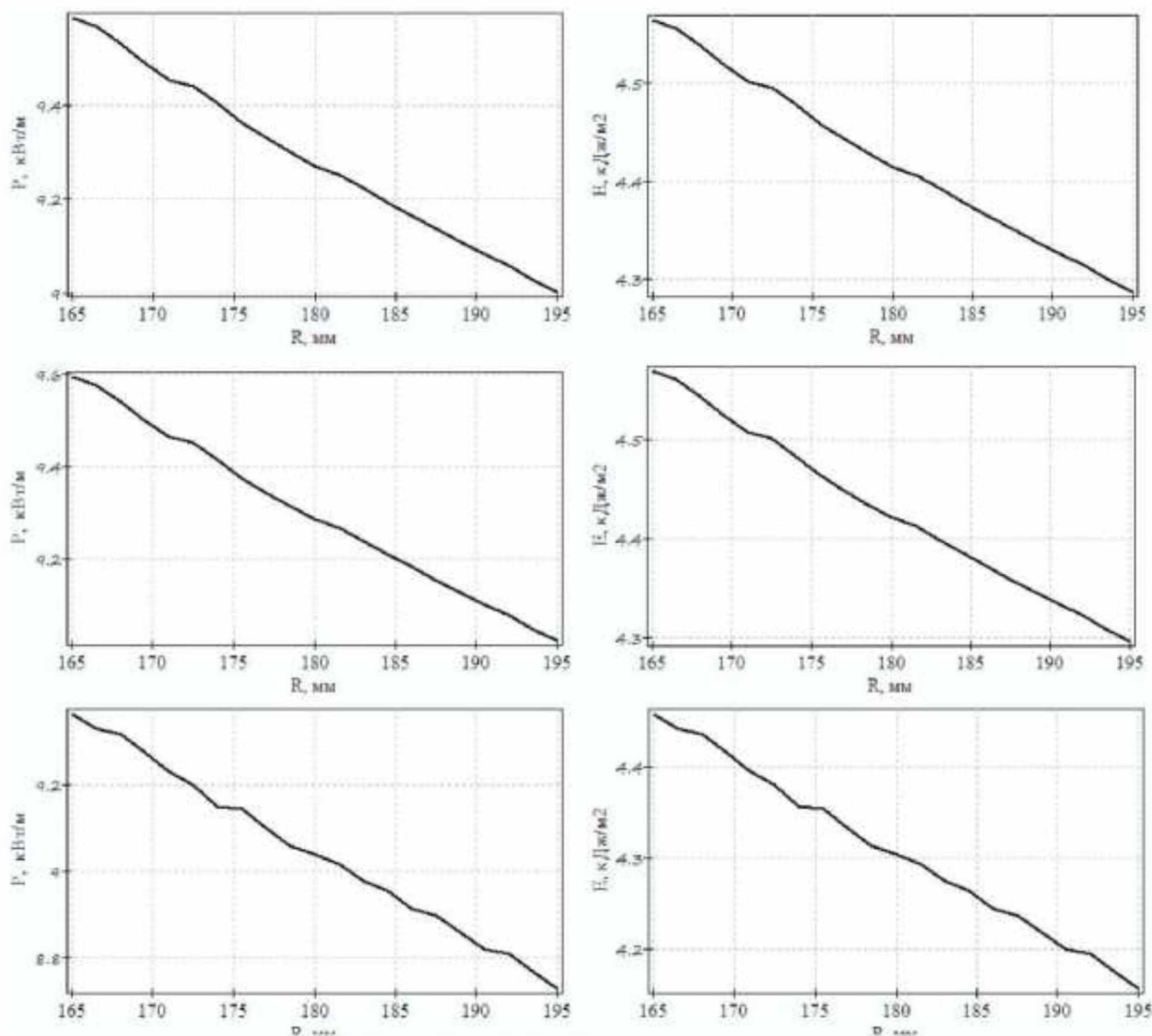


Рисунок 2.13 – Залежності потужності P (зліва) і питомої роботи E (праворуч) від радіуса фрези при незмінних окружній швидкості лез ножів, глибині обробки пласта і швидкості корпусу фрези з вигнутими (вгорі), прямолінійними (в центрі) і хвилеподібними (внизу) ножами

2.6 Мета і завдання експериментальних польових досліджень

Мета польових досліджень полягала в перевірці теоретичних передумов і проведенні порівняльних випробувань в господарських умовах фрези з базовими робочими органами і з експериментальними робочими органами (хвилястим профілем робочої поверхні ножа) для передпосадковий обробітку ґрунту під картоплю.

Фреза створює високу якість оброблюваного шару, після основного обробітку, виконаної плугами. Так як під час оброблення ґрунтового шару одночасно здійснюється рівномірна закладення рослинних залишків і перемішування верхніх шарів ґрунту з добривами.

Робочі органи фрези ФН-1,2 приводяться в дію від ВВП трактора. Ножі фрези виготовлені з особливою твердої зносостійкої сталі. Форма робочої поверхні ножа виконана хвилястою. Глибина обробітку ґрунту фрезою регулюється за допомогою гвинтового механізму, що змінює положення коліс по висоті.

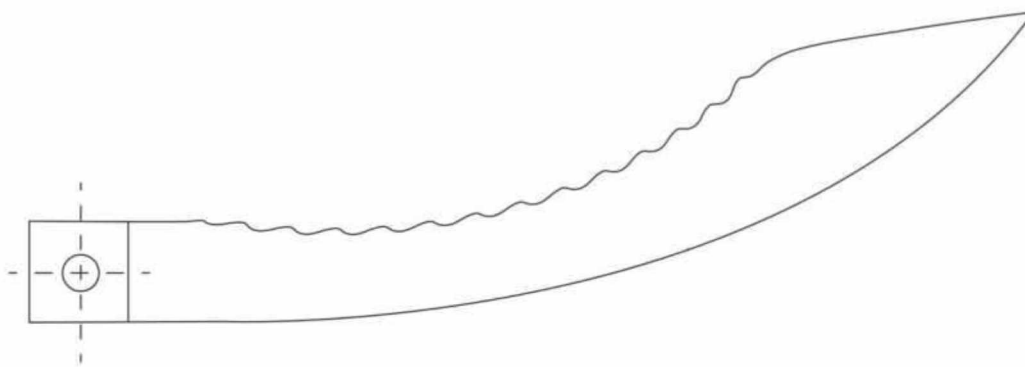


Рисунок 2.20– Загальний вигляд робочого органу

При обертальному русі ножі захоплюють відрізану стружку в обертання і відкидають назад, де вона ударяється об Грабельні грати і укладається на поверхню ґрунту дрібними грудочками.

З метою зменшення енерготрудозатрат, ножі фрези розташовані на барабані таким чином, щоб п'ята ножа не впиралася в пласт. А також,

розташування ножів забезпечує рівномірний вхід фрези в ґрунт і самоочищення ножів. Ґрунтообробна фреза агрегується з тракторами класу 1,4.

Таблиця 2.10 Технічна характеристика фрези ФН-1,2

№ п.п	показник	значення
1	Тип виробу	навісний
2	агрегується	трактор класу 1,4
3	привід машини	від ВВП
4	Робочі швидкості, км / год	
5	Транспортна швидкість, км / год	до 20
6	Обслуговуючий, в тому числі	1
	персонал, агрегат, людина	1
7	Маса машини (без запчастин), кг	700
8	Межі регулювання робочих органів:	
	по глибині обробки, см	4 ... 14
	фрезбарабанами	до 12
9	Трудомісткість до збірки, люд.-год	до 1,5
10	Трудомісткість укомплектування агрегату, люд.-год:	
	для робочого стану	0,08
	для транспортного положення	0,08
11	Кількість передач:	
	ремінна передача	Відсутнє
	ланцюгова передача	1
	карданна передача	1
	редукторів	Відсутнє

Програма - методика випробувань визначені по ГОСТ 209152011 [36] і СТО АІСТ 4.2-2010 [128].

Під час польових випробувань були дотримані нормативи всіх параметрів, які відповідали вимогам ТЗ на дану фрезерну машину.

Перед початком польових випробувань використовуються контрольні-вимірювальних приладів і обладнання були перевірені відповідно до ГОСТ 8.002-86 «Державний нагляд і відомчий контроль за засобами вимірювань». При виявленні будь-яких відхилень проводилася регулювання робочих органів з урахуванням умов проведення експерименту.

З урахуванням мети польових досліджень в програму випробувань поставлена була перевірка наступних видів оцінок:

а.експлуатаційно-технологічна оцінка роботи;

б.агротехніческая оцінка агрегату;

в.економіческая оцінка за результатами роботи.

Щоб провести оцінку експлуатаційно-технологічного показника керувалися ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24056-88, ГОСТ 24057-88, ОСТ 70.4.2-80, ОСТ 10.4.2-2001. результати експлуатаційно-технологічної оцінки заносяться в спеціальні журнали за відповідною формою. При цьому враховувалися умови проведення даної оцінки.

Необхідна агротехнічна оцінка фрезерної машини здійснюється відповідно до ОСТ 10 1.1-98, ОСТ 10 4.2-2001 і ОСТ 70.4.2-80.

Економічна оцінка проводилася відповідно до ГОСТ 23729-88. Ця оцінка зазвичай визначається з використанням даних, отриманих під час експлуатаційно-технологічної та агротехнічної оцінок з використанням потрібних довідково-нормативних матеріалів.

Ділянка, де проводилася агротехнічна оцінка агрегату повинен відповідати таким вимогам:

- ділянка повинна бути однотипним по попереднім обробкам і рослинам;
- за площею повинен дозволяти виконання передбачених програмою робіт;
- поле повинен відповідати обраному типу, тобто мати рівний рельєф і бути однотипним.

Під час проведення агротехнічної оцінки показники ділянки і якості роботи машини повинні містити наступні показники: вираженість рельєфу і мікрорельєфу, тип ґрунту, твердість, щільність ґрунту, вологість, засміченість бур'янами, пожнивними залишками. Перераховані показники визначаються безпосередньо перед запуском агрегату в роботу по ГОСТ 20915-2011 [36].

Отримані результати оцінки заносяться в таблицю. Якість дотримання

експлуатаційно-технологічного процесу визначається відповідно до ГОСТ 26025-83 [37] і ОСТ 10 4.2-2001.

Машина повинна пропрацювати в господарських умовах більше 5 годин основної роботи перед початком проведення польових випробувань. Щоб визначити показники якості роботи фрези встановлюється потрібний режим роботи з урахуванням умов даних випробувань і агротехнічних вимог. Режимми регулювання встановлюють на поле, де однаковий агрофон. Встановлені режими регулювання заносяться в журнал випробувань.

Експериментальні випробування фрези ФН-1,2 проводилися по СТО АІСТ 4.2-2010 «Машини і знаряддя для поверхневої і дрібної обробки ґрунту. Методи оцінки функціональних показників» [128].

Робоча ширина захвату машини визначається за ГОСТ 26025-83 [37].

Щоб визначити швидкість руху фрези на певних місцях відзначають віхами ділянки довжиною понад 50 м. Фіксацію часу проходження ділянки визначають секундоміром в чотириразове повторності: дві - в одному і дві - в зворотному напрямку руху. Як правило це робиться на максимально можливих швидкостях руху агрегату. При виборі швидкостей необхідно виходити з правил, що пред'являються до технічного завдання та інструкції по експлуатації.

Глибина обробки ґрунту визначалася за загальноприйнятою методикою [128]. Лінійку занурюють в ґрунт до необробленого шару по сліду робочого органу з інтервалом 1 м. Кількість вимірювань проводиться більше 25 разів для всіх робочих органів в кожній повторності. Досвід повторюється в 4 рази (дві по ходу руху агрегату, дві - назад). Допустима похибка вимірювання - не більше 1 см.

Для вимірювання вологості ґрунту використовували метод гарячої сушки. Взяті проби витримувалися в сушильній шафі при температурі 105 ° С і зважувалися до сушки і після сушіння на вагах. При цьому вологість розраховували за формулою (4.1):

Для визначення твердості ґрунту використовували ґрунтовий пенетрометр. Вимірювання проводились на глибину до 0,025 м в п'ятикратній повторності в точках розміщення по прямій лінії на типовою майданчику з кроком в 50 см.

Якість кришення ґрунту визначали за стандартною методикою. Для цього використовували ящик для взяття проб ґрунту, набір сит і ваги ВЛКТ - 500.

Щоб визначити ступінь кришення ґрунту проби відбираються в чотирьох точках ділянки (дві по ходу руху і дві - назад) з площею 0,25 м² на глибину обробки через через годину після проходу агрегату. Взяті проби ділимо на різні фракції, за допомогою спеціального набору решіт з діаметрами отворів, що відповідає розмірам отриманої фракції ґрунту.

Отримані результати зважувань, вмісту кожного решета заносилися в журнал спостережень, за якими обчислювали процентний вміст і-ої фракції грудок Пк%:

Потім визначали коефіцієнт крошення ККР ґрунту за формулою

Відповідно до вимог стандарту, частинок ґрунту розміром 50 мм в загальному обсязі проби не повинно бути менше 85%.

Гребенястий обробленої поверхні визначили виміром подовження шнура при копіюванні рельєфу поверхні ґрунту. Для цього в ґрунт забивають кілочок і прив'язують до нього шнур з мірної стрічкою на кінці. Шнур натягують поперек напрямку обробки і на 10 метровий позначці забивають другий кілочок. Довжина натягнутого шнура між кілочками дорівнює 10 м. При звільненні шнура його довжина між кілочками збільшується внаслідок копіювання поверхні ґрунту. Подовження шнура визначається по мірній стрічці. Ставлення подовження шнура (см) до базисної довжини його (м) дає відсоток гребнистої ріллі.

Підрізання рослинних залишків при луценні стерні визначають шляхом зрізу і зважування рослинних залишків з майданчиків розміром (1x1) м, які повторюються в десять разів по діагоналі поля до проходу машини. Кількість

взятих майданчиків чотири (дві по ходу руху агрегату і дві - зворотний бік). Після проходу агрегату накладають облікові рамки по ширині захвату агрегату довжиною 0,5 м. В межах взятих ділянок не підрізані рослинні залишки зістригають і зважують. Похибка зважування ± 10 г.

Підрізання рослинних залишків $G_n, \%$, визначають за формулою

Підрізання бур'янів визначали по кількості не підрізають бур'янів на взятих ділянках, після видалення бур'янів не раніше ніж через 20 годин і не пізніше ніж через 30 годин після обробки ґрунту.

2.7 Висновки по другому розділу

1. Розроблено математична моделі, які дозволили вивчити, вплив форм робочої поверхні ножів фрези на якісні та енергетичні показники процесу розпушування ґрунту.

2. За витратами енергії ножі з прямолінійним профілем поступаються ножам з вигнутим профілем, а ножі з вигнутим профілем поступаються ножам з хвилеподібним профілем; при цьому хвилеподібний ніж забезпечує зниження витрат енергії на 9%.

3. У межах зміни радіуса по кінцях різальних крайок ножів від 165 до 195 мм при постійній їх окружній і робочої швидкості, глибині обробки ґрунту витрати енергії знижуються на 0,4 кДж / м.

Зі збільшенням робочої швидкості фрези якість розпушування пласта за коефіцієнтом розпушування зменшуються, питомі витрати енергії на обробку пласта зменшуються, ефективність обробки ґрунту поліпшується.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати польових випробувань на якість передпосадкового обробітку ґрунту



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд агрегату при виконанні технологічного процесу

Експериментальні дослідження проводилися на полях господарства

Завдання лабораторно-польових випробувань полягала у вивченні впливу ґрунтообробної фрези ФН-1,2 з хвилястим профілем робочого органу на якість передпосадковий обробітку ґрунту під картоплю.

Вимоги до показників умов випробувань були визначені по СТО АІСТ 4.2-2010 [128], ГОСТ 20915-2011 [36].

Випробування ґрунтообробної фрези проводилися на полях після збирання ячменю.

Таблиця 3.1– Характеристика поля

показник	Значення показника при лабораторно-польових випробуваннях
Вид діяльності Характеристика поля: тип ґрунту і її механічний склад	розпушування ґрунту середньосуглинистих слабовищелоченний чорнозем
рельєф	рівний
мікрорельєф	хвилястий
Попередня культура і попередня обробка	Ячмінь розпушування стерньових фон
Наявні на ділянці, землісті купини вище 10 см	купини були відсутні
Твердість ґрунту, МПа, в шарі, см: св. 0 до 5 включ. 5-10 10-15 15-20	0,9 1,3 1,5 1,9
Вологість ґрунту, %, в шарі, см: св. 0 до 5 включ. 5-10 10-15 15-20	18,7 19,8
Кількість бур'янів на контрольній ділянці, шт. / М ²	21,1 22,4
Висота рослинних і пожнивних залишків в середньому, см	9 21
Маса бур'янів і пожнивних залишків, г / м ²	219

Твердість ґрунту становить - 0,9 - 1,9 МПа, вологість - 18,7-22,4%, середня висота рослинних залишків на ділянці становить 21 см, при допустимій 25 см, а маса бур'янів і пожнивних залишків 219 г / м² .

Завдання лабораторно-польових випробувань полягала у вивченні впливу ґрунтообробної фрези ФН-1,2 з хвилястим профілем робочого органу на якість передпосадковий обробітку ґрунту під картоплю.

Експериментальні дослідження ґрунтообробної фрези ФН-1,2 проводилися при встановленій глибині 12 см, з шириною захвату агрегату 1,2 м.

ґрунтообробну фрезу ФН-1,2 агрегатуватися трактором Т-40А. Робоча швидкість була однаковою і склала 1,12 м / с.

Таблиця 3.2 - Результати агротехнічних показників при польових дослідженнях

показник	Значення показника за даними випробування	
Дата і місце проведення оцінки	25.04. 2020 р	
склад агрегату	Т-40А + ФН-1,2 Базовий	Т-40А + ФН-1,2 з хвилястими робочими органами фрези експериментальний
Установча глибина обробки, см	12,0	12,0
Робоча швидкість агрегату, м / с	1,12	1,12
Показники якості виконання технологічного процесу:		
Гребенистість поверхні поля, см	+ 1,9	+1,8
Глибина обробки в середньому, см	12,2	12,2
Відхилення середньої глибини обробки від встановленої, см	± 0,2	± 0,2
Робоча ширина агрегату, м	1,2	1,2
Ступінь кришіння ґрунту, %: розмір фракцій в шарі 0 ... 12 см:	100	100
до 50 мм до 25 мм	85,2	91,6
Підрізання бур'янів,%	100	100
Закладення поживних залишків,%	83	90
Середній діаметр частинки (D), мм	7,5	6,4

З отриманих даних (таблиця 3.2) видно, що фреза в обох варіантах надійно витримує ширину захвату і глибину фрезерування ґрунту.

Відхилення середньої глибини обробки від встановленої склало +0,2 см.

Після проходу ґрунтообробної фрези з базовими робочими органами і робочими органами з хвилястим профілем робочої поверхні ножа, кількість не зруйнованих грудок розміром до 50 мм було отримано 100% в обох випадках, а розміром до 25 мм - 85,2% і 91,6% відповідно .

І базові і дослідні робочі органи забезпечили повне підрізання рослинних залишків, а закладення поживних залишків на 83% і 90% відповідно.

Гребнистість поверхні поля склала +1,9 см і +1,8 см.

Результати агротехнічної оцінки показують, що ґрунтообробна фреза

ФН-1,2 з хвилястою робочою поверхнею ножа по всіх параметрах якості виконання технологічного процесу задовольняє агротехнічним вимогам в цілому, зокрема підходить до ґрунтів для посадки картоплі [115].

Значне поліпшення передпосадковий обробітку ґрунту з хвилястим профілем робочого органу фрези позитивно відбилося на врожайності картоплі, що підтверджується актами, отриманими від фермерського господарства «Радуга», де проводилися господарські дослідження.

Рисунок 3.3– Врожайність картоплі

3.2 Встановлення питомого тягового опору

Вплив досліджуваних факторів на величину питомої тягового опору фрези оцінювалося після обробки результатів дослідів за розробленим алгоритмом.

Таким чином, рівняння регресії, що відбиває в закодованому вигляді вплив значущих чинників на величину питомої тягового опору, матиме вигляд :

Таблиця 3.3 – Характеристика збирання картоплі при лабораторно-польових випробуваннях

Найменування показників	Ділянка обробки фрезою ФН-1,2	Ділянка обробки з хвилястим профілем ножа
сорт картоплі	Вінета	Вінета
номер ділянки	1	2
Ширина міжрядь, см	70	70
Фактичний урожай бульб, ц / га	150	180
Розмірно-масова характеристика бульби:		
- довжина, мм	47	48
- ширина, мм	36	39
- товщина, мм	28	28
- середня маса бульби, г	72	86
Склад бульб в процентах по масі, г:		
- від 15 до 50	16,4	8,8
- понад 50 до 80	28,3	29,1
- понад 80	55,3	62,1



$$Y = 18,36 + 0,156X_1 - 0,117X_3 - 0,515X_2^2 + 0,585X_4^2 + 0,206X_1X_4, \quad (3.1)$$

де X_1 - кутова швидкість ш барабана фрези; X_2 - швидкість v поступального руху фрези; X_3 - глибина H обробки ґрунтового шару; X_4 - число m ножів на одній площині барабана.

В результаті аналізу рівняння регресії (3.1) отримано, що зі зростанням кутової швидкості ш барабана фрези питомий тяговий опір збільшується по експоненціальній залежності (рис. 3.1).

Якщо значення швидкості поступального руху фрези $v = 2,1$ м / с і з зростанням кутової швидкості ш барабана фрези в діапазоні 20 ... 30 рад / с питомий тяговий опір збільшується на 1,5%, а в діапазоні 30.40 - на 2% (рис. 3.1).

При числі ножів $m = 2$ шт. і зі збільшенням швидкості v в інтервалі .3,2 м / с питомий тяговий опір збільшується на 2,5%, а в діапазоні 3,2 ... 4,3 м / с - на 3,0% (рис. 3.2).

При кутової швидкості барабана фрези $\tau = 30$ рад / с і з збільшенням глибини H обробки ґрунтового шару в діапазоні 100.120 мм Питомий тяговий опір збільшується на 2,0%, при 120. 140 мм - на 2,5% (рис. 3.3).

Перевірка за допомогою критерію Фішера ($F_t = 2,17$) гіпотези адекватності моделі (3.61) Показала придатність її використання в

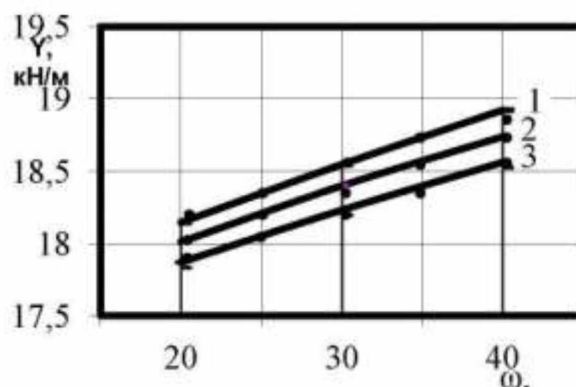


Рисунок 3.1 - Вплив кутової швидкості τ барабана фрези на питомий тяговий опір при:

1 - $v = 2,1$ м / с; 2 - $v = 3,2$ м / с; 3 - $v = 4,3$ м / с

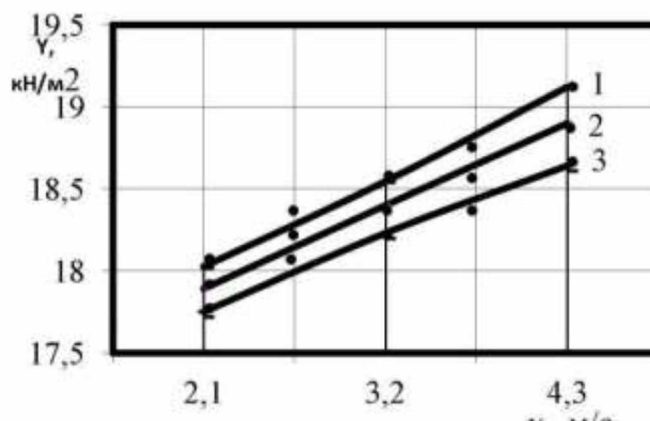
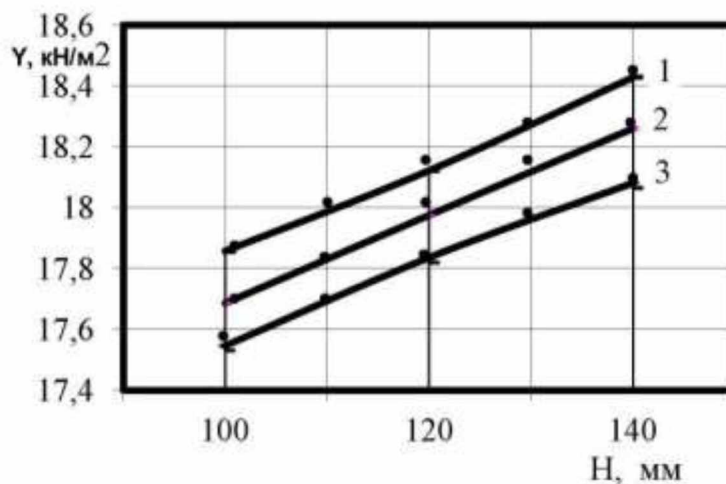


Рисунок 3.2 - Вплив швидкості поступального руху фрези v на питомий тяговий опір:



1 - $m = 2$ шт. ; 2 - $m = 3$ шт. 3 - $m = 4$ шт.

Рисунок 3.3 - Вплив глибини H обробки ґрунтового шару на питомий тяговий опір:

1 - $\omega_{\min} = 20$ рад / с; 2 - $\omega_0 = 30$ рад / с; 3 - $\omega_{\max} = 40$ рад / с.

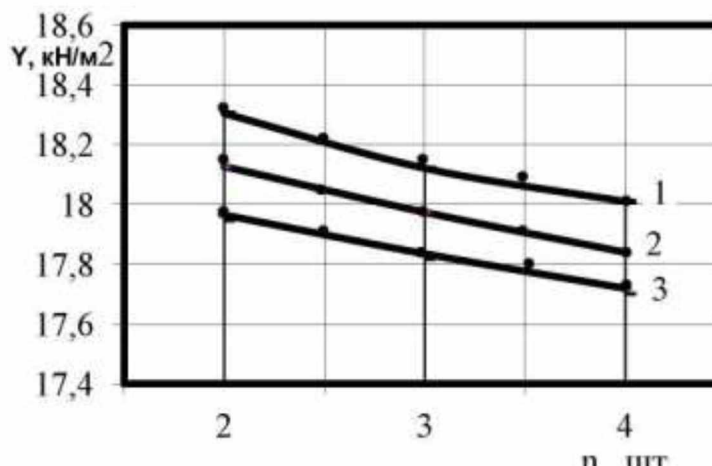


Рисунок 3.4 - Вплив числа ножів барабана m на питомий тяговий опір:
1 - $H_{min} = 100$ мм; 2 - $H_0 = 120$ мм; 3 - $H_{max} = 140$ мм.

При глибині обробки $H_0 = 120$ мм і зі збільшенням числа m ножів на одній площині барабана на 1 шт. Питомий тяговий опір знижується на 1,5%, а на 2 шт. - на 1,8% (рис. 3.4).

Як прогнозування питомої тягового опору агрегату з довірчою ймовірністю 95%.

3.3 Висновки по третьому розділу

1. Наведено математичні моделі і дано порівняльний аналіз коефіцієнтів рівняння регресії другого порядку при дослідженні впливу значущих чинників на величину питомої тягового опору, на середній розмір D не руйнування грудок після фрезерування, ступінь кришення K після фрезерування.

2. При числі ножів $m = 2$ шт. і зі збільшенням швидкості V в інтервалі 2.1-3.2 м / с питомий тяговий опір збільшується на 0,5 кН / м², а в діапазоні 3,2 ... 4,3 м / с - на 0,8 кН / м. При кутової швидкості барабана фрези $\omega = 30$ рад / с і з збільшенням глибини H обробки ґрунтового шару в діапазоні 100.120 мм питомий тяговий опір збільшується на 0,2 кН / м, при 120. 140 мм - на 0,4 кН / м.

3. При швидкості поступального руху $V = 2,1$ м / с і з збільшенням кутової швидкості ш барабана фрези в діапазоні 20.30 рад / с середній розмір D не руйнування грудок зменшується на 0,1, а в діапазоні 30.40 - на 0,2 мм, а з збільшенням швидкості V в інтервалі 2.1-3.2 м / с середній розмір D не руйнування грудок зменшується на 0,2 мм, а в діапазоні 3,2.4,3 м / с - на 0,3 мм.

4. При кутовий швидкості ш барабана фрези зі збільшенням глибини H обробки ґрунтового шару в діапазоні 100.120 мм подрібнення ґрунту зменшується на 2,0%, при 120. 140 мм - на 2,5%, а зі збільшенням числа m ножів на одній площині барабана 1 2 шт. подрібнення ґрунту збільшується на 1,5-2%.

4 РЕКОМЕНДАЦІ ЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Техніко-економічна оцінка результатів досліджень

Порівняльний аналіз економічної ефективності дослідного зразка ґрунтообробної фрези ФН-1,2 на базі робочих органів з хвилястим профілем поверхні ножа проводилася відповідно до ГОСТ 23729-88 [38]. Оцінка проводиться з використанням необхідних довідково-нормативних матеріалів, на підставі отриманих під час експлуатаційно-технологічної та агротехнічної оцінок даних.

Для економічної оцінки ефективності дослідного зразка ґрунтообробної фрези ФН-1,2 на базі робочих органів з хвилястим профілем поверхні ножа проводилося порівняння ґрунтообробної фрезою ФН-1,2 з базовими робочими органами. Фреза агрегувалися з трактором Т-40А.

Отримані результати експлуатаційних та енергетичних показників обох варіантів робочих органів фрез представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1– Значення експлуатаційних та енергетичних показників порівнюваних варіантів робочих органів фрез

Варіант робочих органів	базовий	дослідний	Базовий по відношенню до досвідченого, %
Середня швидкість руху агрегату, м / с	1,12	1,12	0
Середня глибина обробки, м	0,12	0,12	0
Витрата палива за годину основного часу, кг / год	12,3	10,4	-18,3
Витрата палива на одиницю площі, кг / га	13,1	10,9	-21
Продуктивність за годину, га / год	0,47	0,47	0
Тяговий опір агрегату в середньому, кН	23,4	19,6	-19

Питомий тяговий опір, кН / м ²	24,2	18,9	-28
Ступінь крошення ґрунту, %	85,3	92,6	+9

На основі рекомендацій «Методика визначення економічної ефективності технологій і сільськогосподарської техніки, частини I і II. Нормативно - довідковий матеріал» [91].

Прибуток П, яка визначається за формулою (5.1) є основним визначальним показником економічної ефективності при впровадженні нових технологій і техніки, по вказаній методиці:

$$P = Cr - Cp \quad (4.1)$$

де Cp собівартість виконаних робіт, грн,

Cr - ціна реалізованих робіт, грн.

Норма прибутку визначається за формулою:

$$H_n = \frac{P}{C_p} * 100\%$$

При визначенні собівартості продукції рослинництва, витрати йдуть на утримання та експлуатацію машин, є комплексною статтею витрат. Порівняльну економічну ефективність при порівнянні двох машин (базовий і експериментальний) при незмінному обсязі їх виробництва визначають за формулою

$$\Xi = Z_b - Z_{екс}$$

де Z_b та Z_{екс} - експлуатаційні витрати при використанні техніки за базовим і експериментальному варіантів, грн.

Статті експлуатаційних витрат діляться на постійні (не залежать від зміни обсягів виконаних робіт (річного завантаження)) і змінні (змінюються пропорційно річний завантаженні). До постійних витрат, відносяться амортизаційні витрати, накладні витрати, податки, страхування. До змінних витрат, відносяться витрати на технічне обслуговування і ремонт, оплату праці, паливо.

Щоб визначити експлуатаційні витрати потрібно визначити балансову вартість дослідного зразка ґрунтообробної фрези ФН-1,2 з новими робочими органами.

Як правило, балансова вартість машини складається з ціни поставленого заводом - виробником, торгової націнки посередників і податку на додану вартість.

$$B = Ц \left(\frac{1 + H_{дв}}{100} \right) \cdot \left(\frac{1 + H_{нац}}{100} \right) + Z_{см} + Z_{тр},$$

де Ц - ціна, поставлена заводом - виробником, грн;

Пдв - податок на додану вартість (ПДВ), %;

Ннац - торгова націнка, %;

Z_{см} - витрата на підготовчі роботи, грн;

Z_{тр} - витрата на транспортування техніки, грн.

Податок на додану вартість на сільськогосподарську техніку при розрахунку комерційної ефективності не враховується, тому що компенсується з державного бюджету. Балансова вартість фрези з новими робочими органами визначається за формулою

$$B_e = 1,15 \cdot B, \text{ грн}$$

де 1,15 - коефіцієнт конструктивної складності нових робочих органів.

Обчислення експлуатаційних витрат наведена в таблиці 4.2.

Статті експлуатаційних витрат обчислювалися за такими залежностями.

$$Z_n = \frac{C_{т.т.р}}{W_n},$$

Заробітна плата тракториста за одиницю виконаної роботи

де Стар = 90,6 грн / год - тарифна ставка механізатора 6 розряду; W_n - продуктивність за годину експлуатаційного часу. Амортизаційні відрахування

$$Z_a = \frac{B \cdot H_a}{100 \cdot T \cdot W_a}$$

$$Z_T = \frac{H_T \cdot Ц_T}{W_a}$$

де H_a - норма амортизаційних відрахувань, %; T_T - річна завантаження, ч.

Витрати на паливо де H_T - витрата палива, кг / га; $Ц_T = 26$ грн / кг .

Таблиця 4.2– Значення показників експлуатаційних витрат

показники	базовий варіант	Експериментальний варіант	джерело
Марка знаряддя	ФН-1,2	ФН-1,2В	
модель трактора	Т-40А	Т-40А	
Ціна трактора на балансі	130000	130000	Н.с.м.
Ціна знаряддя на балансі	58000	66700	розрахунок
Нормативи на амортизаційні відрахування, %:			Н.с.м.
- на трактори	12,5	12,5	
- на знаряддя	12,5	12,5	
Нормативи на відрахування тих. обслуговування та ремонт, %			Н.с.м.
- на трактори	14,9	14,9	
- на знаряддя	11,0	11,0	
Завантаження річна, ч			Н.с.м.
- на трактори	950	950	
- на знаряддя	220	220	
Продуктивність за годину експлуатаційного часу, га /	0,37	0,40	дані випробувань
Витрата палива на одиницю площі, кг / га	13,2	10,8	дані випробувань
Заробітна плата тракториста, Зп, грн / га	244,9	226,5	Н.с.м. і розрахунок
Витрати на амортизацію, За, грн / га			розрахунок
- тракторів	46	42	
- знарядь	89,1	94,7	
Витрати на ПММ, ЗТ, грн / га	928	702	розрахунок

Витрати на тех. обслуговування та ремонт, Z_{TO} , грн / га			Н.с.м. і розрахунок
- тракторів	55	50	
- знарядь	78,4	83,4	
Сумарні експлуатаційні витрати, грн / га	1441,4	1198,6	розрахунок

За формулою (4.8) обчислимо витрати вироблені на технічне обслуговування і ремонт

$$Z_{TO} = \frac{B \cdot H_{TO}}{100 \cdot T_{\Sigma} W_{\Sigma}}$$

де H_{TO} - норматив на технічне обслуговування і ремонт, %

Прибуток або порівняльну економічну ефективність, отриману при роботі експериментального варіанту ножа фрези в агрегаті з трактором Т-40А, визначили за формулою (4.3):

$$ЕСР = 1441,4 - 1198,6 = 242,8 \text{ грн / га.}$$

Вважаючи собівартість виконаних робіт рівній експлуатаційним витрат фрезерування з новими робочими органами, знайдемо норму

При завантаженні агрегату 220 год середньорічна ефективність використання удосконалювати фрези з новими робочими органами хвилястою поверхнею ножа складе $E_{гой} = 242,8 - 220 - 0,40 = 21336,4$ грн.

Економічний ефект утворився за рахунок зменшення тягового опору. У порівнянні з мають варіантом робочих органів досвідчені робочі органи при випробуваннях показали меншу тяговий опір.

Значення показників економічної ефективності фрези з новими робочими органами хвилястою поверхнею ножа наведені в таблиці

В результаті застосування дослідного зразка фрези при комплектації з експериментальними робочими органами були досягнуті наступні позитивні результати економічної ефективності:

- зменшення експлуатаційних витрат (на 22%);
- зменшення витрат палива (на 18%);
- зменшення питомої тягового опору (на 23%);

- збільшення повноти крошення (на 9%).

Таким чином, економічна ефективність від впровадження нових робочих органів буде отримана за рахунок зменшення витрати палива, зменшення витрат праці та експлуатаційних витрат.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В даний момент відсутня загальний метод при виборі основних параметрів і режимів роботи ґрунтообробних фрез. Для поліпшення параметрів і режимів роботи потрібен новий підхід у виборі профілю робочої поверхні ножа фрези з метою зменшення енергоємності фрезерування і поліпшення якості обробки.

2. Розроблено моделі, які дозволили вивчити, вплив форм робочої поверхні ножів фрези на якісні та енергетичні показники процесу розпушування ґрунту.

3. За витратами енергії ножі з прямолінійним профілем поступаються ножам з вигнутим профілем, а ножі з вигнутим профілем поступаються ножам з хвилеподібним профілем; при цьому хвилеподібний ніж забезпечує зниження витрат енергії на 9%.

4. У межах зміни радіуса по кінцях різальних крайок ножів від 165 до 195 мм при постійній їх окружній і робочої швидкості, глибині обробки ґрунту витрати енергії знижуються на 0,4 кДж / м.

5. Зі збільшенням робочої швидкості фрези якість розпушування пласта за коефіцієнтом розпушування зменшуються, питомі витрати енергії на обробку пласта зменшуються, ефективність обробки ґрунту поліпшується.

6. При кутовій швидкості t обертання барабана фрези зі збільшенням глибини H обробки ґрунтового шару в діапазоні 100.120 мм подрібнення ґрунту зменшується на 2,0%, при 120.140 мм - на 2,5%, а зі збільшенням числа m ножів на диску барабана 1-2 шт. подрібнення ґрунту збільшується на 1,5-2%.

7. Річний економічний ефект від впровадження у виробництво результатів досліджень при завантаженні агрегату 220 годин складе 21336,4 грн.

