

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»
на тему: «Підвищення якості та ефективності поверхневої обробки ґрунту
шляхом розробки і обґрунтування параметрів ротаційного знаряддя»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 5
Кононенко Владислав Геннадійович
Керівник: Скрипник В. О.
Рецензент: Біловод О. І.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Поверхнева обробка ґрунту передбачає збереження ґрунтової вологи, створення вирівняного насінневого ложа, забезпечення мінімального виносу вологого ґрунту на поверхню і якісного підрізання бур'янів [1]. За останні роки намітився перспективний науковий напрямок по розробці і дослідженню ротаційних знарядь для поверхневої обробки ґрунту, робочі органи яких, поряд з обертовим рухом навколо горизонтальної осі, виконують додатковий коливальний рух у вертикально-поперечній площині, тобто при поступальному русі агрегату виконують складне просторове переміщення. Однак відомі технічні рішення призводять до зниження ефективності роботи знаряддя, ґрунт обробляється нерівномірно, порушується процес входження робочих дисків в ґрунт, погіршуються умови ковзального різання пласта і технологічна стійкість агрегату.

Розробка технічних і технологічних рішень, спрямованих на підвищення якості та ефективності поверхневої обробки ґрунту з ротаційними знаряддями, робочі органи яких здійснюють складне переміщення в просторі залишається актуальною науково-технічною задачею агропромислового комплексу.

Всі розроблені ґрунтообробні знаряддя містять, як правило, похило закріплені на валу плоскі або плоскозубчасті круглі диски, що різко знижує якість і ефективність поверхневої обробки ґрунту. Проблема розробки конструкцій робочих органів, які усувають недоліки відомих технічних рішень на нетрадиційній основі залишається актуальною і потребує подальших теоретичних і експериментальних досліджень.

Мета дослідження. Підвищення якості та ефективності поверхневої обробки ґрунту шляхом розробки і обґрунтування параметрів ротаційного знаряддя.

Об'єкт дослідження. Ротаційне знаряддя для обробки ґрунту.

Предмет дослідження. Показники процесу обробки ґрунту.

Методика досліджень. У теоретичних дослідженнях використовувалися базові методи землеробської механіки, основи математичного аналізу, аналітичної геометрії і теоретичної механіки. Експериментальні дослідження виконані на основі планування багатофакторного експерименту і регресійного аналізу дослідних даних з використанням комп'ютерних програм Statistica і Matlab.

Теоретична та практична значущість. Результати теоретичних досліджень можуть бути використані при розробці та проектуванні аналогічних ротаційних ґрунтообробних знарядь. Розроблено конструкцію ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневої обробки ґрунту.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз видів обробки ґрунту

Обробка ґрунту є однією з найважливіших ланок у системі агротехнічних заходів щодо забезпечення високої культури землеробства та отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур.

На обробку ґрунту витрачаються близько 40% енергетичних і понад 25% трудових витрат [2]. Технологія обробки ґрунту заснована на механічному впливі на ґрунт шляхом проведення різних технологічних операцій: подрібнення, розпушування, перемішування, огортання, ущільнення, вирівнювання, підрізання бур'янів, мульчування, створення мікрорельєфу, збереження стерні [3].

Обробка ґрунту на різних етапах розвитку науки і практики класифікувалась по різних ознаках. Наприклад, поділяють систему обробітку ґрунту на наступні види [3,4]:

- екстенсивна,
- інтенсивна,
- індустриальна,
- ґрунтозахисна,
- вологозберігаюча,
- енергозберігаюча,
- ресурсозберігаюча,
- інтегрована,
- альтернативна,
- біологічно адаптивна,
- екологічно чиста,
- агроландшафтна.

Слід підкреслити, що з точки зору агрономічної науки і землеробської практики існують п'ять різних технологій обробітку ґрунту: класична (відвальна), безвідвальна, мінімальна, нульова і комбінована.

У класичній технології обробітку ґрунту, а вона є найбільш давньою з усіх технологій, як основний обробіток використовують оранку ґрунту з оборотом пласта, культивацію, як передпосівний обробіток ґрунту, посів сільськогосподарських культур з коткуванням. Відвальна оранка – найбільш енергоємна і трудомістка операція в технології обробітку будь-якої сільськогосподарської культури. Залежно від природно - кліматичних умов відвальну оранку проводять навесні в кінці березня-квітня (весняна оранка) і восени в жовтні-листопаді після збирання врожаю (зяблева оранка). Перед зяблевою оранкою для розпушування верхнього шару ґрунту, збереження вологи, а також підрізання бур'янів проводять лушення стерні.

Цілий ряд вітчизняних і зарубіжних вчених і дослідників вважають [5], що механічна обробка ґрунту з оборотом пласта – це втручання в життя ґрунту, що викликає руйнування його природної будови, порушення водного, повітряного, живильного і теплового режиму. Крім цього вони відзначають, що при оранці відбувається утворення так званої «плужної підшви», яка погіршує проникнення і накопичення води в підорному шарі і сприяє розвитку ерозійних процесів на схилах і застою води на рівнині.

Практика і теоретичні дослідження показують, що в районах, схильних до вітрової та водної ерозії, а також посухи оранку з оборотом пласта можна замінити безвідвальною обробкою, не знижуючи при цьому врожайність оброблюваних сільськогосподарських культур [6]. Передпосівна підготовка – це глибоке розпушування ґрунту без обертання його шарів. Після безвідвальної обробки на поверхні поля зберігається стерня, яка взимку затримує сніг, ґрунт при цьому промерзає менше, отже вона краще поглинає талі води.

Дедалі більший механічний тиск на ґрунт внаслідок зростання маси агрегатів і частоти руху їх по полю різко посилює деградацію ґрунту:

щільність ґрунту і його опір обробці різко зросли, вміст гумусу в ґрунті за останні 60 років знизився на 25 ... 30% [7]. Ці та інші негативні явища висувають перед вченими і аграріями проблему мінімалізації обробітку ґрунту [4], тобто застосувати по термінології зарубіжних країн технологію Mini-Till. Основними шляхами мінімалізації є: скорочення числа обробок внаслідок виконання їх при оптимальному фізичному стані ґрунту; зменшення глибини обробітку ґрунту при використанні агротехнічно обґрунтованого чергування глибоких і поверхневих прийомів; суміщення ряду технологічних операцій за один прохід агрегату; зменшення площі оброблюваної поверхні за рахунок широкого використання пестицидів на решті площі; використання рушіїв і знарядь з мінімальним питомим тиском на ґрунт.

За останні десятиліття агрономічна наука Великобританії, Канади, Німеччини, Нової Зеландії, Угорщини і ряду інших країн все більшу увагу приділяє питанням так званої нульової обробки ґрунту [7]. Нульова технологія обробітку ґрунту, відома за кордоном як технологія No-Till – це система землеробства, при якій ґрунт після збирання не обробляється, а поверхня поля вкривається мульчею. Прямий посів при цьому здійснюється в необроблений ґрунт спеціальними агрегатами. Рослинна мульча скорочує втрати вологи на випаровування, охороняє ґрунт від перегріву і захищає її від ерозії. Однак не слід забувати, що нульова технологія – це не просто відмова від відвальної оранки, а сучасна складна система землеробства, яка вимагає спеціальної техніки і суворе дотримання всіх агротехнічних вимог. В нашій країні нульова технологія обробітку ґрунту знаходиться на стадії дослідження і виробничої перевірки [8].

Альтернативою нульовою технологією обробітку ґрунту No-Till в деяких країнах виступає так звана технологія Strip-Till, яка передбачає обробку тільки вузької смуги сівби (15 ... 25 см) з утворенням невеликого гребеня. Близько двох третин площі залишається при цьому не обробленою. В основному ця технологія застосовується під просапні культури.

Комбінована технологія обробки ґрунту передбачає поєднання (чергування) описаних вище технологій в часі для запобігання негативних наслідків тривалої відсутності обороту пласта.

Мінімальна технологія обробки ґрунту головним чином вирішує питання енерго- і ресурсозбереження. Обсяги обробки ґрунту за цією технологією щорічно зростають.

Очевидно, що найважливішими умовами застосування мінімальної технології обробки ґрунту повинні бути високий рівень загальної культури землеробства, суворе дотримання технологічної дисципліни, проведення польових робіт в оптимальні агротехнічні терміни, правильне використання ефективних гербіцидів, застосування достатніх доз мінеральних добрив. Неодмінна умова застосування мінімальної технології обробки ґрунту – це чистота полів від багаторічних бур'янів.

1.2. Технологічні аспекти поверхневої обробки ґрунту

Основними завданнями поверхневої обробки ґрунту є створення умов для якісного посіву насіння сільськогосподарських культур, їх нормального розвитку, збереження вологи, закладення добрив і боротьба з бур'янами.

Поверхнева обробка ґрунту – це обробка ґрунту різними знаряддями на глибину до 8 см. Однак з впровадженням у виробництво нових технологій обробки ґрунту різними ротаційними машинами і знаряддями, межі обробки поверхневого шару ґрунту розширилися і вона проводиться на глибину до 14 ... 16 см [9].

При вирощуванні різних сільськогосподарських культур застосовуються такі прийоми поверхневої обробки ґрунту [10].

Лущення стерні. Воно забезпечує розпушування, часткове огортання й перемішування верхнього шару ґрунту, а також підрізання бур'янів на глибину від 4 ... 5 до 15 ... 16 см. Для лущення стерні застосовують дискові (ЛД-10, ЛДГ-10, ЛДГ-15) і лемішні (ППЛ-10-25) знаряддя. Дискові

лушительники в порівнянні з лемішними значно продуктивніше, обробляють ґрунт на глибину від 5 до 12 см.

Дискування ґрунту проводиться зазвичай на глибину до 10 см для кришення і часткового перемішування ґрунту, а також підрізання бур'янів. Поля, засмічені багаторічними кореневищними і коренепаростковими бур'янами обробляють на глибину до 15 ... 16 см. Для дискування застосовуються знаряддя наступних марок: БДТ-2,2; БДТ-3, БДТ-7, БДТ-10, БДГ-6, БДП-3.

Культивація ґрунту. Це розпушування і перемішування ґрунту, також підрізання бур'янів на глибину до 12 ... 15 см. Культивація проводиться різними знаряддями як при суцільній, так і при міжрядній обробці ґрунту. Для парової, напівпарової і передпосівної обробки ґрунту застосовують культиватори КПС-4, ВПП-4А, КСВ-4, КБМ-14, КСН-4, КШН-18. Для передпосівної обробки ґрунту застосовуються також комбіновані ґрунтообробні агрегати марки РВК-3,0. У посушливих районах і на ґрунтах схильних до ерозії застосовують культиватори-плоскорізи марок КПЕ-3,8; КПП-2,2; КПШ-9 і штангові культиватори КШ-3,6. Культивацію міжрядь проводять спеціальними культиваторами марок КРН-4,2; КРН-2,8.

Боронування ґрунту. Воно забезпечує розпушування, перемішування і вирівнювання поверхні ґрунту, а також часткове знищення проростків і сходів бур'янів. Найбільш часто боронування застосовується навесні для розпушування запливаючої і ущільненої поверхні ґрунту. При відвальній системі обробки ґрунту використовують зубові борони марок БЗСС-1,0; БЗТС-1,0; ЗБП-0,6А. На ґрунтах схильних до ерозії і по стерньовому фоні застосовують голчасті борони типу БГ-3. Для післяпосівного боронування застосовують борони сітчасті полегшені марки БСО-4.

Прикочування ґрунту проводиться для ущільнення і вирівнювання поверхні поля, а також дроблення глибистої частини ґрунту. Ущільнення покращує контакт насіння з ґрунтом і прискорює їх проростання. Для прикочування ґрунту застосовують кільчасто-шпорові катки ЗККШ-6. Перед

посівом і після посіву дрібнонасінних культур застосовують гладкі водоналивні катки ЗКВГ-1,4.

Краще кришення і перемішування ґрунту досягається тільки в тому випадку, коли його боронують при вологості 50 ... 70% повної вологості. На проведення даної технологічної операції пред'являються такі агротехнічні вимоги.

1. Рівномірне розпушування ґрунту на глибину до 4...8 см, допустиме відхилення від заданої глибини не повинно перевищувати ± 1 см.

2. Розміри грудок після боронування повинні бути не більше 30...50 мм.

3. Поверхня поля повинна бути вирівняною, висота гребенів повинна бути не більше 3...4 см.

4. Перекриття проходів має бути не більше 10...15 см.

5. Ділянки на схилах необхідно обробити поперек або під невеликим кутом (5...6 °) до напрямку схилу.

6. Швидкість руху агрегатів не повинна перевищувати 12 км/год. Отже, якість боронування оцінюється за глибиною розпушування, вирівняності поверхні і грудкуватості ґрунту. Глибину розпушування вимірюють зануренням в ґрунт мірної лінійки до щільної підшви в 15 ... 20 місцях по діагоналі ділянки. Вирівняність поверхні ґрунту визначають також за допомогою мірної лінійки, при цьому висота гребенів не повинна перевищувати 3 ... 4 см. Для оцінки грудкуватості на оброблену поверхню в 15 ... 20 місцях по діагоналі ділянки накладають рамку з площею 1 кв. м і підраховують грудки розміром більше 30 ... 50 мм. Їх кількість не повинна перевищувати 3 - 4 шт. на один квадратний метр.

1.3. Класифікація ротаційних робочих органів машин і знарядь для обробітку ґрунту

При обробці ґрунту як за класичною, так і за іншими технологіями перевага віддається ґрунтообробним машинам і знаряддям з ротаційними

робочими органами [9, 10, 20, 21]. Вони більш перспективні в частині енергозбереження та ресурсозбереження, прості за конструкцією, мають досить високу продуктивність і забезпечують ковзальне різання пласта ґрунту і рослинних залишків.

Ротаційні робочі органи широко застосовуються не тільки в ґрунтообробних знаряддях, а й інших сільськогосподарських машинах: сівалках, картоплесаджалках, бурякозбиральних комбайнах і мають свою класифікацію. Вони розроблені з ряду конструкційних, технологічних і кінематичних ознак і приведені в працях багатьох авторів [10,11,12]. Класифікація не тільки розкриває особливості різних робочих органів, а й є основою для подальшого їх вдосконалення з урахуванням конкретних технологічних вимог, а також особливостей зональної системи землеробства [13].

При розробці ґрунтообробних ротаційних робочих органів з новими ознаками виникає необхідність доповнення та уточнення окремих елементів існуючої класифікації ротаційних робочих органів.

Ротаційні робочі органи по конструкційним ознаками (рис. 1.1) підрозділяються на дискові, голчасті (зубчасті), роторні, кільцеподібні, конічні, спіралеподібні і комбіновані.

Дискові робочі органи виконуються круглими, еліпсоподібними, шестикутними та сферичними.

Голчасті (зубчасті) ротаційні робочі органи виконуються з прямими і вигнутими зубами і призначені для поверхневого розпушування стерньового фону на глибину 4 ... 6 см, вирівнювання поверхні поля, а також боронування озимих культур, кукурудзи та багаторічних трав. Останнім часом голчасті робочі органи почали використовувати в якості ґрунтообробного адаптера до сівалок для просапних культур [14], а також для міжрядної обробки посівів [4].

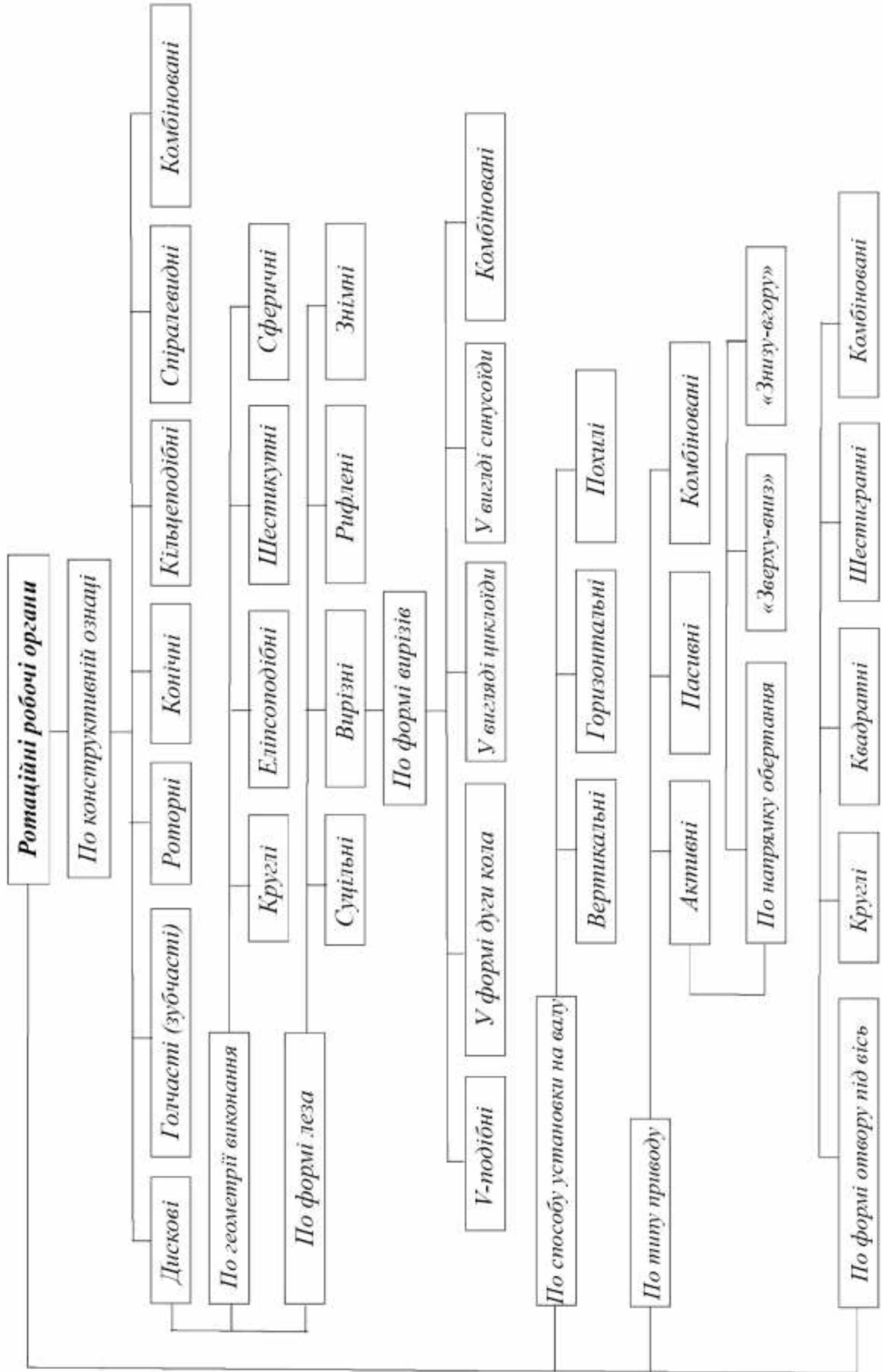


Рисунок 1.1 – Класифікація ротаційних робочих органів

Роторні робочі органи, як правило, виконуються циліндричними, причому як з вертикальною, так і горизонтальною віссю обертання. Вони широко застосовуються в плугах, боронах – котках, фрезерних ґрунтообробних знаряддях, а також в різних конструкціях лісогосподарських машин [15].

Широке поширення в різних ґрунтообробних знаряддях знайшли ротаційні робочі органи, виконані у вигляді гвинтових спіралей [16]. Вони призначені для роботи на перезволожених ґрунтах, добре вирівнюють поверхню поля з одночасним ущільненням.

Комбіновані ротаційні робочі органи містять поєднання конструкційних елементів перерахованих вище робочих органів.

Круглі диски ротаційних робочих органів виконуються плоскими і гофрованими. Плоскі диски застосовуються в основному для підрізання пласта і обробки ґрунтів, схильних до вітрової ерозії. Гофровані диски використовуються для обробки стерні.

Еліпсоподібні диски розроблені останнім часом в ХНТУСГ імені П.Василенка [17] і представляють нову групу ротаційних робочих органів. Вони закріплюються на валу батареї строго під розрахунковим кутом і завдяки руху по складній просторовій траєкторії добре кришать ґрунт. Також тут різко поліпшується ефективність і технологічна стійкість знаряддя.

Ротаційні робочі органи у вигляді шестикутних дисків розроблені в Сумському НАУ [18]. Вони краще защемляють своїми ріжучими кромками пожнивні залишки, отже забезпечують стійке їх розрізання, а також ефективніше знищують бур'янисту рослинність. При роботі шестикутних дисків не спостерігається надмірне нагромадження ґрунту попереду дисків.

Сферичні диски знайшли широке застосування в дискаторах, дискових боронах, луцильниках, комбінованих агрегатах і виконуються з постійним і мінливим (змінним) радіусом кривизни [18]. Сферичні диски можна встановити як на окремих індивідуальних стійках, так і у вигляді дискових

батареї на горизонтальних осях. Вони виконуються із суцільною і різьбленою робочими поверхнями [19] добре підрізають ґрунт та подрібнюють, а також ефективно подрібнюють і закладають поживні залишки.

Виходячи зі способу установки на валу ротаційні робочі органи поділяються на горизонтальні, вертикальні і похилі, а за типом приводу – на активні, пасивні та комбіновані (активно-пасивні).

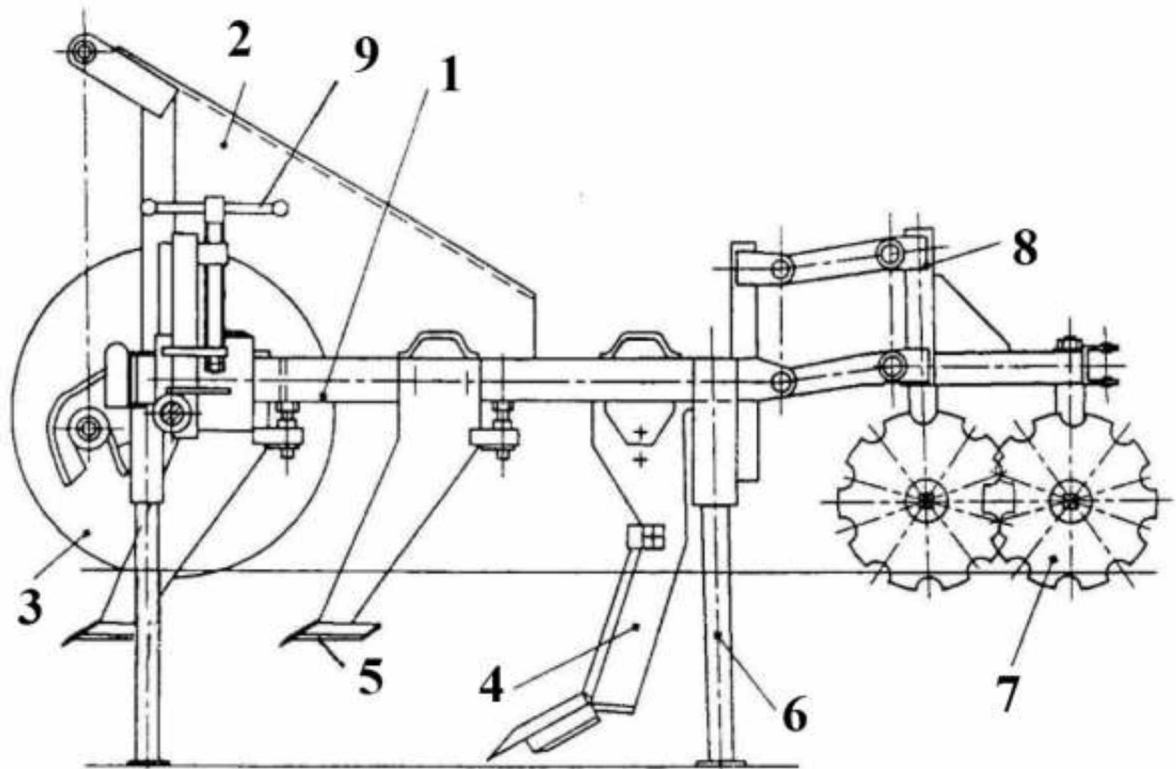
Активні ротаційні робочі органи виходячи з агротехнічних вимог обертаються у напрямку «зверху-вниз» або «знизу-вгору» [15].

Ріжучі кромки дискових ротаційних робочих органів виконуються із суцільними, вирізними, рифленими ріжучими крайками, а також знімними ріжучими елементами.

За формою вирізів різальних кромки диски виконуються з V-подібним вирізом, з вирізами у формі дуги кола, циклоїди і синусоїди, а також з комбінованими вирізами. За формою отвору під вісь ротаційні робочі органи випускаються з круглими, квадратними, шестигранными і комбінованими отворами.

Для активізації процесу самоочищення дисків від наліпленого ґрунту і рослинних залишків запропонована також конструкція іншого ґрунтообробного знаряддя [16], де диски батареї встановлені до площин обертання під різними кутами (рис. 1.2).

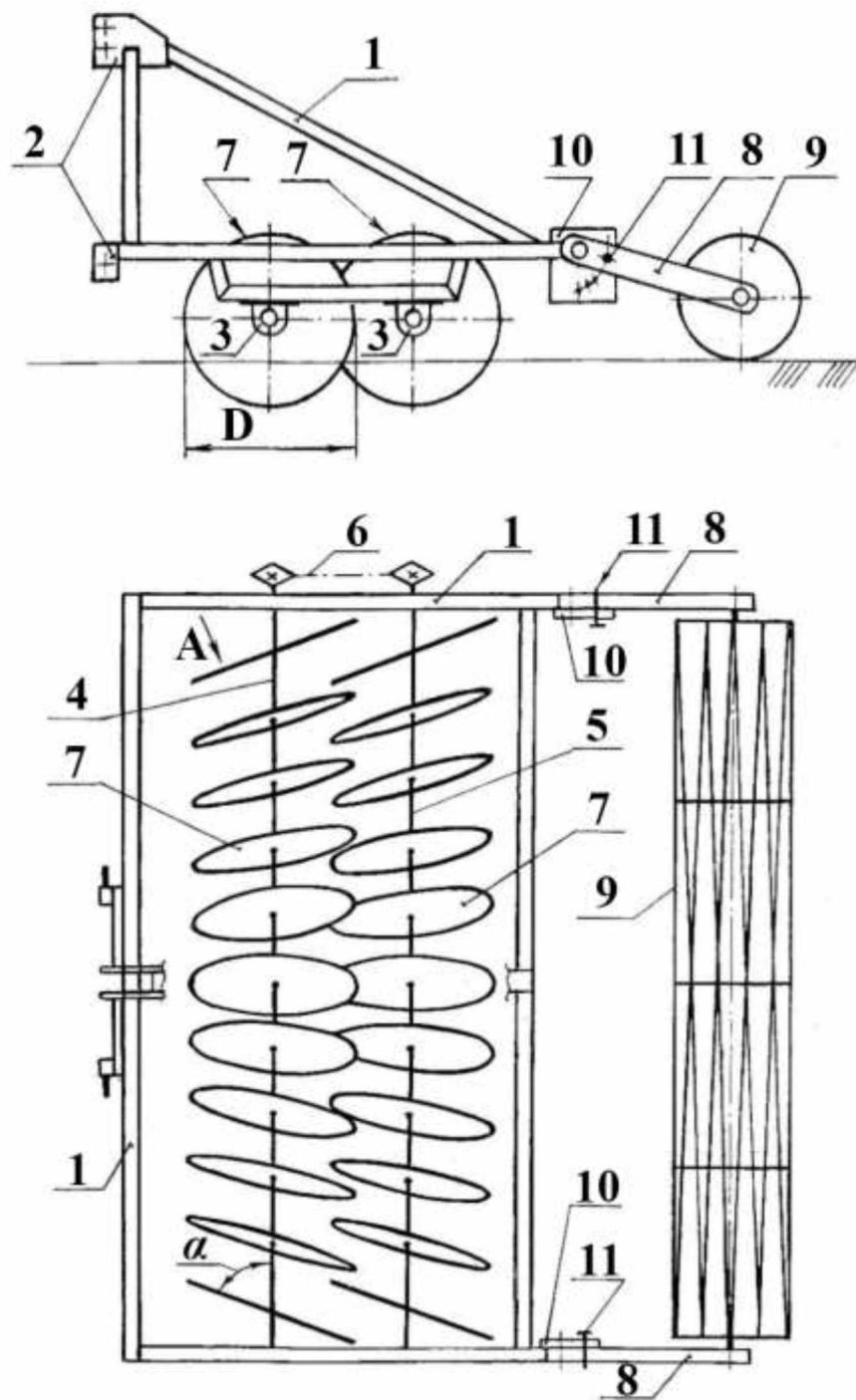
Знаряддя включає основну раму 1 з навісним пристроєм 2 і опорними колесами 3. На рамі 1 встановлені щілерізи 4 і плоскоріжучі лапи 5, а також через шарнірний паралелограмний механізм дві секції круглих похилих плоскозубчастих дисків 7. Останні встановлені в свою чергу на рамі 8. При поступальному русі агрегату щілерізи 4 і плоскоріжучі лапи 5 пошарово розпушують ґрунт, а диски секцій 7, здійснюючи складний просторовий рух, активно кришать його. З урахуванням того, що диски встановлені до площини обертання під різними кутами і виконані зубчастими, великі брили «випилюються» і міждисківий простір батареї активно очищається.



1 – рама основна; 2 – навісний пристрій; 3 – опорне колесо; 4 – щілеріз; 5 – плоскорізна лапа; 6 – стійка опорна; 7 – батарея похилих круглих плоскозубчастих дисків; 8 – рама дискових батарей з паралелограмним механізмом; 9 – механізм регулювання глибини обробітку ґрунту

Рисунок 1.2 – Схема комбінованого ґрунтообробного знаряддя

Проведений аналітичний огляд показав, що описані вище ґрунтообробні машини і знаряддя з ротаційними робочими органами з точки зору конструкції, експлуатації та технологічних вимог до проведення поверхневого обробітку ґрунту мають суттєві недоліки, які призводять до зниження ефективності роботи агрегату. Справа в тому, що в результаті похилого закріплення круглих плоских або плоскозубчастих, а також еліпсоподібних дисків на валу секції під довільним кутом, профільні їх проєкції, тобто проєкції на площину, перпендикулярну до осі вала перетворюються в еліпси. З цієї причини в процесі роботи рама знаряддя разом з робочими органами починає «стрибати», тобто робить у вертикальній



1 – рама; 2 – кронштейни для навішування знаряддя на трактор; 3 – підшипникові опори; 4, 5 – вали робочих батарей; 6 – ланцюгова передача; 7 – еліпсоподібні диски; 8 – шарнірні повідки; 9 – прутковий ротор; 10 – бічні пластини з отворами; 11 – пальці

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема ротаційного знаряддя

площині гармонійні коливання. Чим більший кут нахилу дисків, тим більша амплітуда вертикальних коливань. В результаті відбувається знос шарнірів робочих секцій, з'являються динамічні навантаження, що негативно впливають на механізм приводу і підшипникові опори, ґрунт обробляється нерівномірно, порушується процес заходу робочих органів в ґрунт і погіршуються умови ковзного різання пласта.

Перераховані вище недоліки можна усунути, якщо в якості робочого органу ґрунтообробних машин і знарядь застосувати еліпсоподібні диски, конструкційні параметри яких строго узгоджені з кутом закріплення їх на валу робочих секцій.

На рисунку 1.3 представлено ротаційне знаряддя зображено в двосекційному виконанні, коли диски задньої секції конструктивно заходять між дисками передньої секції. Воно складається з рами 1 і приварених до неї кронштейнів 2. На рамі 1 встановлені на підшипникових опорах 3 дві робочі секції, вали 4 і 5 яких для синхронізації роботи кінематично з'єднані між собою за допомогою ланцюгової передачі 6. На валах 4 і 5 секцій жорстко закріплені плоскі еліпсоподібні диски 7 з двостороннім заточуванням.

Висновки і завдання досліджень

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

1. Теоретичне обґрунтування конструкційних і технологічних параметрів ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту.
2. Розробка конструктивно-технологічної схеми ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту з похилими еліпсоподібними дисками.
3. Дослідження процесу взаємодії похилого еліпсоподібного диска з ґрунтом та оцінка його тягового опору.
4. Оцінка техніко-економічної та енергетичної ефективності використання ротаційного знаряддя.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводяться з метою обґрунтування основних конструкційних, кінематичних і технологічних параметрів пропонованого ротаційного ґрунтообробного знаряддя з еліпсоподібними дисками.

При проведенні експериментальних досліджень були поставлені наступні завдання:

- перевірка достовірності аналітичних залежностей, отриманих в ході теоретичних досліджень;
- обґрунтування конструкційно-технологічної схеми ротаційного ґрунтообробного знаряддя, а також обґрунтування раціональних його параметрів.

Відповідно до завдань досліджень була розроблена загальна методика і програма експериментальних досліджень, яка передбачала:

- розробка і виготовлення дослідного зразка пропонованого ротаційного ґрунтообробного знаряддя для проведення експериментальних досліджень в польових умовах;
- визначення фізико-механічних властивостей ґрунту в лабораторних і польових умовах;
- дослідження впливу технологічних параметрів на тяговий опір;
- проведення експериментальних досліджень пропонованого ротаційного ґрунтообробного знаряддя в польових умовах і дослідження впливу конструкційних, кінематичних і технологічних його параметрів на агротехнічні показники.

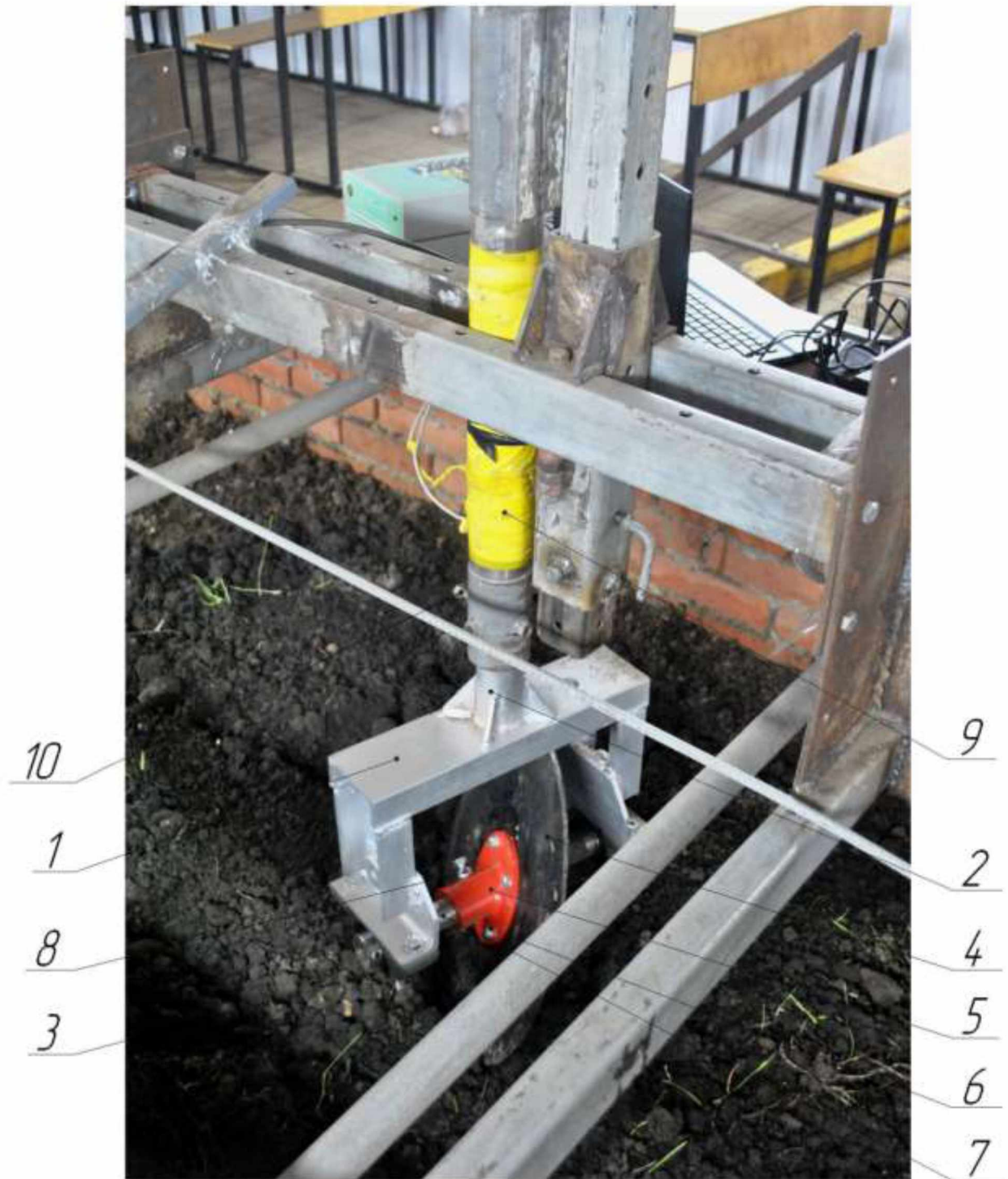
2.2. Експериментальна установка для проведення лабораторних досліджень

Експериментальна установка для проведення лабораторних досліджень закріплюється на тензобалці 9, яка приварена до рами візка 3 ґрунтового каналу і включає вертикальну вилку 1 (рис. 2.1) з привареною до неї стійкою 2, дві підшипникові опори 3, еліпсоподібний диск 4, прикріплений до торця втулки 5 за допомогою болтових з'єднань 6. Опорна торцева поверхня втулки 5 виконана з нахилом до вісі під кутом 60° . Втулка 5 в зборі з диском 4 в свою чергу посаджена на вал 7 і жорстко закріплена болтом 8. Стійка 2 вилки 1 встановлена в тензобалці 9 і зафіксована болтом 10.

Глибина обробітку ґрунту, тобто величина вертикального впровадження диска 4 в ґрунт регулюється шляхом переміщення стійки 2 по тензобалці 9.

Працює експериментальна установка в такий спосіб. Рух від електродвигуна через редуктор передається на циліндричний барабан. Трос, кінці якого закріплені відповідним чином до барабану і візка, намотується при цьому на барабан і переміщує візок ґрунтового каналу по рейковим балках. При цьому еліпсоподібний диск 4 установки, завдяки силі тертя робочої його поверхні об ґрунт обертається навколо своєї вісі, і, здійснюючи складне переміщення, поступально переміщається по ґрунтовому каналу. Наявність частотного перетворювача струму, а також вимірювальної інформаційної системи з персональним комп'ютером дозволяє проводити експерименти згідно з розробленою методикою.

Глибина обробітку ґрунту, тобто величина вертикального впровадження диска 4 в ґрунт регулюється шляхом переміщення стійки 2 по тензобалці 9.



1 – вилка вертикальна; 2 – стійка; 3 – підшипникові опори; 4 – диск; 5 – втулка; 6 – болтове з'єднання; 7 – вал; 8 – болт; 9 – тензобалка; 10 – болт

Рисунок 2.1 – Експериментальна установка для лабораторних досліджень

2.3. Методика лабораторних досліджень

Відомо [19], що на тяговий опір ґрунтообробних машин і знарядь впливають безліч чинників. Природно-кліматичні чинники: тип і стан ґрунту, рельєф, кам'янисті і метеорологічні умови. Конструкційні фактори: тип, форма і число робочих органів, матеріал, з якого вони виготовлені і технологія виготовлення, вага машини, тип і пристрій ходового апарату і приєднувального пристрою. Експлуатаційні фактори: правильність регулювань, ступінь зношеності робочих органів, наявність і якість мастила, а також експлуатаційні режими роботи: швидкість руху, глибина обробки і ширина захоплення.

В даний час достовірним способом експериментального визначення тягового опору ґрунтообробних машин і знарядь є динамометрування [17, 19]. При цьому використовуються методи прямого виміру, коли силовимірювальна ланка дозволяє отримати значення шуканого параметра і методи непрямого вимірювання – за результатами вимірювання будь-яких інших параметрів.

Як силовимірювальні ланки використовуються електронні динамометри, а для реалізації методу непрямого вимірювання – різні датчики, що прикріплюються до конкретного елементу робочого органу або знаряддя.

При проведенні лабораторних досліджень оптимальне значення вологості ґрунту повинно бути 20 ... 22% [20]. Слід тут підкреслити, що окремі автори [21] при визначенні тягового опору робочих органів в умовах ґрунтового каналу кінець троса, який намотується на приводний барабан з'єднують з візком через тензометричний датчик сили розтягування – стиснення. В даному випадку датчик зафіксує не тільки тяговий опір робочого органу, а й опір перекочування самого візка.

Для вимірювання деформації розтягування, а значить тягового опору еліпсового диска використовуються фольгові тензометричні резистори (далі

– тензорезистори) марки КФ5П1-15-200, які мають такі параметри і характеристики:

- номінальна база, мм – 15;
- ширина чутливого елемента, мм – 3,2;
- номінальний електричний опір, Ом – 200;
- довжина без виводів, мм – 24;
- ширина, мм – 5,9;
- струм живлення, мА – 20;
- максимальний робочий струм живлення, мА – 30;
- діапазон вимірюваних деформацій, мкм/м – $\pm 3000 \cdot 10^{-6}$;
- коефіцієнт чутливості при нормальній температурі – 1,9 ... 2,3
- робоча область температури, °С – 70 ... + 200;
- маса, г не більше – 0,3

Тензорезистори приклеюються на зовнішню поверхню тензобалки у взаємно-перпендикулярних площинах і включаються в електричне коло у вигляді повного моста.

Тензорезистори, як відомо, забезпечують часткову термокомпенсацію в інтервалі температур від +10 ... + 120°С або 0 ... + 50°С при приклеюванні на сталеві, мідні та алюмінієві робочі поверхні з номінальними температурними коефіцієнтами лінійного розширення з ряду: $8 \cdot 10^{-6}$; $12 \cdot 10^{-6}$; $16 \cdot 10^{-6}$; $23 \cdot 10^{-6}$ °С-1. Середнє значення температурної характеристики електричного опору в інтервалі термокомпенсації лежить в межах $\pm 100 \text{ К} \cdot 10^{-6}$, де К – середня чутливість тензорезисторів.

Живлення тензометричних мостів і збір інформації з вимірювальних діагоналей здійснюється за допомогою вимірювальної інформаційної системи ПП-264. Тарування тензометричних мостів проводиться за методикою, зазначеної в керівництві по експлуатації ПП 264.

Тяговий опір еліпсового диска визначається методом планування повного факторного експерименту [22]. Як видно з таблиці 2.1, рівні варіювання експерименту такі: поступальна швидкість візка, отже, робочого

органу – 8, 10, 12 км/год., глибина обробітку ґрунту (глибина вертикального занурення еліпсового диска в ґрунт) – 0,04; 0,06; 0,08 м. У результаті обробки даних виходять кількісні оцінки впливу окремих факторів на тяговий опір диска.

Для попереднього визначення необхідної кількості паралельних дослідів задаються, як правило, допустимою відносною похибкою вимірювання $\varepsilon_{\text{дон}} = 1,5\%$ і типовою для інженерних розрахунків довірчою ймовірністю $P = 95\%$. Необхідна мінімальна кількість паралельних дослідів визначається тоді за рівнянням [23]:

$$n \geq \left(t_{\text{при } P/2} / \varepsilon_{\text{дон}} \right)^2 = (1,96 / 1,5)^2 = 1,7, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{при } P/2}$ – значення критерію Ст'юдента при довірчій ймовірності дослідів, що дорівнює $P/2$

Фізичні та кодовані рівні факторів експерименту представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізичні та кодовані рівні факторів експерименту

Назва факторів	Значення факторів	Значення факторів кодоване	Рівні варіювання натуральні			Рівні варіювання кодовані		
			верхній	основний	нижній	верхній	основний	нижній
Глибина обробки ґрунту, м	t	X_1	0,08	0,06	0,04	+1	0	-1
Поступальна швидкість, км/год.	V_e	X_2	12	10	8	+1	0	-1

2.4. Методика і прилади для визначення фізико-механічних властивостей ґрунту

Вологість ґрунту. Проби ґрунту на вологість відбираються ґрунтовим буром з п'ятикратною повторністю. Вологість ґрунту визначається в середньому зразку. Для цього бур заглиблюється на досліджувану глибину, потім, вийнятий буром зразок ґрунту з даного шару, висипається в тару, ретельно перемішується і насипається в алюмінієві бюкси. В умовах лабораторії бюкси 2 (рис. 2.2) відкриваються і поміщаються разом з кришками в сушильну шафу 1, де сушаться протягом 8 годин при температурі + 105°C.



1 – сушильна шафа; 2 – бюкси; 3 – ваги електронні

Рисунок 2.2 – Прилади для визначення вологості ґрунту

Далі бюкси 2 з висушеним ґрунтом охолоджуються протягом 15...20 хв. і зважуються в закритому вигляді за допомогою електронних ваг 3. По різниці мас бюкса з ґрунтом до і після висушування визначається за формулою (1.3) абсолютна вологість ґрунту.

Твердість ґрунту. Твердість ґрунту визначається за допомогою мобільного пристрою марки ІІ 271 в місцях визначення вологості.

Принцип дії приладу ІІ 271 (рис. 2.3) заснований на вимірюванні сили опору ґрунту вертикально зануреного нього плунжера (на рисунку плунжер занурений в ґрунт) за допомогою тензOMETричного датчика з подальшим посиленням і перетворенням електричного сигналу в цифровий код, що відображається на екрані дисплея електронного блоку 6.

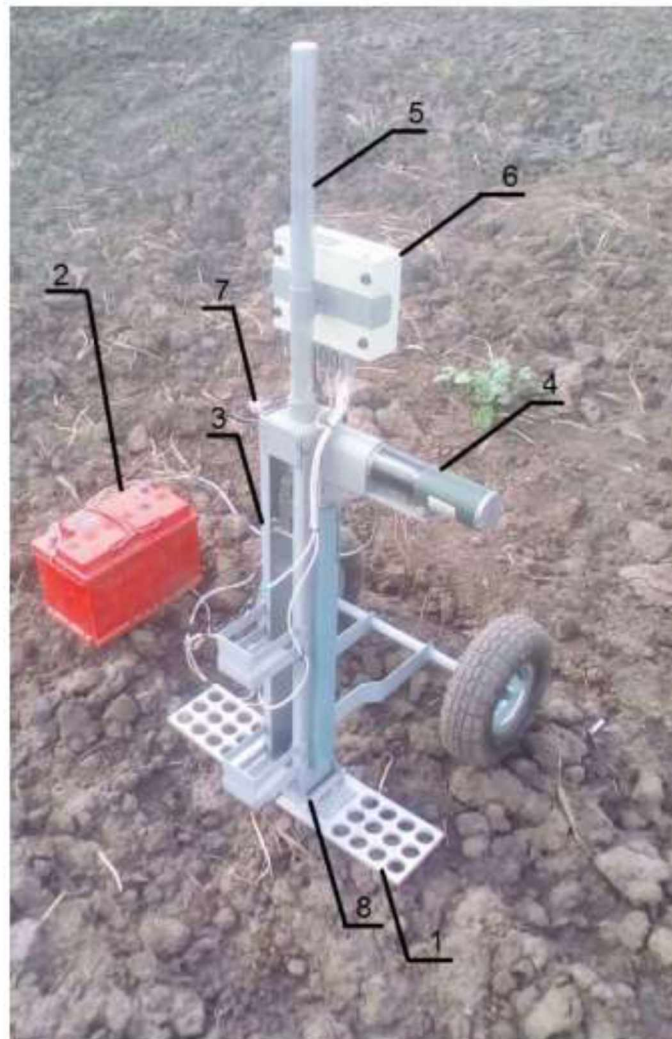
Для приведення приладу в робочий стан мотор-редуктор 4, датчик переміщення (енкодер) 7 і контролер електронного блоку 6 підключаються до акумуляторної батареї 2.

Для проведення вимірювань твердості ґрунту підбирається плунжер з необхідним поперечним перерізом.

Глибина обробітку ґрунту еліпсоподібними дисками ротаційного знаряддя визначається за допомогою лінійки або металевого стержня з поділами від поверхні поля до дна утвореної борозни (щільної підшви). При вимірі обробленого поля виходять, як правило, дещо завищені результати внаслідок розпушеності ґрунту. Для оцінки середньої величини глибини обробки необхідно не менше 15 ... 20 замірів. Рівномірність обробітку ґрунту визначається величиною відхилення середньої глибини від заданої.

При агротехнічній оцінці пропонованого ротаційного знаряддя гребенястість поверхні поля вимірюється за допомогою переносного приладу з автономним і мережевим електроживленням марки ІІ 250.

Основні технічні дані і характеристики приладу ІІ 250 наведені в таблиці 2.2.



1 – корпус з опорним пристроєм; 2 – акумуляторна батарея; 3 – напрямна каретка; 4 – реверсивний мотор-редуктор; 5 – кожух зубчастої рейки; 6 – електронний блок з пультом управління і мікроконтролером; 7 – датчик переміщення (енкодер); 8 – кронштейн з притискними роликками

Рисунок 2.3 – Прилад для визначення твердості ґрунту марки ІП 271

Суть методу визначення гребенястості поверхні обробленого поля полягає у визначенні різниці висот між дном западини і вершинами сусідніх з нею гребенів. Прилад дає можливість вимірювати профіль ґрунту до 330 мм по глибині і 1500 мм по ширині, з кроком 50 або 100 мм і складається з первинного вимірювального перетворювача, контролера і з'єднувального кабелю.

Таблиця 2.2 – Технічні дані та характеристика приладу ПП 250

Назва показника	Значення показника
Межа вимірювання без переустановлення, мм, не більше: по глибині по ширині смуги	330 1500
Межа вимірювання з переустановлення, мм, не більше: по глибині по ширині смуги	330 1500 x <i>n</i>
Основна абсолютна похибка вимірювань по глибині, мм, не більше: в тому числі: а) допустима похибка вимірювань ППП, мм, не більше б) допустима похибка при перестановці приладу по горизонталі, мм, не більше в) прогин направляючої – рівень, мм, не більше	±5 ±1,0 ±3 ±1,0
Дискретність переміщення каретки, мм	50; 100
Похибка одиничних переміщень каретки, мм	не більше ±1,0

Первинний вимірювальний перетворювач універсальний, оскільки використовується для виміру як профілю ґрунту, так і глибини ходу робочих органів і призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації, а контролер – для накопичення отриманої інформації і зберігання її в незалежній пам'яті.

Висновки

1. Приведена методика формування факторного експерименту.

2. Використана методика визначення основних фізико-механічних характеристик ґрунту.

3. Запропонована методика проведення експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Обґрунтування конструкційних, кінематичних і технологічних параметрів ротаційного знаряддя

До конструкційних і технологічних параметрів пропонованого ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту відносяться:

- діаметр D еліпсоподіного диска;
- глибина t обробітку ґрунту;
- кут α нахилу еліпсоподіного диска до осі обертання;
- відстань S між дисками по осі секції;
- кут β і глибина q входу еліпсоподіного диска в ґрунт;
- довжина робочої ділянки ріжучої кромки еліпсоподіного диска;
- кут і заточування ріжучої кромки диска і кут Θ різання ґрунту;
- товщина еліпсоподіного диска;
- довжина l фаски диска;
- ширина захвату B , годинна продуктивність W і тяговий опір ротаційного знаряддя.

3.1.1 Обґрунтування діаметру еліпсоподіного диска

Одним з основних параметрів пропонованого ротаційного знаряддя є діаметр D еліпсоподібного диска. Від його значення залежить якість кришення ґрунту, заглиблюваність робочої секції в цілому, подрібнення і закладення рослинних залишків, енергоємність операції і технологічна надійність ротаційного знаряддя.

На практиці діаметр диска ротаційних ґрунтообробних знарядь визначають відповідно до наступної емпіричної залежності:

$$D = n \cdot t, \quad (3.1)$$

де n – нормативний коефіцієнт, що дорівнює для плугів 3 ... 3,5; для лущильників 5 ... 6; для борін 4 ... 6;

t – глибина обробітку ґрунту, м.

Обґрунтування діаметра еліпсоподібного диска проводимо у варіанті використання його в якості робочого органу ротаційної борони. Відповідно до агротехнічних вимог боронування ґрунту проводиться на глибину 0,08 м [10].

Відповідно до формули (3.1) рекомендоване значення діаметра еліпсоподібного диска $D = (4 \dots 6) \cdot 0,08 = 0,32 \dots 0,48$ м.

Є й інші підходи до обґрунтування діаметра дисків ротаційних ґрунтообробних знарядь. Наприклад [5], для обґрунтування діаметра круглого плоского диска застосовують аналітичний метод, який заснований на визначенні умови, що забезпечує надійне затискання та розрізання ріжучою кромкою диска грудок ґрунту і рослинних залишків (далі – частинка ґрунту).

Взявши за основу дану методику, визначаємо спочатку кут λ защемлення ріжучою кромкою еліпсоподібного диска ротаційного знаряддя частинки ґрунту в площині ріжучої кромки [23] (рис. 3.1).

Вже згадана частинка ґрунту L взаємодіє з ріжучою кромкою диска і поверхнею ґрунту одночасно. Тому тут на частинку ґрунту діють дві нормальні реакції: N – нормальна реакція ріжучої кромки диска, N_1 – нормальна реакція поверхні ґрунту. Очевидно, що результуюча цих нормальних реакцій прагне виштовхнути частинку ґрунту з розтвору ріжучої кромки. Цьому чинять опір відповідно дві сили тертя: $F_{тр}$ – сила тертя

частинки ґрунту об ріжучу кромку диска і F_{mp}^0 – сила тертя частинки ґрунту об частинку ґрунту (сила внутрішнього тертя частинки ґрунту).

Сили, що діють на частинку ґрунту, утворюють просторову, що сходиться в одній точці системи сил (рис. 3.1).

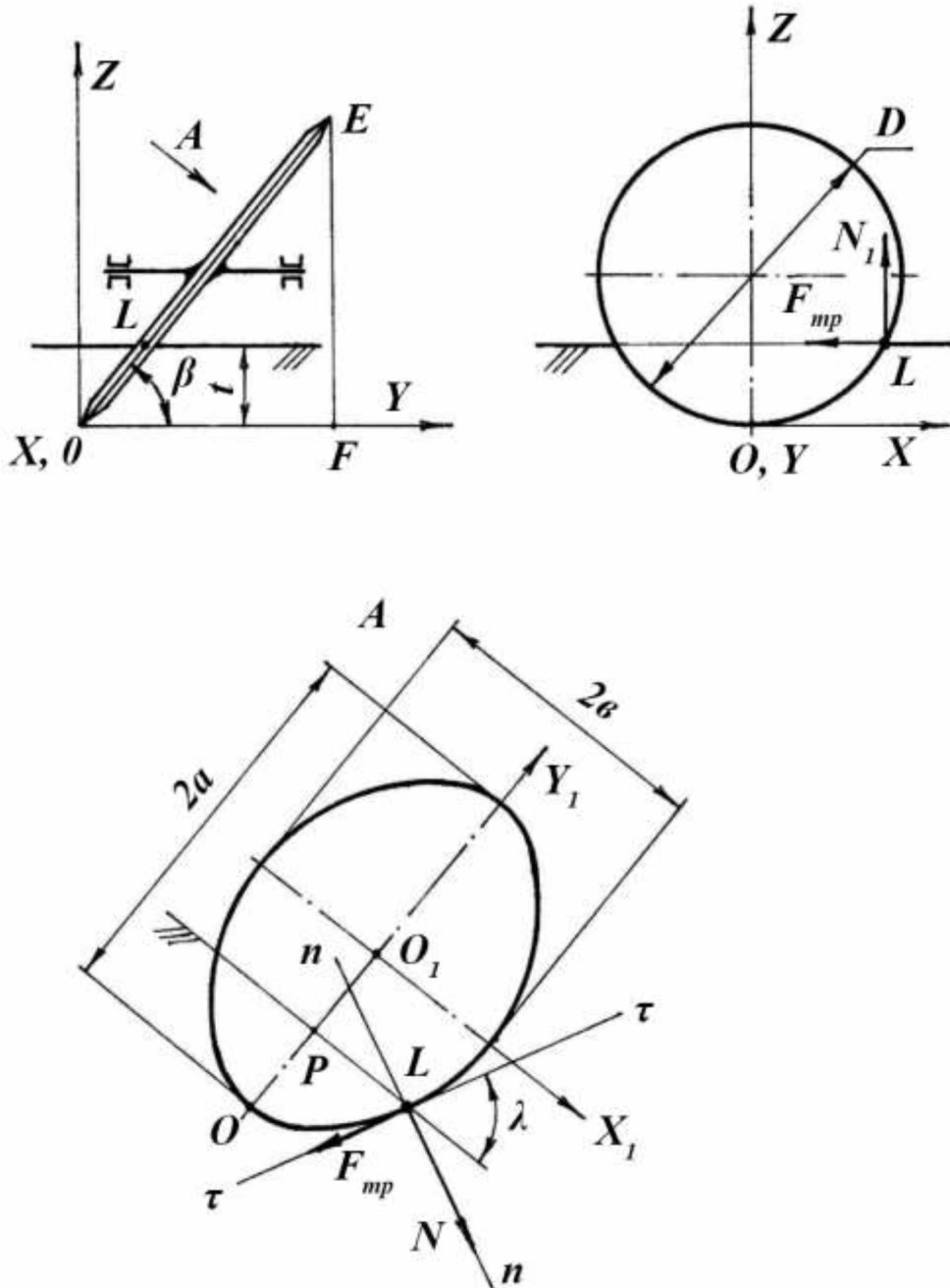


Рисунок 3.1 – Схема до визначення кута заземлення ріжучою кромкою еліпсоподібного диска частинки ґрунту

Відповідно до основ теоретичної механіки [23], умовою рівноваги даної системи є рівність нулю суми проекцій всіх діючих на частинку ґрунту сил на координатні осі OX , OY , OZ :

$$\begin{aligned}\sum X &= N \sin \lambda - F_{mp} \cos \lambda - F_{mp}^0 = 0; \\ \sum Y &= -N \cos \lambda \cos \beta - F_{mp} \sin \lambda \cos \beta = 0; \\ \sum Z &= -N \cos \lambda \sin \beta + N_1 - F_{mp} \sin \lambda \sin \beta = 0.\end{aligned}\quad (3.2-3.4)$$

У рівняннях (3.3 і 3.4) – кут входу еліпсоподібного диска в ґрунт.

Для того, щоб частинка ґрунту не виштовхувалася з розтвору ріжучої кромки необхідно дотримуватися відповідно до рівняння (3.2) наступної умови:

$$N \sin \lambda - F_{mp} \cos \lambda - F_{mp}^0 = 0, \quad (3.5)$$

Сили тертя визначаються за відомими формулами:

$$F_{mp} = N \operatorname{tg} \varphi_{mp}; \quad F_{mp}^0 = N_1 \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0, \quad (3.6)$$

де φ_{mp} ; φ_{mp}^0 – кут тертя ковзання частинки ґрунту об різальну кромку диска і кут внутрішнього тертя частинки ґрунту.

Після підстановки в формулу (3.5) значень сил тертя з виразу (3.6), отримаємо:

$$N \sin \lambda \leq N \operatorname{tg} \varphi_{mp} \cos \lambda + N_1 \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0. \quad (3.7)$$

З рівняння (3.4) визначаємо нормальну реакцію поверхні ґрунту:

$$N_1 = N \operatorname{tg} \varphi_{mp} \sin \lambda \sin \beta + N \cos \lambda \sin \beta. \quad (3.8)$$

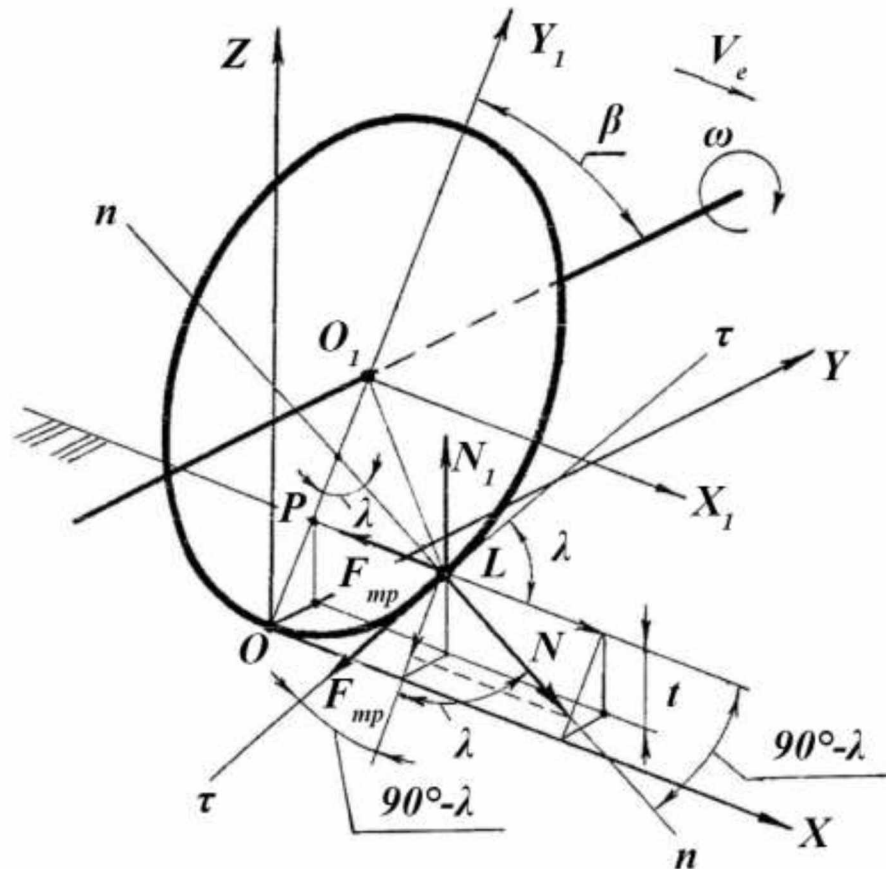


Рисунок 3.2 – Схема до обґрунтування діаметра еліпсоподібного диска

Звідси можна визначити тангенс кута защемлення ріжучою кромкою еліпсоподібного диска частинки ґрунту в площині ріжучої кромки:

$$\operatorname{tg} \lambda \leq \left[\left(\operatorname{tg} \varphi_{mp} + \sin \beta \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) / \left(1 - \sin \beta \operatorname{tg} \varphi_{mp} \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) \right]. \quad (3.9)$$

Отже, вираз для обґрунтування кута защемлення частинки ґрунту в загальному випадку має вигляд:

$$\lambda \leq \operatorname{arctg} \left[\left(\operatorname{tg} \varphi_{mp} + \sin \beta \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) / \left(1 - \sin \beta \operatorname{tg} \varphi_{mp} \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) \right] \quad (3.10)$$

Як показує вираз (3.10), кут защемлення протягом одного обороту, завдяки специфіці конструкції еліпсоподібного диска, змінює своє значення,

оскільки кут входження диска в ґрунт є змінним параметром. Екстремальні його значення визначаються за такими формулами:

$$\beta_{\min} = \alpha, \quad \beta_{\max} = (180^\circ - \alpha).$$

Встановлено, що в цих положеннях диска кут защемлення мінімальний. Взявши до уваги, що $\sin \alpha = \sin(180^\circ - \alpha)$ і підставивши у вираз (3.10) замість $\sin \beta = \sin \alpha$ визначаємо залежність для обчислення мінімального значення кута защемлення, яке забезпечує надійне розрізання ріжучою кромкою диска частинки ґрунту:

$$\lambda_{\min} \leq \arctg \left[\left(\operatorname{tg} \varphi_{mp} + \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) / \left(1 - \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi_{mp} \operatorname{tg} \varphi_{mp}^0 \right) \right].$$

Отже, максимальне значення кута защемлення, що забезпечує надійне розрізання ріжучою кромкою диска частинки ґрунту повинно відповідати умові:

$$\lambda_{\max} \leq \varphi_{mp} + \varphi_{mp}^0. \quad (3.11)$$

Коефіцієнти тертя ковзання ґрунту об робочу поверхню і внутрішнього тертя ґрунту, отже відповідні кути тертя, як було викладено в підрозділі 1.2, залежать від багатьох факторів. Головним чином вони залежать від виду робочої поверхні, механічного складу ґрунту і його вологості. Кут тертя ковзання зв'язаних піщаних і супіщаних ґрунтів об сталеву поверхню робочих органів дорівнює $25^\circ \dots 35^\circ$, чорнозему – $24^\circ \dots 39^\circ$, а суглинних і глинистих ґрунтів усіх типів – $26^\circ \dots 42^\circ$ [20]. Кут внутрішнього тертя суглинних і супіщаних ґрунтів – $25^\circ \dots 28^\circ$ [18]. Ці параметри залежать також від фону поля. Наприклад, при стерньовому фоні для супіщаних і суглинних ґрунтів з вологістю $12 \dots 20\%$, кут тертя ковзання дорівнює $32 \dots 34^\circ$, а кут внутрішнього тертя – $30 \dots 35^\circ$ [15].

В результаті виконаного дослідження проведений практичний розрахунок діаметра еліпсоподібного диска у варіанті використання його в

якості робочого органу ротаційної борони. Вихідні дані прийняті: $\alpha = 60^\circ$, $t = 0,08$ м, $\varphi_{mp} = 42^\circ$, $\varphi_{mp}^0 = 28^\circ$.

Розрахунок показав, що надійне затискання, а значить і стабільне розрізання ріжучою кромкою частинки ґрунту забезпечується при куті $66,7^\circ \dots 70^\circ$. Вибираючи $\lambda = 66^\circ$, далі виявлено, що раціональне значення діаметра еліпсоподібного диска в силу нерівності (3.10) має відповідати умові: $D \geq 0,402$ м. З урахуванням змінного характеру кута защемлення частинки ґрунту протягом одного обороту, діаметр еліпсоподібного диска у варіанті використання його в якості робочого органу ротаційної борони обраний рівним 0,4 м.

3.1.2 Обґрунтування раціонального кута нахилу еліпсоподібного диска до осі обертання

При обґрунтуванні конструкційної схеми пропонованого ротаційного знаряддя було підкреслено, що значення кута нахилу великої вісі еліпсоподібного диска до осі обертання, тобто кута закріплення еліпсоподібного диска на валу батареї повинно бути строго пов'язане з його конструкційними параметрами. Однак з точки зору забезпечення працездатності та мінімізації тягового опору ротаційного знаряддя, значення даного параметра має бути одночасно і раціональним.

Обґрунтування оптимального значення кута нахилу α еліпсоподібного диска (рис. 3.3) проводимо з умови, що забезпечує ковзне входження його в ґрунт [24].

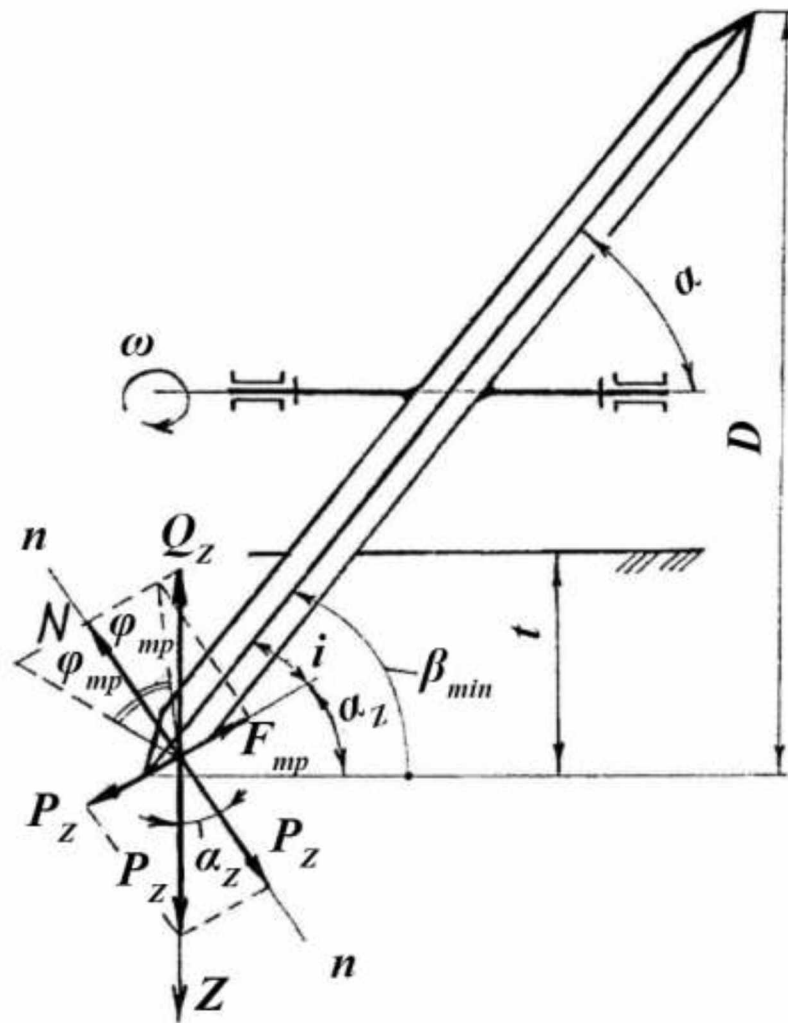


Рисунок 3.3 – Схема до визначення раціонального кута α нахилу еліпсоподібного диска до вісі обертання

В ході технологічного процесу еліпсоподібний диск, входить в ґрунт протягом одного обороту під різними кутами. Положення диска в розрахунковій схемі характеризується кутом входження $\beta_{min} = \alpha$, оскільки, як показали дослідження, воно разом з положенням диска, коли кут $\beta_{max} = (180^\circ - \alpha)$, є єдиним, де буде потрібно максимальне зусилля для входження (впровадження) еліпсоподібного диска в ґрунт. Еліпсоподібний диск впроваджується в ґрунт під дією вертикального зусилля P_z . Фронтальна реакція Q_z ґрунту на ріжучу кромку (лезо) диска дорівнює по модулю вертикальному зусиллю P_z і протилежна його напрямку.

Ковзне входження робочого органу в ґрунт забезпечується лише в тому випадку, коли фронтальна реакція ґрунту на поверхню робочого органу

(лезо) виходить за межі так званого конуса тертя. Отже, для забезпечення змінного входження еліпсоподібного диска в ґрунт напрямом фронтальної реакції ґрунту Q_Z має виходити за межі конуса тертя. Тоді різниця дотичної складової вертикального зусилля і сили тертя передає ґрунту прискорений відносний рух.

Отже, для забезпечення змінного входження еліпсоподібного диска в ґрунт має дотримуватися така умова:

$$P_Z \sin \alpha_Z > F_{mp}. \quad (3.12)$$

У свою чергу, сила тертя визначається за відомою формулою:

$$F_{mp} = N \operatorname{tg} \varphi_{mp} = P_Z \cos \alpha_Z \operatorname{tg} \varphi_{mp}, \quad (3.13)$$

де N – нормальна реакція ґрунту;

φ_{mp} – кут тертя ковзання ґрунту об ріжучу кромку диска.

Після підстановки в формулу (3.12) значення знайденої сили тертя, отримаємо:

$$P_Z \sin \alpha_Z > P_Z \cos \alpha_Z \operatorname{tg} \varphi_{mp}. \quad (3.14)$$

Розділивши обидві частини даної нерівності на $\cos \alpha_Z$ і після певних скорочень, остаточно маємо:

$$\alpha_Z > \varphi_{mp}. \quad (3.15)$$

Таким чином, ковзне входження еліпсоподібного диска в ґрунт можливе лише в тому випадку, коли кут α_Z між зусиллям P_Z і нормаллю $n - n$ до поверхні ріжучої кромки більше кута тертя ковзання ріжучої кромки диска об ґрунт.

З огляду на те, що $\alpha_z = \beta_{\min} - i = \alpha - i$, одержимо з формули (3.15) остаточний вираз для обґрунтування оптимального значення кута нахилу еліпсоподібного диска до осі обертання. Воно має вигляд:

$$\alpha > \varphi_{mp} + i. \quad (3.16)$$

У ротаційних ґрунтообробних машинах заточку дисків виконують з урахуванням призначення знаряддя. Для дискових борін кут заточування $i = 10^\circ \dots 20^\circ$ [20].

Якщо взяти за основу значення кута тертя характерних ґрунтів об сталеву поверхню робочих органів і середнє значення кута заточення дисків $i = 15^\circ$, то відповідно до формули (3.16) кут нахилу еліпсоподібного диска до осі обертання для зв'язкових піщаних і супіщаних ґрунтів повинен бути більше $40^\circ \dots 50^\circ$, чорнозему – більше $39^\circ \dots 54^\circ$, а суглинних і глинистих ґрунтів усіх типів – більше $41^\circ \dots 57^\circ$.

Аналіз, таким чином, показав, що для забезпечення змінного входження еліпсоподібного диска в ґрунт раціональне значення кута нахилу його до осі обертання для характерних нашому регіону ґрунтів повинно бути більше $39^\circ \dots 57^\circ$. При проектуванні ротаційного знаряддя кут нахилу еліпсоподібного диска до осі обертання обраний нами рівним 60° .

3.1.3 Розстановка еліпсоподібних дисків на валу робочої секції

На практиці для виключення випадків заклинювання міждискового простору ротаційних знарядь ґрунтом і рослинними залишками відстань між дисками по осі секції (далі – відстань між дисками) визначають в загальному випадку з наступного співвідношення [20]:

$$S > 1,5t, \quad (3.17)$$

де S – відстань між дисками, м;

t – глибина обробки ґрунту, м.

Пропоноване ротаційне знаряддя може бути виконано з одного і (або) двома дисковими секціями.

Для весняного боронування і передпосівної обробки ґрунту проповане знаряддя виконується з однією дисковою секцією. Схема розстановки еліпсоподібних дисків в секції (вид спереду) представлена на рисунку 3.4.

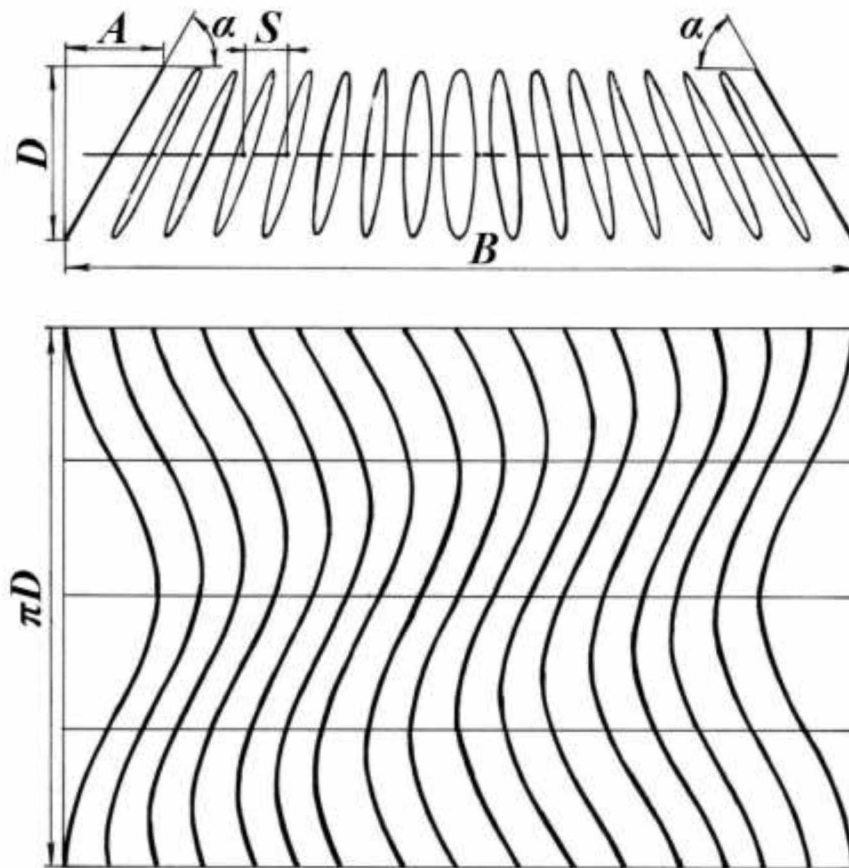


Рисунок 3.4 – Схема розстановки еліпсоподібних дисків в секції і траєкторія їх руху в горизонтальній площині

Така компоновка дозволяє зрівноважити бічні реакції ґрунту на робочі органи. При цьому потрібно досягти ефективного кришення ґрунту при раціональній відстані між дисками. Аналіз траєкторій руху дисків в горизонтальній площині при різних значеннях відстані між дисками показує,

що рівномірна обробка і ефективне подрібнення ґрунту досягається при $S = 100 \dots 120$ мм.

При прийнятих нами раціональних значеннях кута нахилу дисків $\alpha = 60^\circ$ і діаметра дисків $D = 400$ мм, а також з урахуванням ширини захвату традиційних ґрунтообробних модулів $B = 1,8$ м і відстані $S = 100$ мм, необхідна кількість дисків в секції виходить рівною 17. Отже, кут μ установки дисків на валу один відносно одного відповідно до формули (3.7) дорівнює 11,25 градусів. Поворот дисків один відносно одного, крім врівноваження бічних реакцій ґрунту, знижує ризик забивання між дискового простору. При відносному повороті похилих дисків відстань між ріжучими їх кромками в напрямі вісі секції поступово збільшується, що знижує ризик защемлення дисками порції вологого ґрунту і окремих брил. Траєкторії руху дисків в горизонтальній площині, тобто по поверхні поля протягом одного обороту дисків представлені на рисунку 3.5.

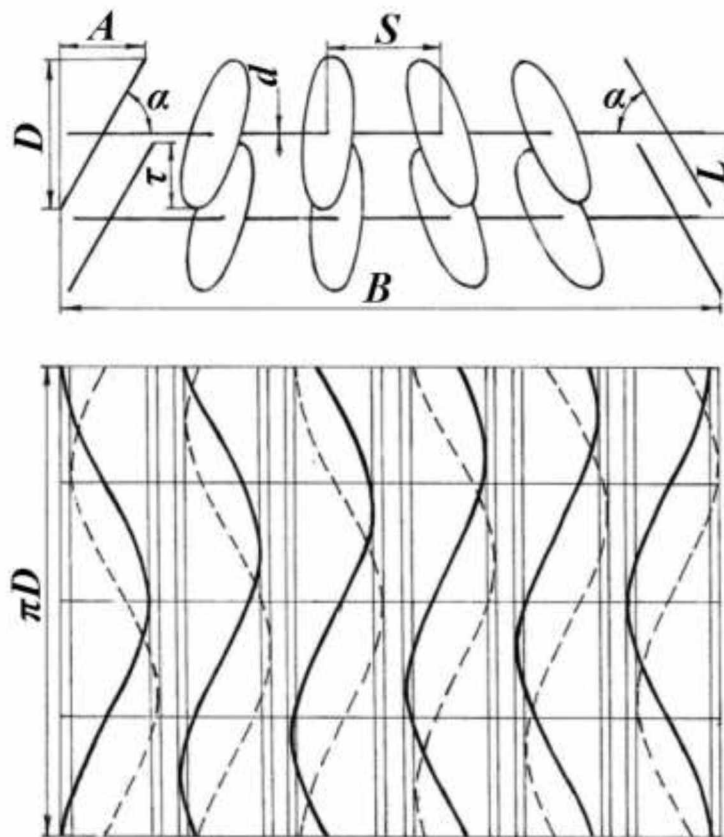


Рисунок 3.5 – Схема розстановки еліпсоподібних дисків в секціях і траєкторія їх руху в горизонтальній площині

Така компоновка здійснюється при проектуванні знарядь для обробки важких за механічним складом і глибистих ґрунтів.

Аналізуючи різні варіанти конструкційного виконання дискових секцій з точки зору забезпечення ефективного кришення ґрунту на глибину 80 мм і врівноваження бічних реакцій ґрунту, ми прийшли до висновку, що за основу при розробці та виготовленні дослідного зразка пропонованого знаряддя у варіанті ротаційної борони потрібно взяти варіант однорядного розташування еліпсоподібних дисків на валу секції.

3.2. Результати експериментальних досліджень по визначенню тягового опору еліпсоподібного диска

Експерименти по визначенню тягового опору еліпсоподібного диска пропонованого знаряддя проводилися за методикою, описаною в підрозділі 2.2. Тип ґрунту ґрунтового каналу – середньосуглинистий, середня вологість ґрунту дорівнює 20,5%, середня щільність ґрунту – 1,15 г/см³, середня твердість ґрунту –1,4 МПа. Необхідна технологічна вологість в ґрунтовому каналі досягалася способом багатостадійного штучного зволоження ґрунту і взяття проб на вологість після кожної стадії.

Експерименти були реалізовані відповідно до складеної матриці планування при різних значеннях глибини обробки і поступальної швидкості еліпсоподібного диска з триразовою повторністю.

У процесі поступального руху експериментальної установки по ґрунтовому каналу відбувається, як відомо, деформація розтягування тензобалки, що призводить до зміни електричного опору закріплених на ній тензодатчиків. Сигнали від тензометричних мостів передаються на вимірювальну інформаційну систему, де обробляються. Завдяки програмному забезпеченню, остаточні результати вимірювань видаються у вигляді графіків. Результати експериментів представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати експериментів по визначенню тягового опору еліпсоподібного диска в умовах ґрунтового каналу

Номер досліджу	Тяговий опір еліпсоподібного диска, Н			
	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{ср i}$
1	125,38	177,71	104,90	135,99
2	201,11	173,88	196,42	190,47
3	323,09	219,85	204,0	248,98
4	150,28	185,62	112,54	149,48
5	176,13	221,18	228,25	208,52
6	216,36	260,21	334,51	270,36
7	177,80	140,57	171,61	163,32
8	199,11	238,59	258,78	232,16
9	303,80	369,19	287,66	320,20

В результаті обробки експериментальних даних по комп'ютерній програмі Statistica була отримана наступна математична модель у вигляді лінійного рівняння множинної регресії в закодованому вигляді:

$$Y = 225,5747 - 394,7089X_1 - 33,4501X_2 + 10850,004X_1X_1 + 1,4337X_2X_2 + 274,375X_1X_2. \quad (3.18)$$

З аналізу стандартизованої форми рівняння регресії виявлено, що на результат Y найбільший вплив робить змішаний фактор X_1X_2 , оскільки отриманий коефіцієнт рівняння 0,923, що характеризує цей фактор, є максимальним коефіцієнтом в зазначеному рівнянні. Встановлено також, що параметри математичної моделі статистично значущі, оскільки розрахункове значення критерію Ст'юдента менше критичного його значення, тобто виконується умова: $0,00061 < 0,05$.

В результаті оцінки значущості досліджуваних факторів з урахуванням кореляції між ними отримана математична модель технологічного процесу у вигляді рівняння множинної регресії в реальних фізичних величинах:

$$Y = 241,365 - 789,4167t - 33,45V_e + +10850t_2 + 1,4337V_e^2 + 274,375tV_e. \quad (3.19)$$

При довірчій ймовірності досліду 95% виконано статистичний аналіз рівняння регресії. Результати аналізу представлені в таблиці 3.2. Тут позначені: Y_{cpi} – середні експериментальні значення тягового опору еліпсоподібного диска; Y – значення тягового опору еліпсоподібного диска, отримані за рівнянням множинної регресії (3.18); ε – незміщена помилка; ε^2 – дисперсія значень тягового опору; $|\varepsilon / Y_{cpi}|$ – модуль абсолютної помилки апроксимації.

Таблиця 3.2 – Статистичний аналіз рівняння множинної регресії

№ п/п	Y_{cpi}	Y	$\varepsilon = Y_{cpi} - Y$	ε^2	$ \varepsilon / Y_{cpi} $
1	135,99	139,105	-3,115	9,701	0,0229
2	190,47	188,916	1,554	2,414	0,00816
3	248,98	247,408	1,572	2,471	0,00631
4	149,48	145,769	3,711	13,772	0,0248
5	208,52	206,556	1,964	3,859	0,00942
6	270,36	276,022	-5,662	32,062	0,0209
7	163,32	163,903	-0,583	0,34	0,00357
8	232,16	235,665	-3,505	12,284	0,0151
9	320,21	316,107	4,103	16,839	0,0128
Сумарні значення показників				93,741	0,124

Достовірність експерименту оцінювалася в кінцевому підсумку за значенням модуля абсолютної помилки апроксимації, яка представляє собою відхилення теоретичних значень тягового опору від експериментальних його значень.

З таблиці 3.2 видно, що сумарне значення абсолютної помилки апроксимації експерименту дорівнює 0,124. Отже, середнє значення цього показника – $(0,124 / 9) \cdot 100 = 1,38\%$. Результати експерименту достовірні, оскільки середнє значення абсолютної помилки апроксимації не перевищує 10%.

На кінець побудовані поверхні відгуку математичної моделі за рівнянням множинної регресії (рис. 3.6) і за експериментальними даними (рис. 3.7).

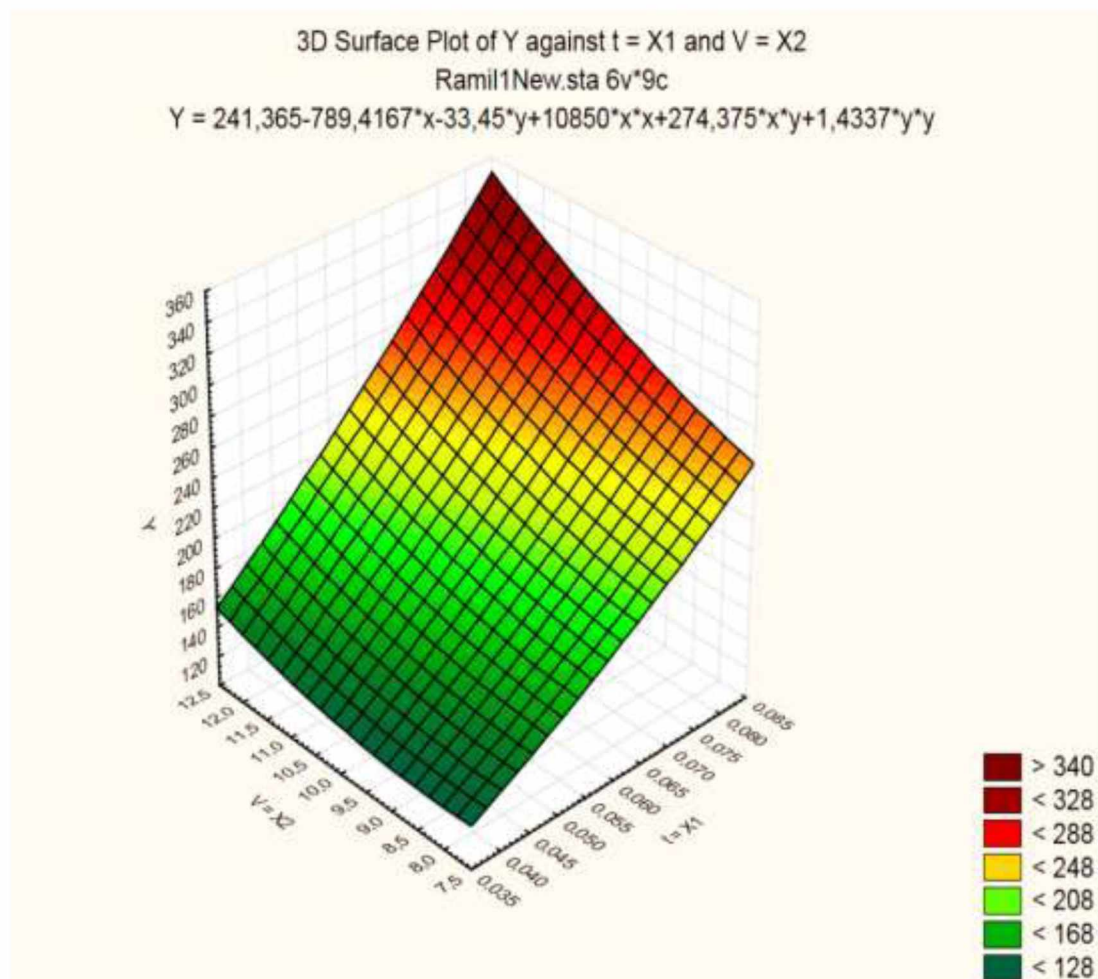


Рисунок 3.6 – Поверхня відгуку за рівнянням множинної регресії

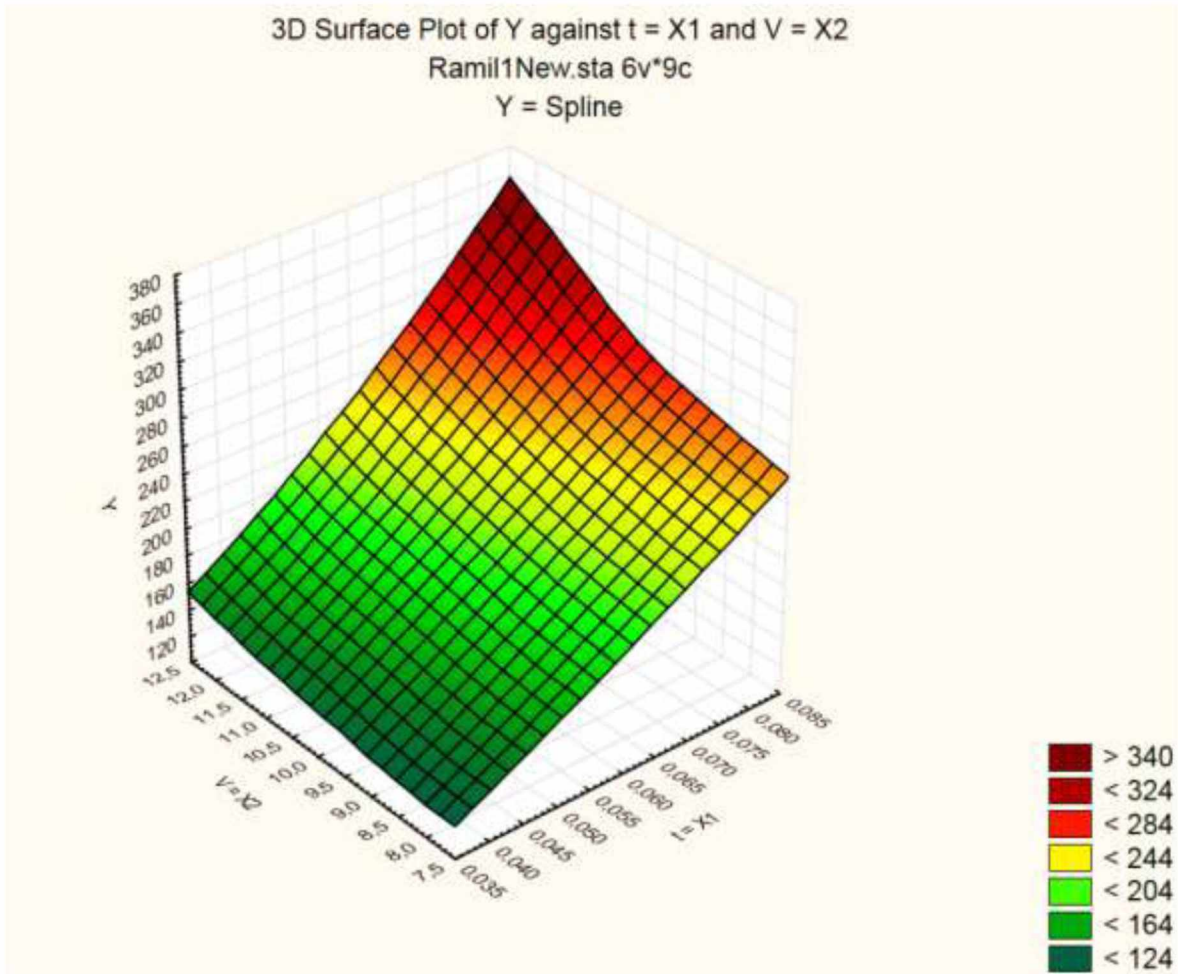


Рисунок 3.7 – Поверхня відгуку за експериментальними даними

З даних рисунків видно, що зі збільшенням глибини обробітку ґрунту і поступальної швидкості візка ґрунтового каналу тяговий опір еліпсоподібного диска збільшується.

При глибині обробітку ґрунту, що дорівнює 0,08 м і поступальної швидкості візка – 12 км/год. тяговий опір еліпсоподібного диска ротаційного знаряддя склав 320,2 Н. Для порівняння, при мінімальних значеннях параметрів відповідно 0,04 м і 8 км/год., закладених в основу експерименту, тяговий опір склав 135,9 Н.

3.3 Результати випробувань

Глибина обробітку ґрунту визначалася за допомогою металевої лінійки на різних ділянках. Результати експериментів представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати експериментів по визначенню глибини обробітку ґрунту

Встановлена глибина обробки ґрунту, мм	Швидкість руху, км/год.	Номер дослідів										Середня фактична глибина обробки, мм
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
40	8	47	42	48	44	49	48	46	49	46	40	45,9
80	10	88	88	79	89	86	90	87	89	89	78	86,3

Експерименти виявили, що після проходження дискової секції ґрунт розрихлюється і, завдяки коливальному руху дисків у вертикально-поперечній площині, утворюються при крайніх положеннях дисків невеликі валики. Ззаду йде прутковий ротор, який вирівнює валики, згладжує і ущільнює поверхню розпушеного ґрунту.

З таблиці 3.3 видно, що середні значення глибини обробітку ґрунту не перевищують допустимих відхилень (± 10 мм), які передбачені агротехнічними вимогами на боронування ґрунту.

Гребенистість обробленої поверхні поля визначена шляхом вимірювання профілю ґрунту по ширині ділянки з кроком 50 мм (таблиця 3.4).

За результатами експериментів побудовані графіки залежності гребенистості поверхні обробленого поля від швидкості руху агрегату (рис. 3.8).

Таблиця 3.4 – Результати експериментів по визначенню гребенистості обробленої поверхні поля

№	Глибина обробки, мм	Швидкість руху, км/год.	Гребенистіть поверхні, мм
1	40	8	26,93
2	40	10	24,6
3	40	12	22,43
4	60	8	24,8
5	60	10	20,8
6	60	12	18,9
7	80	8	18,43
8	80	10	14,23
9	80	12	13,56

Гребенистіть поверхні поля

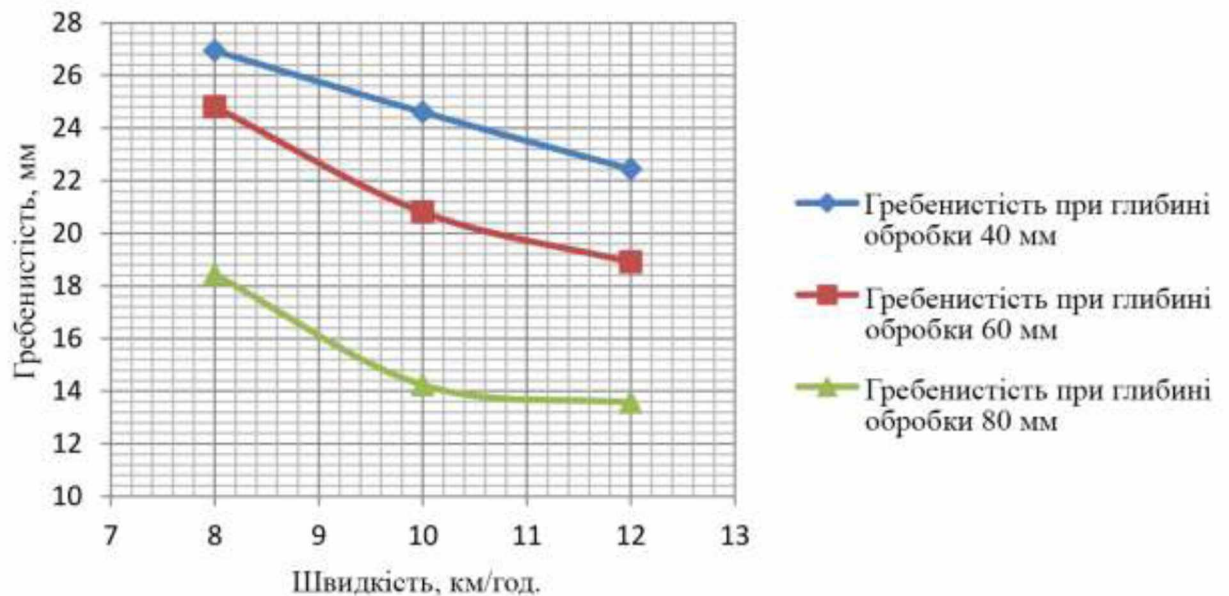


Рисунок 3.8 – Графіки залежності гребенистої поверхні обробленого поля від швидкості руху агрегату

З графіків видно, що зі збільшенням швидкості руху агрегату, значення гребенистості обробленої поверхні поля зменшуються. Це пояснюється тим, що при підвищених швидкостях еліпсоподібний диск і прутковий ротор ефективніше руйнують грудки ґрунту і краще вирівнюють оброблену поверхню. Експериментальні дані задовольняють агротехнічним вимогам, оскільки висота гребенів не перевищує 30 ... 40 мм.

Ступінь кришення ґрунту визначена в ході експериментів за допомогою металевого контейнера без нижньої з розміром 400x300x300 мм. Узята даними контейнером проба ґрунту зважувалася, а потім за допомогою сит поділялася на фракції: до 10 мм, 10 ... 20 мм і 20 ... 50 мм. Маса кожної фракції у відсотках від загальної маси проби характеризувала ступінь кришення ґрунту. Відповідно до технічних умов на випробування ротаційних дискових борін з вирівнюючими роторами [21] подрібнення ґрунту вважається оптимальним, коли фракції ґрунту до 50 мм складають не менше 70 ... 80%. За результатами експериментів побудовані графіки залежності кришення ґрунту від швидкості руху агрегату (рис. 3.9).

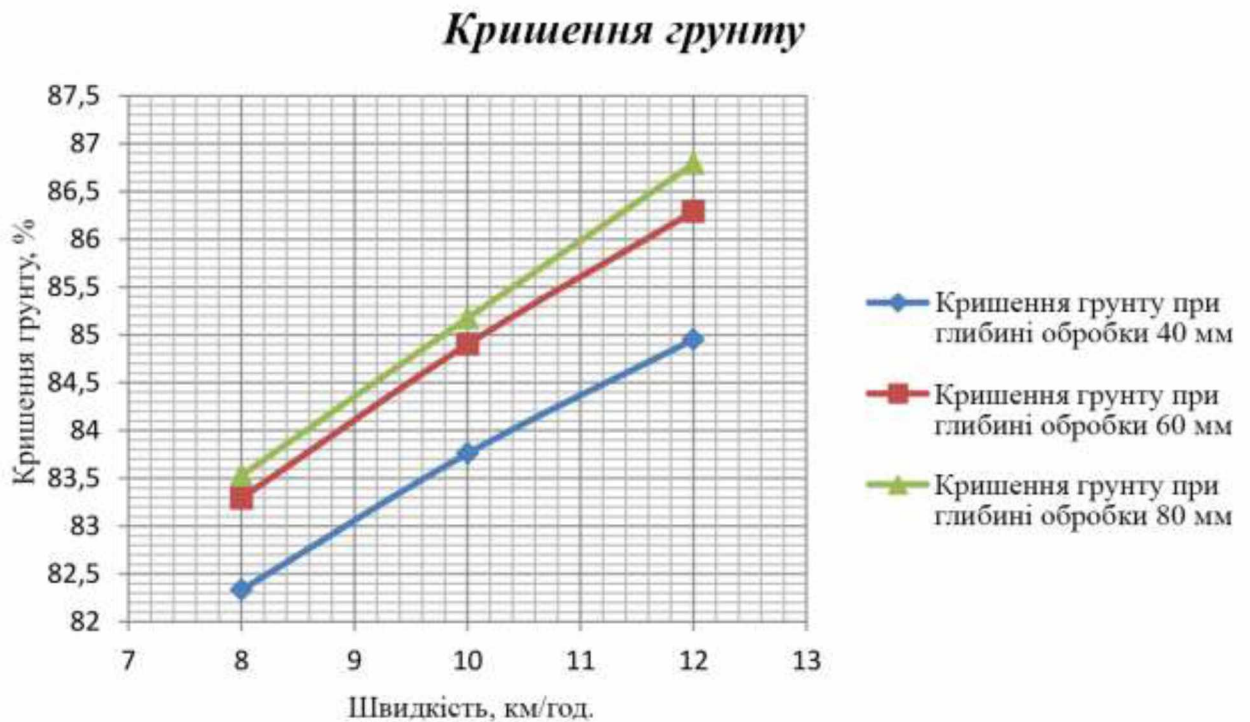


Рисунок 3.9 – Графіки залежності кришення від швидкості агрегату

З графіків видно, що зі збільшенням швидкості руху агрегату ступінь кришення ґрунту збільшується. Наприклад, середнє значення ступеня кришення ґрунту при глибині обробки 40 мм і поступальної швидкості агрегату 8 км/год. становить 82,3%, а відповідно при 80 мм і 10 км/год. – 85,1%. Дані експерименту задовольняють агротехнічним вимогам, оскільки агрономічно цінні фракції ґрунту (до 50 мм) перевищують 80%.

Висновки

1. Обґрунтовано раціональне значення діаметра еліпсоподібного диска. Встановлено, що стабільне розрізання ріжучої крайкою еліпсоподібного диска частки ґрунту забезпечується при куті защемлення $66,7^\circ \dots 70^\circ$, а значення діаметра диска повинно відповідати умові: $\geq 0,402$ м.

2. Аналіз показав, що для ефективного кришення ґрунту відстань між дисками по осі секції повинно бути рівним 100 ... 120 мм, а кут установки дисків на валу один відносно одного – $11,25^\circ$.

3. Після реалізації плану експерименту отримана статично значуща математична модель процесу, яка з достатнім ступенем описує вплив кожного з незалежних факторів і їх поєднань на тяговий опір еліпсоподібного диска. При значеннях глибини обробки 0,04 ... 0,08 м і поступальної швидкості 8 ... 12 км/год. тяговий опір диска становить 135,9 ... 320,2 Н.

4. Встановлено, що зі збільшенням швидкості руху агрегату значення гребенистості обробленої поверхні зменшуються, оскільки при підвищених швидкостях еліпсоподібний диск і прутковий ротор ефективніше руйнують грудки ґрунту і краще вирівнюють оброблену поверхню.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;

– державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли

його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через задалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і

людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Матеріальні системи поєднують у собі системи неорганічної природи (фізичні, хімічні, геологічні та ін.) і живі системи (клітини, найпростіші і високорозвинені організми, популяції, біологічні види, екологічні системи). Особливим класом матеріальних систем є соціальні системи (сім'я, колектив, державна політична система, суспільно-економічна формація). Ідеальною системою є поняття, гіпотеза, теорії, лінгвістичні і логічні побудови і т. ін. Штучною системою є система управління виробництвом, безпекою життєдіяльності і т. ін.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

Для оцінки ефективності застосування експериментального робочих органів, виконаємо порівняльній розрахунок економічної ефективності.

Річний економічний ефект від використання пропонованого ротаційного знаряддя в складі ґрунтообробного агрегату розраховується відповідно до формули:

$$E_{річ} = B_H (Z_B - Z_H), \quad (4.1)$$

де B_H – річний обсяг поверхневого обробітку ґрунту пропонованого агрегату, га;

Z_B, Z_H – наведені витрати на поверхневу обробку ґрунту при використанні в складі ґрунтообробних агрегатів існуючого і пропонованого ротаційних знарядь, грн./га.

Наведені витрати являють собою суму прямих експлуатаційних витрат на поверхневу обробку ґрунту і нормативного прибутку. Вони визначаються за формулою:

$$Z_{B(H)} = C_{np}^{B(H)} / B_{B(H)} + K_{B(H)} E, \quad (4.2)$$

де $C_{np}^{B(H)}$ – прямі експлуатаційні витрати на обробку ґрунту за допомогою існуючого і пропонованого ротаційних знарядь, грн.;

$B_{B(H)}$ – річні обсяги роботи за варіантами, га;

$K_{B(H)}$ – питомі капітальні вкладення на обробку ґрунту за варіантами, грн. /га;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$.

Річний обсяг поверхневої обробки ґрунту визначається по залежності:

$$B_{B(H)} = W_q^{B(H)} T_\Gamma^{B(H)}, \quad (4.3)$$

де $W_q^{B(H)}, T_\Gamma^{B(H)}$ – відповідно експлуатаційні продуктивності (га/год.) і нормативні річні завантаження (год.) існуючого і пропонованого ротаційних знарядь.

При розрахунку експлуатаційної продуктивності потрібно враховувати ступінь використання робочого часу зміни і швидкості руху агрегату. Вибираючи за основу значення коефіцієнтів використання робочого часу і швидкості руху відповідно $K_T = 0,8$; $K = 0,9$, а також режим роботи агрегату при русі трактора МТЗ-82.1 на п'ятій передачі (поступальна швидкість при цьому дорівнює 10,83 км/год.) і з урахуванням робочої ширини захвату

знаряддя, що дорівнює 1,65 м, маємо, що експлуатаційна продуктивність пропонованого знаряддя дорівнює 1,28 га/год.

Прямі експлуатаційні витрати на поверхневу обробку ґрунту визначаються по існуючому й пропонованому варіанту відповідно до наступного виразу:

$$C_{np}^{B(H)} = Z^{B(H)} + D^{B(H)} + A_{mp}^{B(H)} + A_{op}^{B(H)} + P_{mp}^{B(H)} + P_{op}^{B(H)} + H^{B(H)}, \quad (4.4)$$

де $Z^{B(H)}$ – витрати на оплату праці робітників, грн.;

$D^{B(H)}$ – витрати на дизельне паливо, грн.;

$A_{mp}^{B(H)}$ – витрати на амортизацію тракторів, грн.;

$A_{op}^{B(H)}$ – витрати на амортизацію ротаційних знарядь, грн.;

$P_{mp}^{B(H)}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт тракторів, грн.;

$P_{op}^{B(H)}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ротаційних знарядь, грн.;

$H^{B(H)}$ – накладні витрати., грн.

Вихідні дані для розрахунку техніко-економічної ефективності пропонованого ротаційного знаряддя для поверхневої обробки у варіанті застосування в агрегаті одного ґрунтообробного модуля представлені в таблиці 4.1. Вихідні параметри існуючої дискової борони БДМ-1,8 з вирівнюючим котком, тобто аналога представлені також на цій таблиці, які обрані з довідника інженера-механіка сільськогосподарського виробництва [24].

Результати розрахунку техніко-економічної ефективності пропонованого ротаційного знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту, проведеного за описаною вище методикою представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Вихідні параметри для розрахунку техніко-економічної ефективності пропонованого ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту

№ п/п	Показники	Існуючий варіант	Пропонований варіант
1	Склад агрегату: трактор знаряддя	МТЗ-82.1 БДМ-1.8	МТЗ-82.1 Дослідне знаряддя
2	Балансова вартість, грн. трактора знаряддя	575000 125000	575000 87500
3	Потужність двигуна трактора, к.с./кВт	80 / 59,25	80 / 59,25
4	Маса трактора, кг	4000	4000
5	Маса знаряддя, кг	1025	780
6	Ширина захвату знаряддя, м	1,8	1,8
7	Кількість робочих дисків, шт.	14	17
8	Продуктивність знаряддя, га/год. теоретична експлуатаційна	1,98 1,12	1,98 1,28
9	Нормативне річне навантаження, год. трактора знаряддя	850 240	850 240
10	Питома витрата дизельного палива, кг/га	3,42	2,98

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку техніко-економічної ефективності пропонуваного ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту

№ п/п	Показники	Існуючий варіант	Пропонований варіант
1	Затрати на оплату праці робочих, грн.	32162	32165
2	Затрати на амортизацію, грн. трактора знаряддя	52325 17750	52325 12425
3	Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн. трактора знаряддя	126000 17500	126000 12250
4	Затрати на дизельне пальне та моторні масла, грн.	19961	19900
5	Накладні витрати, грн.	17000	17000
6	Прямі експлуатаційні затрати, грн.	277000	265000
7	Приведені затрати, грн./га	1400	1380
8	Річний економічний ефект, грн.		70890
9	Строк окупності, років		1,23
10	Металомісткість процесу, кг/га	1,89	1,54
11	Трудомісткість процесу, люд·год./га	0,89	0,78
12	Фондомісткість процесу, грн./га	260	210
13	Енергомісткість процесу, кВт·год./га	28,21	19,76

Застосування запропонованого ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту веде до зниження витрат на експлуатацію агрегату, зменшення металоємності і фондомісткості технологічної операції, що призведе до отримання річного економічного ефекту в розмірі 71 тис. грн. при терміні окупності капітальних вкладень 1,23 років.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія підвищення експлуатаційних і технологічних показників агрегату для обробки ґрунту за рахунок вдосконалення технологічного процесу поверхневої обробки ґрунту і розробки комбінованого робочого органу є безпечною для навколишнього середовища.

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Застосування запропонованого ротаційного знаряддя для поверхневої обробки ґрунту веде до зниження витрат на експлуатацію агрегату, зменшення металоємності і фондомісткості технологічної операції, що призведе до отримання річного економічного ефекту в розмірі 71 тис. грн. при терміні окупності капітальних вкладень 1,23 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз дозволив виявити перспективний напрямок вдосконалення робочих органів існуючих ротаційних знарядь для поверхневої обробки ґрунту. Одним з найбільш перспективним вважаємо робочий орган ґрунтообробного знаряддя, який виконаний у вигляді похилого еліпсоподібного диска.

2. Встановлено, що стабільне розрізання ріжучою кромкою еліпсоподібного диска частинки ґрунту забезпечується при куті защемлення $66,7^\circ \dots 70^\circ$, а значення діаметра диска повинно відповідати умові: $\geq 0,402$ м.

3. Визначено раціональне значення кута α нахилу диска до осі обертання. Для характерних для нашого регіону типів ґрунтів даний параметр повинен бути більше $39^\circ \dots 57^\circ$.

4. Виявлено, що для ефективного кришення ґрунту відстань між дисками по осі секції повинна бути рівною 100 ... 120 мм, а кут установки дисків на валу один відносно одного – $11,25^\circ$.

5. Статистичний аналіз математичної моделі показав, що результати експерименту достовірні, відхилення теоретичних значень тягового опору від експериментальних його значень становить 1,38%. Виявлено, що при значеннях глибини обробки 0,04 ... 0,08 м і поступальної швидкості 8 ... 12 км/год. тяговий опір диска становить 135,9 ... 320,2 Н.

6. Річний економічний ефект від використання пропонованого знаряддя для поверхневої обробки ґрунту складе 71 тис. грн. Термін окупності капітальних вкладень – 1,23 років.