

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 – МР.465«С»2023.03.28. 002 ПЗ

МУЦ ВЯЧЕСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

УДК 656.11(477.42)

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Декан факультету Завідувач кафедри
конструювання та дизайну технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка

Зіновій РУЖИЛО Іван РОГОВСЬКИЙ
(підпис) (підпис)
“ ” 2023р. “ ” 2023 р. _

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: Удосконалення конструкції робочого органу навісного обладнання лісового комплексу для підготовки площадок навколо пнів

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)

Освітня програма «Обладнання лісового комплексу»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Олександр БАННИЙ
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., проф.

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

Виконав

(підпис)

Вячеслав МУЦ

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту
імені М. П. Момотенка

проф., д.т.н. Іван РОГОВСЬКИЙ
(підпис)

20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Вячеславу МУЦУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма «Обладнання лісового комплексу»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: Удосконалення конструкції робочого органу навісного обладнання лісового комплексу для підготовки площадок навколо ліній
затверджена наказом ректора НУБіП України від «28» березня 2023 р. №465 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 25 жовтня 2023 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: параметри робочих органів дискретної дії для утворення посадкових місць на вирубах, конструкція існуючих робочих органів дискретної дії для утворення посадкових місць на вирубах.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Удосконалити технологічний процес формування дискретних посадочних місць і обґрунтувати нову конструктивно-технологічну схему універсального ґрунтообробного знаряддя.
2. Розробити математичну модель взаємодії універсального ґрунтообробного знаряддя з ґрунтом, що враховує особливості технологічного процесу формування посадкового місця у вигляді мікропідвищень (мікропонижень).
3. Обґрунтувати основні геометричні параметри комбінованого робочого органу і технологічного процесу освіти посадочних місць.
4. Розробити дослідний зразок універсального ґрунтообробного знаряддя, провести експериментальні дослідження, визначити агротехнічні показники його роботи, розробити рекомендації щодо впровадження у виробництво, оцінити економічну ефективність.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання «12» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Вячеслав МУЦ

(прізвище та ініціали студента) (Підпис)
(ім'я та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з 99 аркушів з поясненнями та 14 презентаційних листів. Пояснення містить 18 малюнків та 17 таблиць.

У лісовому господарстві нашої країни значну частину лісового фонду складають лісозаготівлі. Незважаючи на багаторічний досвід роботи в галузі лісорозведення, проблема лісовідновлення вирубок залишається одним із найскладніших завдань лісового господарства.

Рациональне відновлення лісових культур на галявинах і в горах ґрунтується на якісній підготовці ґрунту, що забезпечує оптимальні умови для приживання та зростання сіянців та молодих дерев лісових порід. Для цього необхідно створити оптимальний водний режим на дренажних ґрунтах, не допускати попадання зайвої вологи до кореневої системи рослин на перезволожених ґрунтах та знизити конкуренцію з боку трав'янистої рослинності.

Мета дослідження. Підвищення продуктивності та якості механізованої підготовки посадкових місць в умовах дренажних та перезволожених ґрунтів при скошуванні за рахунок обґрунтування технологічного процесу та параметрів робочих органів малопомітної дії.

Завдання дослідження:

1. Удосконалення технологічного процесу формування окремих посадкових місць та обґрунтування нового конструктивно-технологічного плану універсального ґрунтообробного знаряддя.
2. Розробити математичну модель взаємодії універсального ґрунтообробного знаряддя з ґрунтом, що враховує особливості технологічного процесу формування посадкового майданчика у вигляді мікропіднять (мікропонижень).
3. Обґрунтувати основні геометричні параметри комбінованого робочого органу та технологічний процес формування крісла.
4. Розробити прототип універсальної ґрунтообробної зброї, провести експериментальні дослідження, визначити агротехнічні показники його роботи, розробити рекомендації щодо впровадження у виробництво, оцінити економічну ефективність.

ПАРАМЕТР, ОРГАН РОБОТИ, УПРАВЛІННЯ, ДІЯ, МІСЦЕ ПОСАДКИ, РОЗРІЗ.

НУБІП України

ВСТУП

Глава 1. СТАТУС ПРОБЛЕМИ

8

1.1. Аналіз технології підготовки сидінь

8

1.2. Аналіз параметрів та режимів роботи машин та інструментів для підготовки крісел.

15

Глава 2 ДОСЛІДЖЕННЯ З УНІВЕРСАЛЬНОЇ ЗБРОЇ

22

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми універсального приладу

22

2.2 Спосіб взаємодії робочих органів УНР із землею

25

2.3 Залежність від нього показників діяльності ПВО

конструктивні, технологічні параметри та умови експлуатації

43

Глава 3 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

55

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

66

Глава 5. ПОЛЬОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКУ

78

ВИСНОВКИ

85

ПОСИЛАННЯ

87

Додаток

92

Додаток Б

93

Додаток Б

95

ВСТУП

У лісовому господарстві нашої країни значну частину лісового фонду складають лісозаготівлі. Незважаючи на багаторічний досвід роботи в галузі лісорозведення, проблема лісовідновлення вирубок залишається одним із найскладніших завдань лісового господарства.

Рациональне відновлення лісових культур на галявинах і в горах ґрунтується на якісній підготовці ґрунту, що забезпечує оптимальні умови для приживання та зростання сіянців та молодих дерев лісових порід. Для цього необхідно створити оптимальний водний режим на дренованих ґрунтах, не допускати попадання зайвої вологи до кореневої системи рослин на перезволожених ґрунтах та знизити конкуренцію з боку трав'янистої рослинності.

Лісовосновлення полян і гір – дорогий технологічний процес. Найбільш енерго- та трудомісткими операціями при застосовуванні в даний час технології, заснованої на безперервному лінійному виконанні всіх видів робіт, є корчування пнів та підготовка ґрунту до посадки. Крім того, попереднє розчищення або суцільне корчування пнів є обов'язковою умовою забезпечення механізації наступних технологічних операцій.

Наявний вітчизняний та зарубіжний досвід показує, що знизити матеріальні та трудові витрати, мінімізувати шкідливий вплив на навколишнє середовище від застосування механізованих способів підготовки сидінь та одночасно підвищити рівень механізації технологічних операцій можна, якщо йти шляхом широкого застосування машин та інструментів дискретної дії. В цьому випадку немає необхідності розчищати пустки та галявини як на рівнині, так і в гірських лісах смугами, родючість ґрунтів не знижується, практично виключається небезпека водної ерозії тощо.

Ще більш позитивних результатів можна досягти, якщо обробку ґрунту та посадку розсади та саджанців, наприклад із закритою кореневою системою, проводити одночасно з однієї установки.

Для реалізації малопомітного способу підготовки посадкових місць була розроблена конструкція універсальної ґрунтообробної зброї (УТЗ) з комбінованим робочим органом, призначеним для механізованої підготовки малопомітних посадкових місць у вигляді мікропіднесень (на тимчасово перезволожених ділянках ґрунту) або мікрозниження (на ділянках з дренажним ґрунтом), утворення лунок для посадки саджанців та молодих дерев лісових порід із закритою кореневою системою.

Розробка нової конструкції універсального ґрунтообробного знаряддя вимагає проведення досліджень щодо визначення та оптимізації параметрів комбінованого робочого органу, що забезпечує формування малопомітного посадкового майданчика.

Ступінь розвитку предмета. У ході аналізу даної роботи було виявлено, що формування посадкових місць на фасадах робочими органами малопомітної дії є перспективним напрямом. Однак наявних даних недостатньо для подальшого вдосконалення технологічного процесу розробки більш ефективного комплексу робіт і ненав'язливих дій. Перспективним напрямком є розробка організму універсальної дії, здатного готувати окремі посадкові місця на дренажних та тимчасово перезволожених ґрунтах.

Завдання дослідження - конструкція універсального ґрунтообробного знаряддя (що складається з трьох дискових корпусів та шнекової сівалки), технологічний процес формування посадкового майданчика у вигляді мікропідйомів (мікропонижень).

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні параметри комбінованого робочого органу універсальної ґрунтообробної зброї та технологічний процес формування посадкового майданчика у вигляді мікропідвищень (мікропонижень).

Розроблено імітаційну модель, яка описує процес формування стільця у вигляді мікрозбільшення (мікрозменшення). Отримано нові регресійні залежності, які дозволяють визначити параметри створеного посадкового

майданчика, виходячи із заданих конструктивних та технологічних параметрів НСГ.

Методологічна, теоретична та емпірична основа дослідження. Теоретичні дослідження проводилися з використанням методу імітаційного моделювання та математичної моделі універсальної ґрунтообробної зброї, з використанням класичної динаміки пружного тіла та методу кінцевих елементів. Рішення систем диференціальних рівнянь здійснювалося методом чисельного інтегрування модифікованим методом Ейлера-Коші з використанням комп'ютера.

Достовірність основних теоретичних результатів підтверджено на натурному зразку.

Висновки роботи ґрунтуються на результатах аналізу матеріалу, отриманого в ході польових досліджень. При проведенні досліджень механічні властивості ґрунту не враховувалися, оскільки при розробці математичної моделі з'ясувалося, що їх вплив на якість формування посадкового майданчика незначний. Отримані дані оброблялися за допомогою програм MathCAD 2014, Statistica та Microsoft Office Excel.

Глава 1. СТАТУС ПРОБЛЕМИ

1.1. Аналіз технології підготовки сидінь

Якісне відтворення лісових ресурсів та підвищення продуктивності лісів є найважливішою проблемою сучасності. Штучне лісовідновлення займає одне з центральних місць у вирішенні проблеми.

Найбільш проблемними ділянками для лісовідновлення є галявини та гори. Останнім часом для ефективного використання механізованої посадки та вирощування якісних лісових культур на цих територіях застосовуються дві технології лісовідновлення: створення посівів на суцільних рубках (технологія рубок та рубок) та створення посівів на невирубаних деревах. Лісова земля, акуратні недогляди.

Перша технологія найпоширеніша у тайговій зоні. Для зняття шкіри необхідно розпиляти і видалити згорілі дерева бензопилами, видалити смуги (ходи) залишків лісоосіки, буреломи та велике коріння шириною 2...2,5 м для свіжого вибою при осушеній і тимчасово перезволоженої землі та 3... Ширина 4 м на поверххах із постійною підвищеною вологістю. Крім того, для зменшення негативних наслідків жолоблення виконують плавне викривлення ослаблених смуг. Крім того, борозни копають плугами ПКЛ-70 або ПЛ-1, грунт розпушують у смуги фрезами МЛФ-0,8, ФЛУ-0,8, посадку лісових культур роблять сівалками типу МЛУ-1. Негативними наслідками інтенсивного екошування є утворення глибоких колій після використання гусеничних тракторів, ущільнення та мінералізація ґрунту, руйнування його структури, виснаження верхнього гумусного шару, зниження родючості ґрунту, нагрівання його фізичних властивостей, механічні та технологічні властивості ґрунту. Якщо корчувати пні, то наслідки при вирубуванні ще більш плачевні: мінералізація поверхні ґрунту навколо пнів, утворення ям під пнями та порушення ґрунтового профілю, зняття шару ґрунтового перегною та винесення ґрунтового перегною, пні, сміття з міжсмугового простору (валка) з вирваними пнями та порубковими залишками

Це призводить до порушення природного повітрообміну та водообміну і, як наслідок, до локального заболочування, подальшого перезволоження та загибелі лісових культур. Особливо шкідливі наслідки укорінення пнів на ділянках із бідними ґрунтами, із тонким шаром перегною.

При використанні смугового методу розчищення лісів у лісовідновлювальних роботах необхідно систематично використовувати велику кількість машин для виконання різних технологічних операцій переважно з простим гусеничним трактором. Це призводить до різкого збільшення металоємності витяжки, що через неодноразовий проїзд техніки по тому самому місцю збільшує навантаження на ґрунт і негативно впливає на якість підготовки ґрунту. Крім того, робота потребує значних фінансових витрат, пов'язаних з придбанням усіх необхідних агрегатів, підтримкою їх в оптимальному стані, що призводить до необхідності наймати велику кількість робітників, що також спричиняє проблеми при їх нестачі, кваліфіковані працівники. Крім того, слід зазначити, що основні витрати на розчищення емут пов'язані з розчищенням та підмітанням території, що у кілька разів перевищує витрати на проведення наступних технологічних операцій (підготовка ґрунту, посадка лісових культур, їх догляд).

У лісостеповій зоні широко застосовується друга технологія лісовідновлення - створення посівів на постійних рубках. Цей метод не передбачає очищення живця перед посадкою. Борозни готують переважно між пнями. При цьому чітко видно нерівномірність обробітку ґрунту: кривизна борозен, різна відстань між ними, що призводить до ускладнення або майже повної відсутності механізації процесів посадки та догляду за лісовими культурами.

За відсутності належного догляду за посівами на вирубках під час Через 3...5 років після посадки спостерігається загибель до 30% сіянців внаслідок пригнічення їх трав'янистою рослинністю та другорядними листяними породами, снігом та сухою травою. Процес розростання території відбувається

досить швидко, і з наступного року після посадки необхідно проводити щорічне освітлення, що досить важко, якщо розсада висаджується по криволінійних борозенках на живці, що невисихаються.

Інший тип територій, на яких складно підготувати ґрунт перед посадкою, - це території з гірськими схилами та ярами, які особливо схильні до ерозії. Для вирощування лісових культур у таких умовах застосовують часткову обробку ґрунту: смуги, борозни, тераси чи майданчики. На схилах з ухилом до 8° роблять суцільну обробку ґрунту, при ухилі $8...12^\circ$ - підготовку смуг. Для смугового оранки застосовують загальні та спеціальні навісні плуги (дворучні, оборотні, човникові).

Землеройний метод застосовують на ділянках, схильних до сильної ерозії з ухилом більше 8° . Широкого поширення набули багаторусні тераси. При їх організації використовуються три методи: різьбовий, на підкладці та об'ємно-знімний. На ділянках з ухилами до 20° терасне оранку виробляють тими ж плугами, що і порожнисті плуги, що встановлюються на трактори з крутими ухилами.

Тераси підготовлені для багаторазового проходу агрегату схилом з циркуляцією від шару ґрунту вниз. Щільні тераси застосовують на схилах із ухилом $12...40^\circ$. Для роботи на схилах - терасах використовуються грейдери, бульдозери та спеціальні агрегати. Підготовка ґрунту також виконується при горизонтальному переміщенні агрегату по схилу.

При формуванні терас вздовж схилу виникає ряд проблем, пов'язаних з малою довжиною тварин, підвищеним ризиком зсувів, що призводить до зниження продуктивності і труднощів в організації технологічного процесу.

Масові копання та земляні роботи ефективніші. Формування окремих зон відпочинку у вигляді майданчиків відбувається при спуску тераси схилом. Кількість і розмір ділянок зазвичай вибираються виходячи зі ступеня засміченості пологом, кількості пнів і віку рослинного матеріалу, що використовується.

Зазвичай тераси розпилюють шириною $2,5...3,0$ м для посадки в один ряд і $4,0...4,5$ м для посадки в два ряди. Відстань між ними залежить від крутості схилу та становить від $3,0$ до $6,0$ м. Тераси зазвичай мають зворотний

ухил 2...4°, що дозволяє збирати дренажні води та уповільнює процес ерозії. У ньому створюються сприятливі умови вирощування лісових культур.

При роботі на схилах слід враховувати, що сучільні борозни і посадкові щілини, що утворюються під час опадів, є орієнтирами для стоку води. У результаті дома борозен і тріщин утворюються яри, ґрунт розмивається до того часу, поки стануть видно кам'янисті включення. Земляні роботи, своєю чергою, є ефективним методом освоєння таких територій. Він служить для запобігання водній ерозії ґрунту, поліпшення аеротермічного режиму та підвищення ефективності подальшого агротехнічного догляду, характерного для рівнинних

територій. Однак на гірських вирубках та незвіданих горах застосування методу терасування дуже важко через пнів. У свою чергу, укорінення пнів на схилах застосовується вкрай рідко через водну ерозію ґрунту. Тому технології, засновані на використанні машин дискретної дії, набувають все більшого поширення у світовій практиці в умовах вирубок та пожеж у гірських лісах, а також на крутих скатах крокв.

Тому жодна з описаних вище технологій суцільної підготовки ґрунту перед посадкою не може повною мірою гарантувати гарну якість обробітку ґрунту.

Порівняно з існуючими технологіями лісогосподарських робіт останніх десятиліть у скандинавських країнах та Канаді, ми спостерігаємо інші принципи організації лісогосподарських робіт, які полягають у застосуванні універсального обладнання, що дозволяє послідувати кілька технологічних операцій в одному агрегаті. В рамках даної оптимізації поступово припиняється використання комплексу спеціалізованих машин для розчищення посівних площ, подальшого підгортання борозен та посіву сівалками безперервної дії. Відбувається поступовий перехід до машин дискретної дії, здатних організувати оптимальні місця посадки в різних умовах рубки (захарашеність, ухил, наявність пнів, схильність до ерозії), що завдає меншої шкоди родючому шару ґрунту.

Останнім часом лісогосподарські та лісогосподарські роботи вимагають великої кількості якісного посадкового матеріалу, здатного успішно протистояти

впливу зовнішніх негативних факторів після посадки. Для підвищення його приживання необхідно сформувати компакту кореневу систему, що забезпечує хороший доступ коренів до мінеральних речовин і води протягом усього періоду виживання на лісовій території. Такий посадковий матеріал досить швидко починає рости, що дозволяє йому успішно конкурувати з трав'янистою рослинністю та пагонами листяних порід, що сприяє зменшенню кількості необхідної лісової підстилки.

При традиційному способі вирощування розсади компакту кореневу систему можна сформувати в школі при пересадці розсади з розсадного відділення методом кореневої обрізки, але цей метод призводить до вищих витрат праці, майстерності та якості розмірів, не завжди перебуває на належному рівні. Ще однією важливою умовою гарного зростання посадкового матеріалу лісових порід є збереження земляної грудки при викопуванні та пересадці спочатку в розпліднику, а потім на лісових ділянках. Велике значення підтримки хорошої якості грудки ґрунту на коренях рослини полягає в тому, щоб він мав початковий запас мінералів, необхідних для гарного виживання. При порушенні структури земляної грудки або її поганій якості приживання може значно знизитися через неповне зчеплення грудки з землею. Особливо яскраво ця особливість проявляється при посадці саджанців сосни, що не мають додаткових коренів, тому будь-яке пошкодження кореневої системи має найбільший вплив на їх подальше зростання, аж до загибелі.

Перспективним напрямом підготовки посадкового матеріалу до лісовідновлювальних робіт є вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою (ПМЗК) – саджанців або молодих дерев, коренева система яких прихована грудкою землі, брикетом чи субстратом. Використання такого посадкового матеріалу дозволяє усунути дефекти, характерні для механічного на відкриту кореневу систему посадкового матеріалу. При використанні ПМЗК забезпечується формування компактною кореневою системою в контейнері, що виключає необхідність обрізання, а при пересадці ґрунтовий ком зберігає

цілісність і форму. Завдяки дісонсаджувальним операціям коренева система рослин не порушується, що дозволяє їм швидше адаптуватися до нових умов. Саджанці та розсаду висаджують із грудкою землі в контейнери, матеріал яких потім легко розкладається у землі.

В даний час виробництво ПМЗК апробовано та широко використовується в різних сферах, починаючи зі скандинавських країн та закінчуючи Португалією. Це пов'язано з тим, що таке виробництво не тільки дає необхідну кількість саджанців, але і є більш економічним та дуже вигідним, а в теплицях та розплідниках можна вирощувати продукцію цілий рік. Велика різноманітність параметрів тари (обсяг, форма, матеріал), типів та комбінацій субстратів (компосна соснова кора, вермикуліт, торф та ін.), що заповнюють тару, а також висока мобільність виробничих потужностей забезпечують можливість її використання у регіонах з найрізноманітнішими ґрунтово-кліматичними умовами. Використання саджанців та молодих дерев із закритою кореневою системою дозволяє широко застосовувати механізацію та автоматизацію виробництва та подальшої посадки.

Рослинний матеріал із закритою кореневою системою, висаджений на лісовій ділянці, має ряд переваг перед посадковим матеріалом із відкритою кореневою системою, а саме:

- швидке регулювання на відкритій місцевості,
- продовження строків посадки сільськогосподарських культур,
- підвищення стійкості на бідних та сухих ґрунтах,
- підвищити конкурентоспроможність по відношенню до трав'янистої рослинності,
- зменшити витрати на догляд за дітьми.

З досліджень О.Ю. Бутенко показало, що при застосуванні ПМЗК основна складність полягає у вирощуванні посадкового матеріалу з високим ступенем автоматизації виробничого процесу, тоді як на стадії зростання розсаду,

висаджену в контейнери, показала кращу приживаність та швидкість зростання у мінімальних умовах, агротехнічні та лісогосподарські умови, занепокоєння.

Однак при посадці ПМЗК слід враховувати деякі його особливості. Таким чином, ПМЗК добре укорінюється і показує гарний розвиток кореневої системи лише поза контейнером при гарній вологості, що характерно для умов тайгової зони, схилів та гірської місцевості. У той час як в умовах лісостепу та степів посадковий майданчик для ПМЗК слід готувати у вигляді майданчика або мікроредукції [17].

Незважаючи на очевидні переваги, застосування ПМЗК при лісовідновленні поки не набуло широкого поширення. Це пов'язано з тим, що історично використовувався рослинний матеріал з відкритою кореневою системою, тому практично всі наукові дослідження та розробки пов'язані з його використанням. Технологічний цикл від розплідників до лісопосадок також був вузьким.

У зв'язку з неможливістю застосування закордонного досвіду в чистому вигляді в даний час необхідно визначити особливості застосування ПМЗК у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з метою підвищення якості побудови нового технологічного циклу гарантійних лісопосадкових робіт. , розвиток нових спеціалізованих тепличних комплексів, здатних цілий рік заготовляти якісний посадковий матеріал. Також необхідно розробити нові засоби механізації, що гарантують швидке та якісне виконання всіх процесів: від вирощування ПМЗК у розсадниках до посадки у лісовій зоні. Незважаючи на те, що це потребує значних капіталовкладень, розвиток такого комплексу в майбутньому призведе до зниження витрат на всі види операцій. Це дозволить проводити посадку протягом усього весняно-осіннього періоду, максимально знизити ймовірність пошкодження посадкового матеріалу, підвищити приживаність, у кілька разів скоротити обсяг необхідного агротехнічного та лісотехнічного догляду та знизити потребу у ручній праці, якщо можливо.

1.2. Аналіз параметрів та режимів роботи машин та інструментів для підготовки крісел.

Машини для підготовки сидіння поділяються на дві групи в залежності від типу сидіння, що формується:

- безперервної дії, що готує суцільний посівний простір пасивно працюючими організмами при безперервному русі трактора по лінії фронту або ділянки,

- з дискретною дією, що утворює прорізи або переривчасті посадкові отвори.

До машин безперервної дії в основному належать лісогосподарські плуги: плуги (ПКЛ-70, ПІН-135, ПЛО-400 та ін), дискові плуги (ПД-1,2, ПДВ-1,5) та шнекові плуги (ПШ-1). Під час роботи прохідницькі бригади розрізають пласт у вертикальній площині, підрізають знизу, піднімають, перевертають і укладають у перевернутому вигляді поруч із борозеною, тобто дерном на траві. Посадку роблять, перевернувши біля коріння і притиснувши шаром ґрунту. При цьому формуються дві безеквівалентні лісові ділянки: збіднений мікроґрунт - борозенчастий ґрунт і збагачений дренажний мікропіднесення - шар у вигляді подвійної дернини та подвійного гумусового горизонту. На дренажних ґрунтах для посадки використовують борозенки, а на більш вологих, багатих, вологих відведення.

Шнекові бригади працюють в такий спосіб. Під час руху агрегату вперед ріжучий диск, встановлений у передній частині корпусу, зрізує шар ґрунту вертикально, а горизонтальне обрізування здійснюється ножами корпусу плуга. Потім нарізані пласти переміщуються до розвантажувачів, які частково обертають їх, а потім переміщують до краю смуги, що обробляється. Шнекові барабани одночасно з розпушуванням переміщують ґрунт у протилежних напрямках, утворюючи дренажну канаву і два мікропіднесення з боків для посадки лісових культур.

Основним робочим органом дискових плугів є сферичні диски. У процесі роботи диски зрізають пласти, повертають їх, розпушують ґрунт і переміщують пласти до центру смуги «в гору», що призводить до утворення мікропіднесення в центрі розчищеної смуги. . Основною особливістю конструкції плугів є роздільне кріплення кожного корпусу диска. В результаті диски додаткове обертання навколо окремої похилої осі. Це дозволяє їм руйнувати невеликі перешкоди у вигляді поваленого сміття і перекочувати більші перешкоди (ині, каміння тощо).

Однак машини безперервної дії при роботі в складних умовах - важкопрохідній місцевості, на схилах і на багатолюдних відкритих просторах мають ряд недоліків. Найважливіші з них – необхідність долати перешкоди у вигляді бурелому, каміння, пня і коріння, що призводить до простою агрегату, необхідність копати агрегат, високий ризик поломок через зачеплення робочих органів гострим предметом. . кут проникнення в ґрунт або здавлювання відвалів, підвищена енергоємність та, як наслідок, порушення технологічного процесу.

Дефекти, характерні для машин безперервної дії, призвели до появи та розвитку машин дискретної (точкової) дії. Залежно від режиму руху машини дискретної підготовки сидіння поділяються на позиційні сидіння, що готують під час зупинки, і беззупинні. Приблизну класифікацію машин дискретної дії можна у вигляді схеми (рис. 1.1).

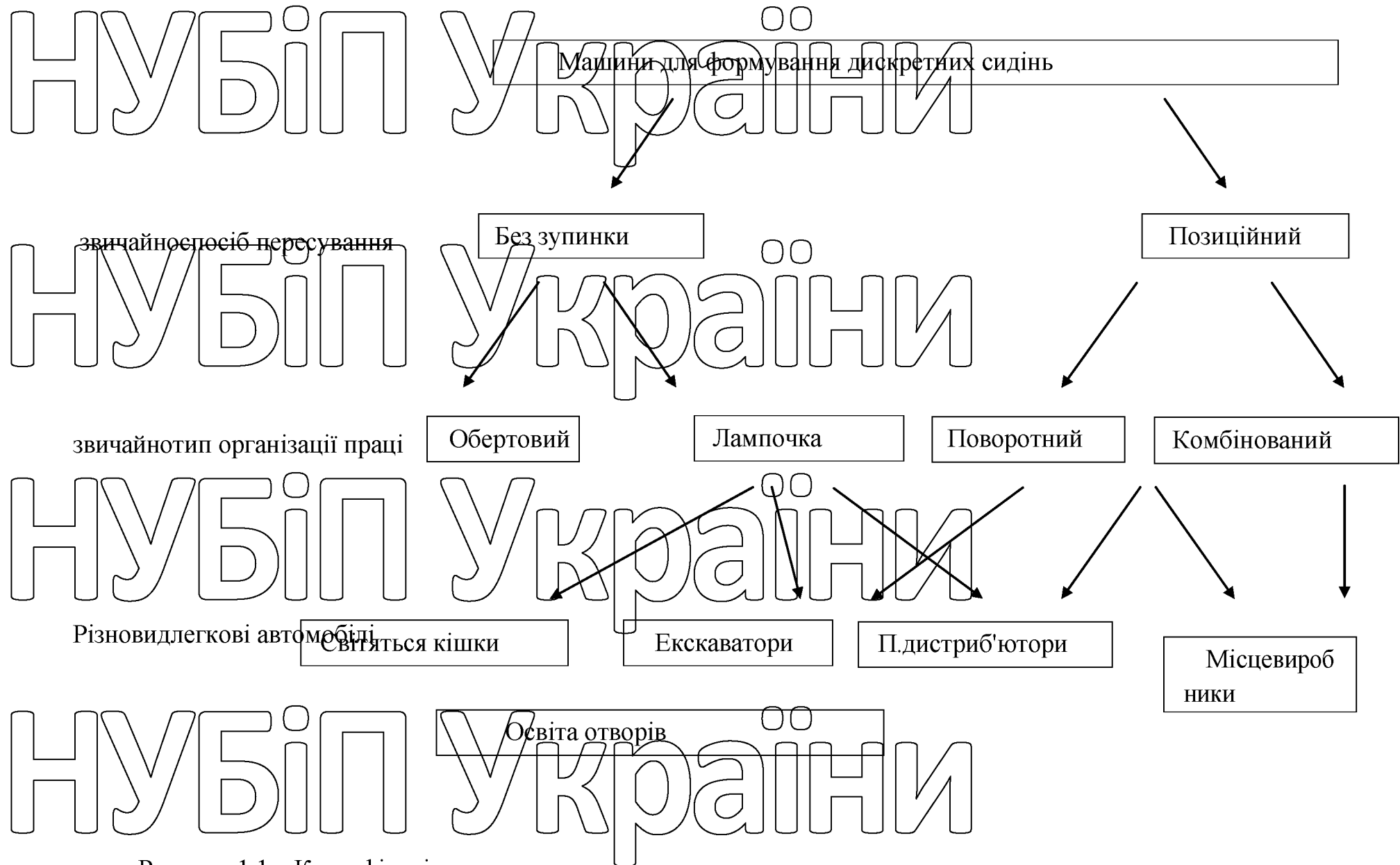
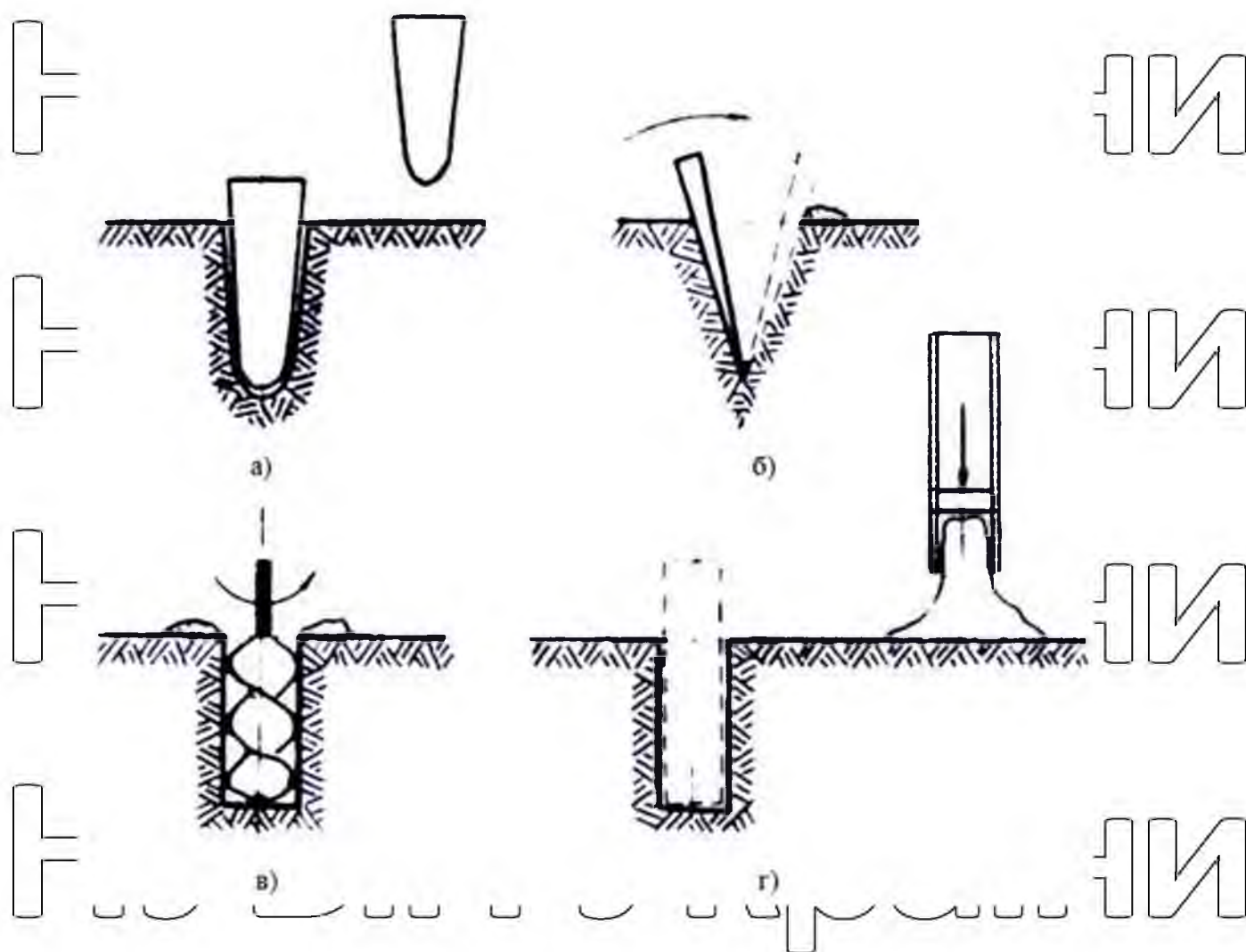


Рисунок 1.1 – Класифікація машин дискретного сидячого навчання



а – тиск на подушку, б – тиск на пластину з подальшим обертанням, – відбір об'єму ґрунту буром, в – відбір об'єму ґрунту порожньою подушкою

Рисунок 1.2 – Способи формування отворів машинами дискретної підготовки посадкового місця

Одним з перших прототипів машин дискретної дії є діроутворювач за А. мет. СРСР №42355. Робочий орган складається з перфоратора для формування заглиблень у ґрунті, встановленого на рамі, що спирається на еліптичні колеса. Для збільшення навантаження на раму при зануренні виносної опори в ґрунт застосовують візок з вантажем, встановлений з можливістю вільного переміщення по рейках, що прикріплені до рами.

Дана конструкція не набула широкого поширення через свою складність і розміри, але послужила поштовхом до розвитку цього напрямку підготовки ґрунту перед посадкою [7].

Першою серійною машиною дискретної дії є радянська ковзанка КН-1, розроблена конструкторською групою Інституту лісового господарства АН СРСР під керівництвом В. Я. До. Формування посадкових лунок здійснюється робочим органом, що складається з масивних коліс, краю яких рівномірно розподілені радіально орієнтовані точки. Під час руху шипи одночасно пробивають два ряди посадкових отворів. Каток, що розжарює, ефективно готує посадкові лунки розжареним робочим органом (рисунки 1-2, а), що дозволяє широко застосовувати його на безсадкових живцях з кам'янистим ґрунтом.

Пізніше цим же колективом був створений дирикоп Д-1, що відрізняється від свого прототипу, черевика КН-1, що світиться, наявністю лемешів, що відшаровують верхній шар ґрунту з одночасним утворенням двох мінералізованих канавок, за якими знаходяться колеса з двяками, вже минають. У той же час дрібні шматочки відходів подрібнюються ножицями, а інструмент делає великі перешкоди, стоячи на ножицях, що відсуваються назад, коли стикаються з перешкодою. Інструмент також мав ряд недоліків, у тому числі недостатню ширину мінералізованих смуг та неоптимальні параметри буріння.

Відомий агрегат, в якому усунуті всі перераховані вище дефекти. Вони мають сівалку ШС-2. У конструкції реалізовані додаткові робочі дискові органи, які краще очищають робочу зону перед робочим колесом з діроутворювачами. Крім того, форма діроутворювачів була скоригована так, щоб вони виглядали як чверть сфери, що дозволило сформувати оптимальний V-подібний отвір без суттєвого ущільнення стінок.

Як показано на схемі, в машинах для формування дискретних місць у машинах застосовуються розжарені, обертові, поворотні та комбіновані робочі органи. Як робочі органи заїмання використовуються пуансони, штифти, клини і т.п., що здійснюють примусове впровадження в ґрунт шляхом динамічного впливу. Для зниження енергоємності процесу формування стільця застосовують робочі органи,

що обертаються, у вигляді тонких лопатей, лопатей або пластин, закріплених радіально на загальному роторі, для обертання шару ґрунту після його заглиблення. Робочі органи, що обертаються, являють собою різноманітні свердла, ножі і зуби, що розхитують. Посадкові лунки формують шляхом відбору або розпушування об'єму ґрунту. В цілому способи формування посадкових лунок можна розділити на кілька типів: притискання подушкою, притискання плити з подальшим обертанням, відбір об'єму ґрунту буром, відбір об'єму ґрунту порожнистою подушкою (рис. 1.2).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Глава 2 ДОСЛІДЖЕННЯ З УНІВЕРСАЛЬНОЇ ЗБРОЇ

НУВІП України

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми універсального приладу

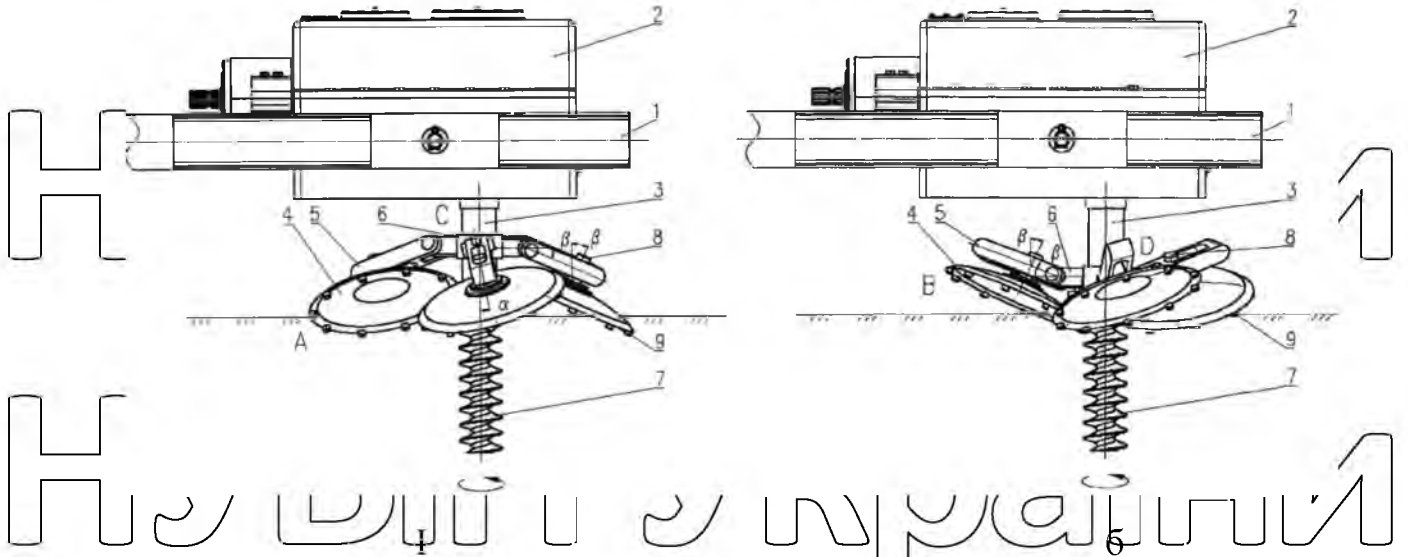
Для механізованої підготовки малопомітних посадкових місць у вигляді мікропідвищень (на ділянках з тимчасово перезволоженими ґрунтами) або мікрознижень (на ділянках із задернюванням) з паралельним формуванням лунки для посадки саджанців та молодих дерев лісових порід із закритою кореневою системою була розроблена нова конструкція знарядь обробки ґрунту (рис 2.1, 2.2).

Зброя універсальна ґрунтообробна (УГО) складається з рами 1, редуктора 2, вертикального опорного валу 3 і комбінованого робочого органу, що включає сферичні диски 4, ремені 5, з'єднані обоймою 6, має можливість вільно переміщатися і бути закріплюють в певному положенні (С на валу 3 і нагвинчують свердло 7 для формування отворів посадкових

Робочий орган складається з трьох сферичних дисків 4 розташованих по дузі кола під кутом 120° . Диски вільно обертаються на окремих валах 8 в корпусах підшипників за рахунок реакції із землею, що виникає при обертанні вертикального валу 3. Корпус підшипника, у свою чергу, кріпиться до ременів 5, які забезпечені регульовальними отворами, що переміщують шківів в радіальному напрямку і фіксують положення: при здійсненні мікропідйомів - на максимальній відстані від дерева, а під час підготовки сайтів - зведено до мінімуму. Лінії 5 підключаються до затиску 6 і в залежності від технологічного процесу фіксуються у верхньому положенні А - при утворенні перепадів мікрорівнів або - під час підготовки майданчика. Затискач займає фіксовані позиції С або D. Сферичні диски мають можливість установки «нависаюче», тобто можуть переміщувати верхній шар ґрунту від периферії до центру, утворюючи мікропіднесення (рисунки 2.1, а), або «в-гору», коли верхній шар ґрунту переміщається від центру до периферії ділянки (рис. 2.1 б). Крім того, диски встановлені під кутом атаки у напрямку обертання, що дозволяє краще контактувати із землею. Сферичні диски

підключаються до затиску 6 і в залежності від технологічного процесу фіксуються у верхньому положенні А - при утворенні перепадів мікрорівнів або - під час підготовки майданчика. Затискач займає фіксовані позиції С або D. Сферичні диски мають можливість установки «нависаюче», тобто можуть переміщувати верхній шар ґрунту від периферії до центру, утворюючи мікропіднесення (рисунки 2.1, а), або «в-гору», коли верхній шар ґрунту переміщається від центру до периферії ділянки (рис. 2.1 б). Крім того, диски встановлені під кутом атаки у напрямку обертання, що дозволяє краще контактувати із землею. Сферичні диски

оснащені 9 ножами для більшої глибини та інтенсивнішого руху ґрунту. До валу прикріплено гвинтове свердло 7, з якого можна сформувати посадковий отвір.



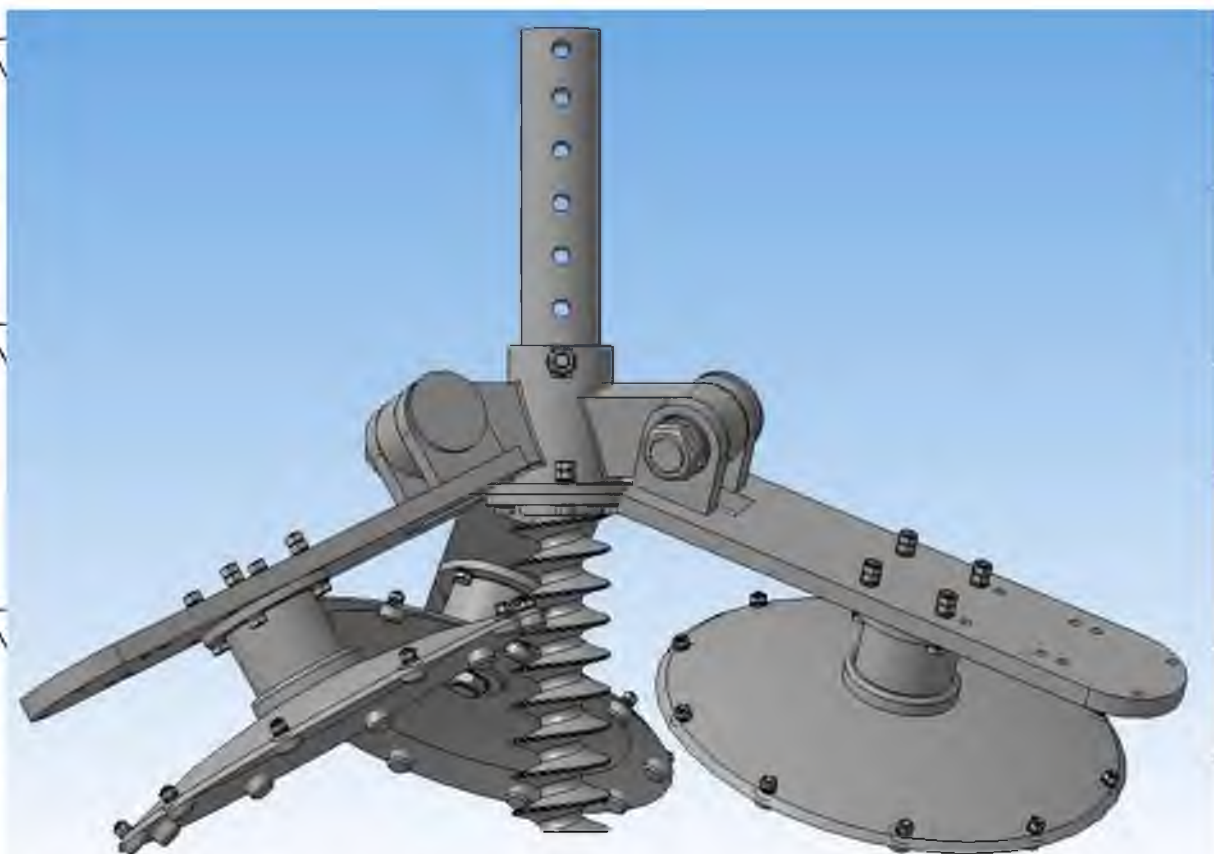
а – сферичні диски, встановлені «вгору ногами» для утворення мікропідйомів,

б – сферичні диски, встановлені «вгору ногами» для утворення мікропідйомів, 1 –

рама, 2 – коробка передач, 3 – опора карданного вала, 4 – сферичні диски, 5 – лінії,

6 – затискач, 7 – шуруповерт, 8 – вал диска, 9 – ножі

Малюнок 2.1 – Розроблена конструкція універсального інструменту



Малюнок 2.2 – Загальний вигляд універсальної ґрунтообробної зброї

Пристрій працює у наступному порядку. Тракторист вибирає оптимальне місце приземлення з урахуванням особливостей навколишньої місцевості, можливих перешкод і рослинності, наближається до нього, зупиняється, опускає зброю на землю і включає незалежний привід відбору потужності від осі трактора (ВОМ). Сферичні диски при контакті із землею починають обертатися навколо центральної осі інструменту та навколо окремої осі. Примусове опускання фаркопа використовується для кращого заглиблення робочого органу. При досягненні необхідних параметрів посадкового майданчика ВМО відключають зброю, опускають та встановлюють у транспортне положення. Тракторист продовжує шлях до наступної ділянки.

Для подальшої оцінки ефективності запропонованої конструкції ґрунтообробної зброї в різних режимах роботи, оптимізації конструктивних та технологічних параметрів було розроблено математичну модель УПР.

2.2 Спосіб взаємодії робочих органів УНР із землею

2.2.1 Подання ґрунту в моделі

При створенні математичної моделі універсального ґрунтообробного знаряддя необхідно правильно представити моделі як пісову підстилку і процеси її взаємодії з робочим організмом [94, 95]. Необхідно враховувати, що при моделюванні лісових ґрунтів виникає ряд проблем, пов'язаних з великою різноманітністю типів ґрунтів, а також з фізико-математичними параметрами, що їх описують, а саме: вологістю, пухкістю і пухкістю. Рельєф поверхні також відіграє важливу роль [59, 85]. У цій роботі математична модель ґрунту описується як набір із 7000 дрібних сферичних елементів.

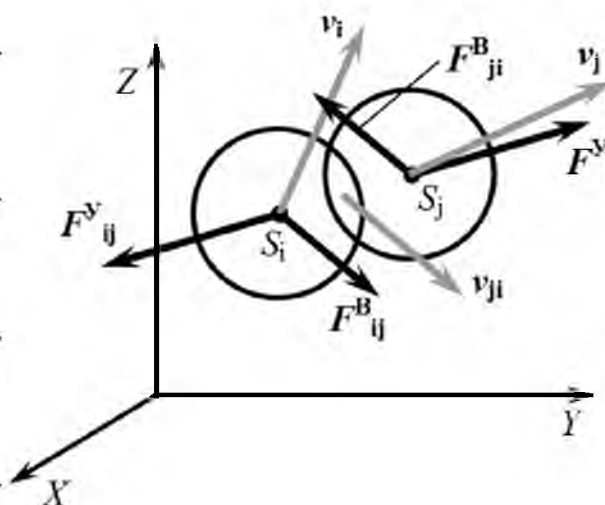


Рисунок 2.3 – Пружні та в'язкі сили, що виникають при контакті зі сферичними елементами (а) та залежність пружної складової сили F_{Uij} від ряду відстаней між двома взаємодіючими наземними елементами.

Для розрахунку сил взаємодії між елементами ґрунту необхідно знати їх просторові координати $S_i(x_i, y_i, z_i)$, $S_j(x_j, y_j, z_j)$ та розрахувати ряд відстаней.

З'єднання елементів ґрунту необхідне для моделювання фрагментів ґрунту. На початку комп'ютерного експерименту елементи, що контактують, вважаються з'єднаними, а надалі, коли їх розділяють більш ніж на dk , вони роз'єднуються.

Система диференціальних рівнянь для цього типу та елементів визначає зміну ґрунтової системи при обробці УПР. Під впливом робочих поверхонь інструменту змінюється просторове становище сферичних елементів ґрунту, і під інструментом згодом утворюється конусне поглиблення. Сумарна сила безлічі елементів, що одночасно діють на інструмент, дозволяє розрахувати потужність, необхідну інструменту.

Під час розробки математичної моделі не враховувалося обертання окремих елементів ґрунту навколо власного центру. При цьому похибка не вноситься, оскільки вони поєднуються і утворюють агрегати елементів у вигляді грудок або шарів ґрунту, при русі яких обертальний облік окремих фрагментів досягається автоматично в результаті переміщення один до одного. . інший.

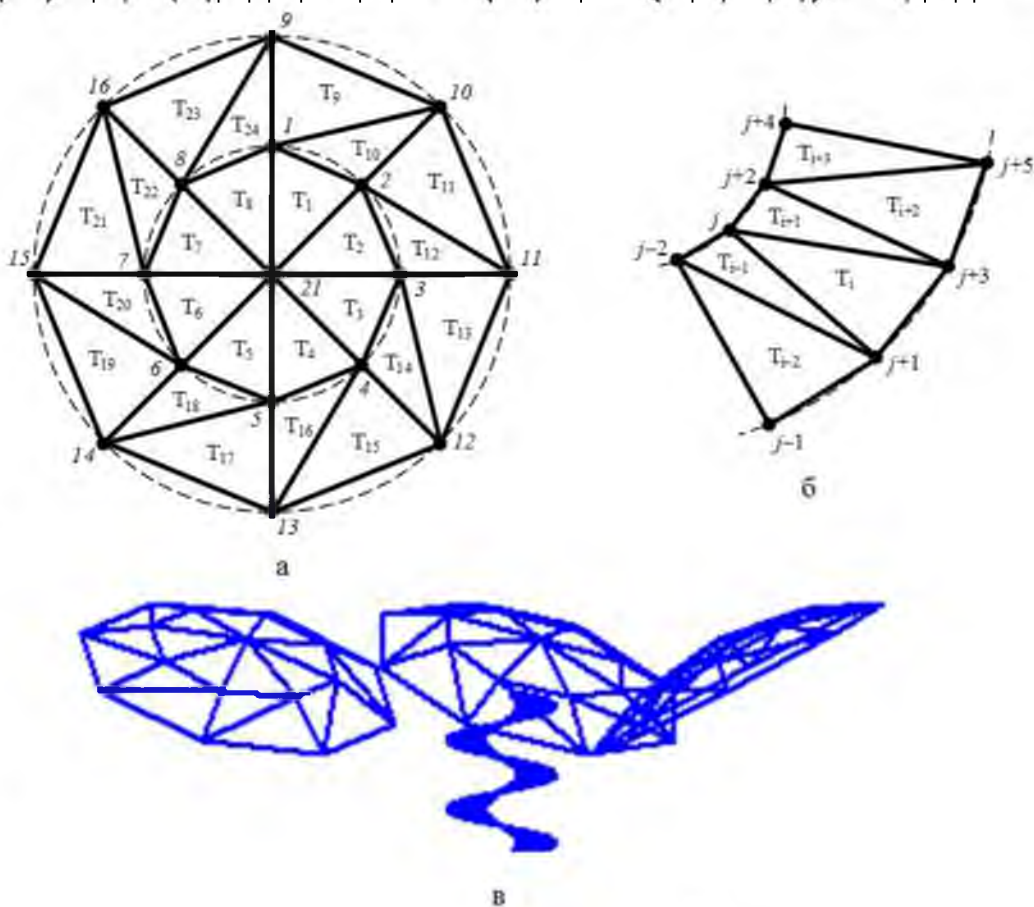
У ході комп'ютерного експерименту елементам ґрунту дозволялося переміщатися в просторі куба розмірами $D \times III \times D$. Перед комп'ютерним експериментом елементи ґрунту були випадково розподілені в нижній частині кубічної області моделювання по різних шарах. . При цьому за допомогою алгоритму струскування формується герметична прокладка. Інструмент рухається у вертикальному напрямку, взаємодіючи дисками та буром з елементами ґрунту, поступово поглиблюючи задану форму.

Щоб елементи ґрунту не залишили простір куба під час обчислювального експерименту, після кожного кроку інтегрування перевіряються наступні умови.

2.2.2 Подання універсального інструменту в моделі

Оскільки робочі поверхні універсального інструменту мають складну геометричну форму, їх представлення моделі використовується метод кінцевих елементів. Робочі поверхні замінили серією трикутних елементів, з'єднаних друг з

одним. Приклади поділу сферичної поверхні на трикутники з індексами базових точок та елементарні трикутники показані на малюнку 2.4.



а – сферична поверхня робочого тіла диска, б – спіральна поверхня свердла, –

усі робочі поверхні УІР загалом

Рисунок 2.4 – Зображення робочих поверхонь універсального приладу математичної моделі

У тривимірному просторі моделі визначається трикутник, що виділяється з робочої поверхні, за трьома координатами вершин $P_{i1}(x_{i1}, y_{i1}, z_{i1})$, $P_{i2}(x_{i2}, y_{i2}, z_{i2})$, $P_{i3}(x_{i3}, y_{i3}, z_{i3})$, де P - вершина трикутника, i - Порядковий номер трикутника, індекси 1, 2 або 3 - номер вершини i -го трикутника. Для утворення складних робочих поверхонь інструменту (сферичної та спіральної) окремі трикутники з'єднуються між собою. Сусідні трикутники мають дві загальні вершини та одне ребро. Оскільки сферична і спіральна поверхні не замкнуті, після формування

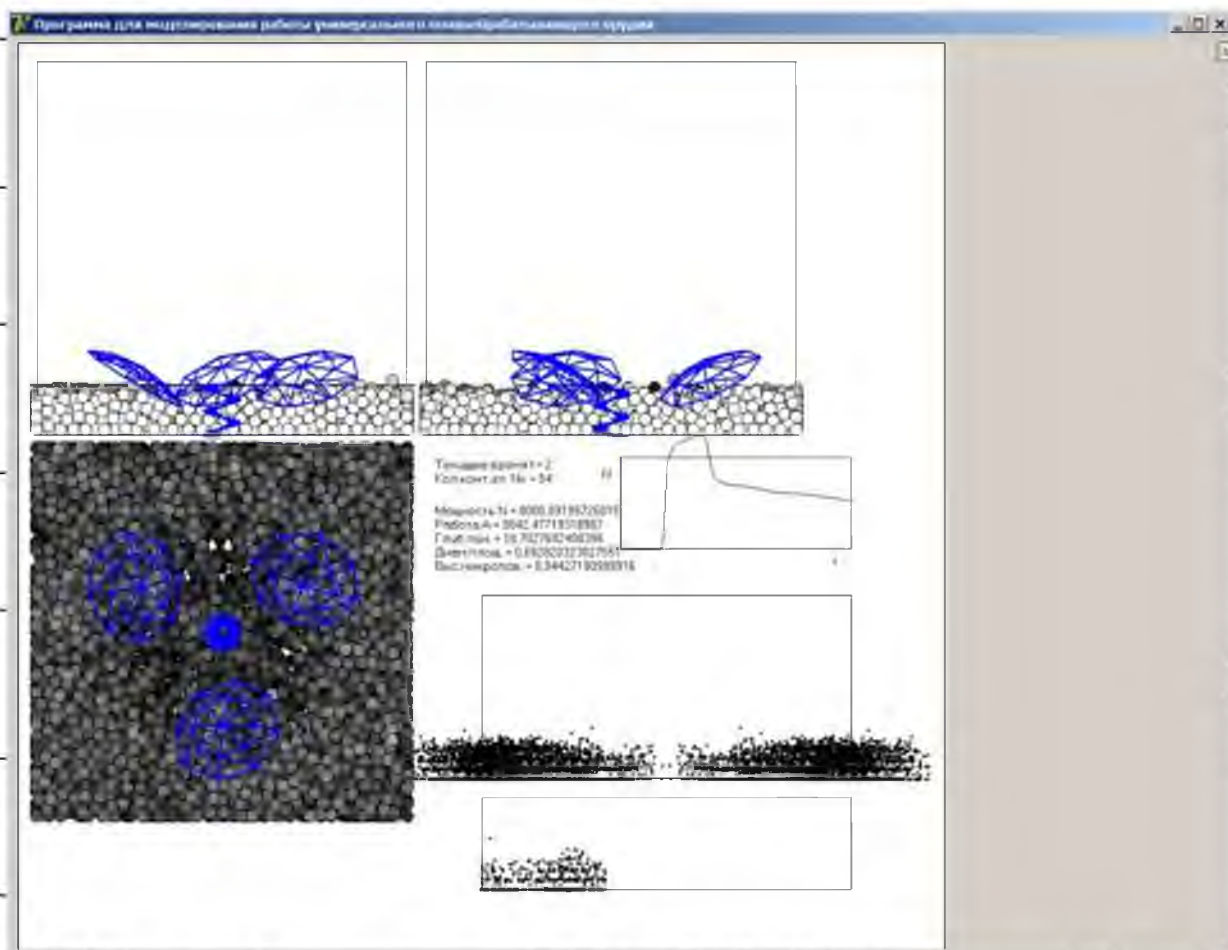
залишаються трикутники з вільними краями, які додатково вважаються ріжучими кромками робочих поверхонь.

2.1.1 Програмна реалізація моделі

На малюнку 2.4 представлена структурна схема алгоритму моделювання універсальної ґрунтообробної зброї. У ході моделювання виконуються два цикли: внутрішній (змінна t), що характеризує еволюцію системи в часі, та зовнішній (змінна NE), певну кількість комп'ютерних експериментів у серії для подальшої побудови графа залежностей.

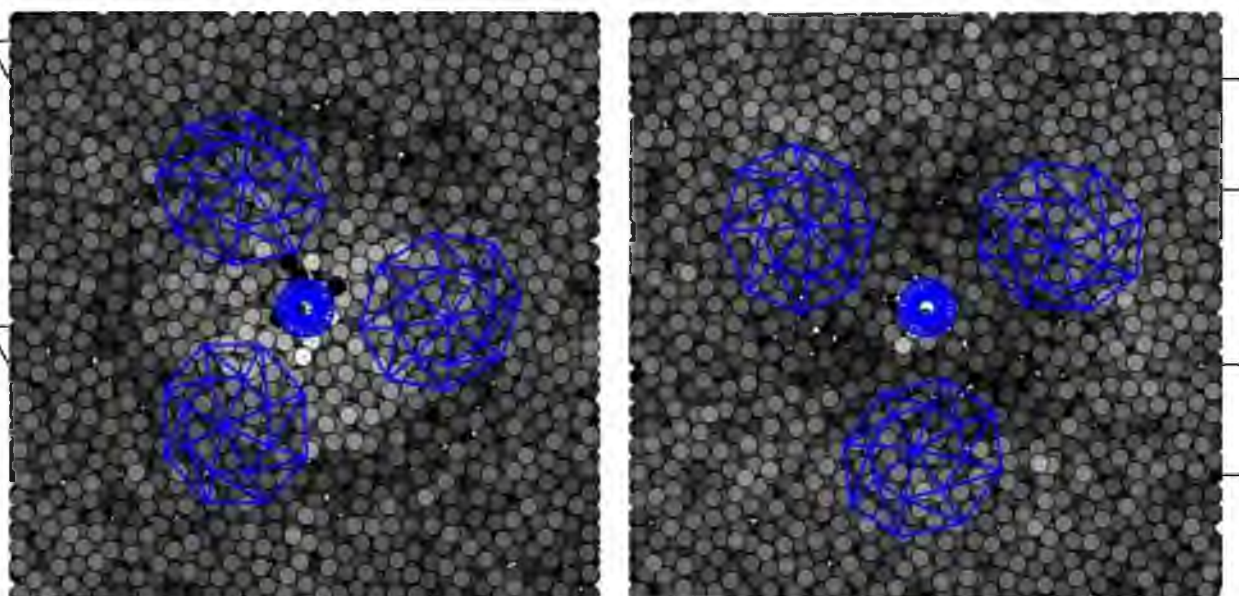
Для спрощення пошуку математичної моделі було створено комп'ютерну програму Програма моделювання універсального інструменту мовою Object Pascal в інтегрованому середовищі програмування Borland Delphi 7.0 (Додаток D) [91].

Форма інтерфейсу програми дозволяє задавати основні регульовані параметри інструменту, ґрунту та технологічного процесу (рис. 2.7). Геометричні параметри інструмента, що є вторинними, не підлягають редагуванню та задаються у тексті програми.



Малюнок 2.7 – Форма виведення моделі

Тестові комп'ютерні експерименти під час роботи сферичних дисків як і в режимі мікропідоому, і у режимі мікрообпускання показали очікувані результати роботи універсального ґрунтообробляючого зорі. Просторове зображення стільців у строю було близько до очікуваного. Тому розроблена конструкція ЕПУ вважається адекватною (рис. 2.8).



а - освіта мікропідвищення, б - освіта мікрозниження

Рисунок 2.8 – Схематичне зображення результатів роботи універсального інструменту

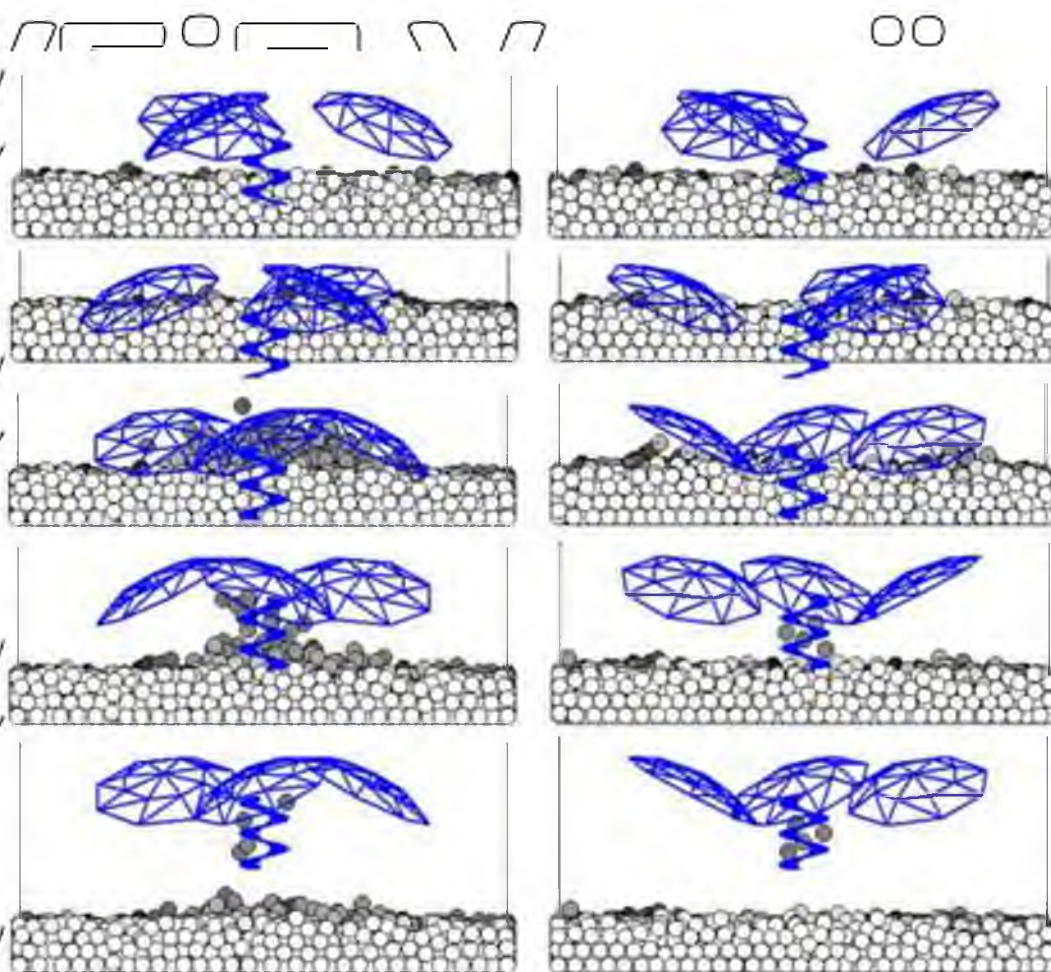
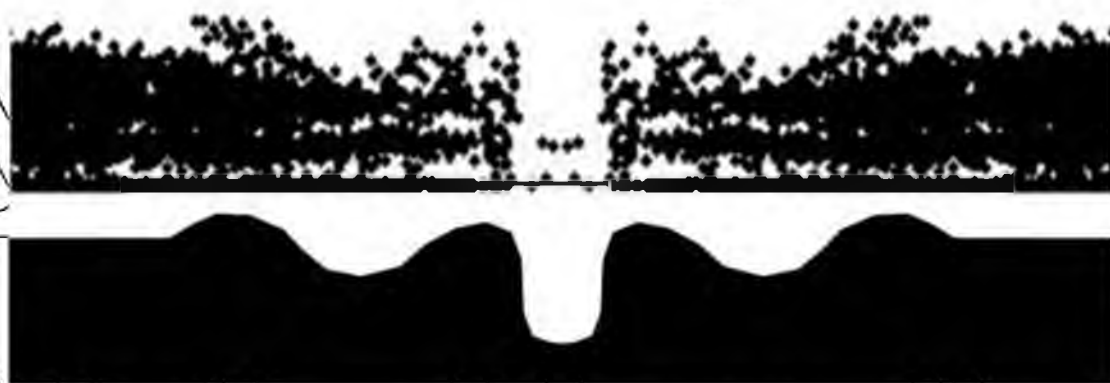


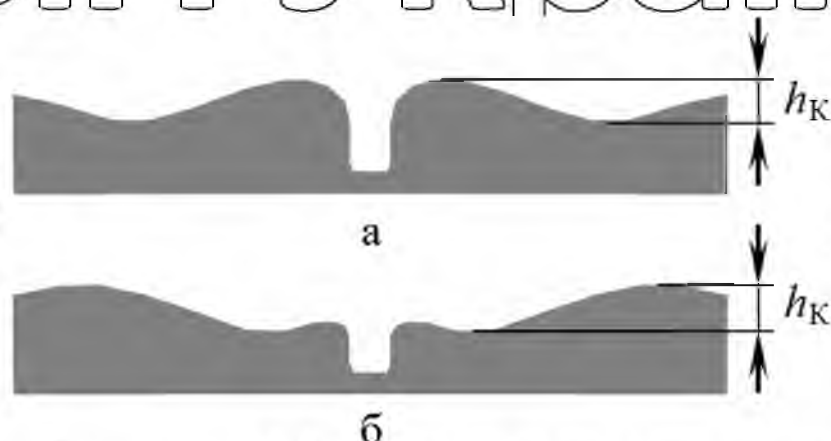
Рисунок 2.9 – Етапи роботи універсального інструменту

Про якість сформованого посадкового місця можна судити з поперечного перерізу (рис. 2.10). Поперечний переріз представлений у моделі серією окремих точок (центрів елементів ґрунту, рис. 2.10 вище). Для поліпшення зорового сприйняття її можна замінити суцільною темною областю (рис. 2.10, внизу).

Основним критерієм оцінки якості формування сідла є h_K – висота (глибина) сидельного конуса. Методика вимірювання значення параметра h_K для обох режимів інструмента представлена на малюнку 2.11.



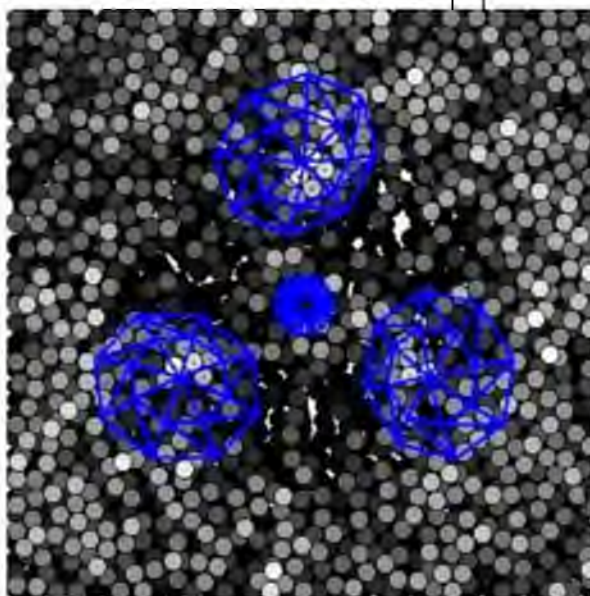
Малюнок 2.10 – Поперечний профіль мікрорівнолення, що утворився.



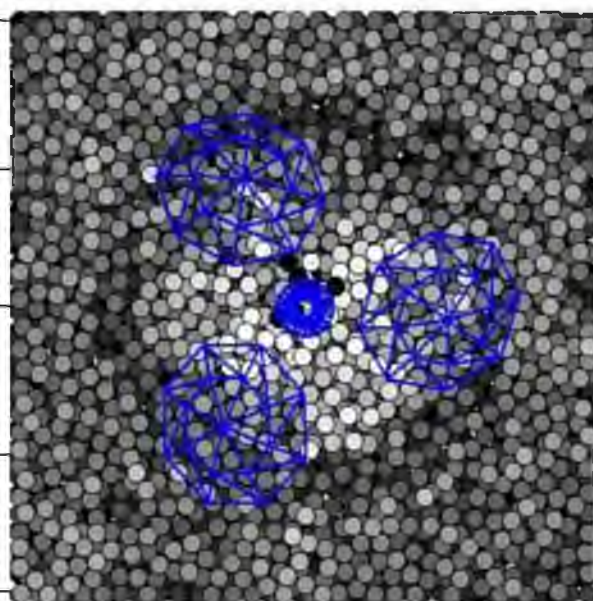
а - висота конуса мікропідйому, б - глибина конуса мікронизження Рисунок 2.11. Визначення параметрів посадкового майданчика

У попередніх обчислювальних експериментах було виявлено неоднорідність профілю в окружному напрямку. Якщо сформувати вмітку ротором, що

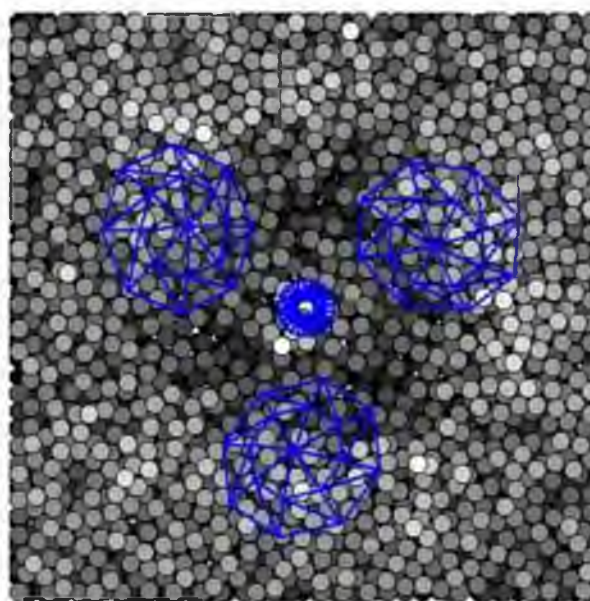
обертається, зупинити обертання і підняти УПО, то під дисками залишаться купи землі досить великого обсягу, аналогічного величині h_k (рис. 2.12, а).



а



б



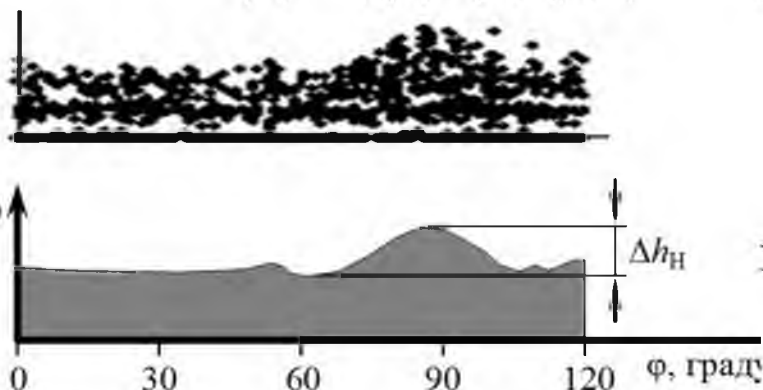
в

а) - при зупинці обертання інструменту та подальшому підйомі, б, в - при підйомі інструмента без зупинки його обертання

Малюнок 2.12 – Форми мікропіднесень

НУБІП України

Однак якщо під час підйому УПО ротор продовжує обертатися, санки розподіляються дисками по круговій борозні рівномірно, і кругові нерівності практично не виявляються (рис. 2.12, б, в). У зв'язку з цим було побудовано та проконтрольовано районні профілі $h(\varphi)$ (рисунок 2.13), а також введено додатковий показник якості роботи УПО: Δh_H – показник циркулярної нерівності (визначення методу ілюструється на малюнку 2.13).



Малюнок 2.13 – Круговий профіль сидла, що формується, та метод визначення показника окржної нерівномірності

2.2.6 Вхідні параметри та вихідні характеристики математичної моделі

Розроблена математична модель універсальної ґрунтообробної зброї дозволяє аналізувати велику кількість конструктивних та технологічних параметрів з урахуванням умов роботи. Це необхідно визначення ефективності його роботи та її енергетичних витрат. Подальші дослідження можна розділити на два етапи [109].

Крок 1: Двофакторна оптимізація. Необхідно вивчити вплив інших непередбачуваних параметрів, що впливають: кутів установки дисків α і β ,

2-й крок: вивчення закономірностей. Необхідно вивчити вплив відомих параметрів (конструктивних, технологічних, ґрунтових параметрів),

Схематично зв'язок між факторами та критеріями можна зобразити так (рис. 2.14). На діаграмі показано чотири групи змінних, які у моделі [39]. Перша група параметрів конструкції УПО є параметрами конструкції інструменту. Першорядне

значення мають такі параметри, які суттєво впливають на ефективність формування мікропіднесень:

R_D - радіус дисків, м,

α - кут атаки дисків, градуси,

β - кут сходження дисків (даний параметр визначає режими роботи інструменту), градуси,

l_D - довжина ремня (відстань від осі обертання ротора до геометричного центру диска), м,

h_b - висота буріння, м,

n_P - кількість ножів на дисках, прим.

l_P - довжина лопатей на дисках, м.т.

До другої групи технологічних параметрів УІР належать параметри, що визначають алгоритм та кінематичні характеристики руху інструменту у просторі:

ν_P - частота обертання ротора УІО, z-1,

ν_{rod} - швидкість подачі УІР (у моделі можна задати фіксовану швидкість підлоги та перекриття, а також змодельовати самостійну установку УІР по висоті), м/с.

Третя група параметрів визначає параметри ґрунту:

C_P - коефіцієнт жорсткості взаємодії елементів ґрунту, Н/м, K_B - коефіцієнт в'язкості взаємодії елементів ґрунту, Н·с/м, a_{ogr} - коефіцієнт обмеження взаємодії елементів ґрунту.

Четверта група представляє показники ефективності УІО:

h_K - висота (глибина) посадкового конуса, м,

l_{CH} - неоднорідність висоти мікропідйому (мікроопори) в окружному напрямку, м,

N -середня - середня потужність, споживана УІО, Вт,

$h(r)$ і $h(v)$ - поперечний і окружний профілі мікроредукції, що утворюється (мікроредукції).

Параметри визначаються за заздалегідь заданими поперечним та окружним профілями (рисунки 2.11, 2.13).

Таблиця 2.1 – Залежність показників ефективності ІЩО від кутів атаки α та сходження β дисків під час роботи інструменту у режимі утворення мікропіднесення

експерт у галузі	α , класифікувати	β , класифікувати	ГОДИНА До, Щоб побачити	$A_{\text{шн}}$, Щоб побачити	H_I , КВт
1	2	3	4	5	6
1	0	0	0,0	0,5	8.44
2	0	десять	0,9	0,3	8:55 ранку
3	0	20	3,8	0,9	9.23
4	0	30	6,8	1.1	9,63
5	десять	0	2,8	3,8	6,97
6	десять	десять	4,0	5,3	7:40 ранку
7	десять	20	7,7	4.2	8:25 ранку
8	десять	30	8,7	4,3	8.56
9	20	0	6,0	7,4	7.05
десять	20	десять	7.4	7.4	7,69
11	20	20	9,8	7.4	7,72
12	20	30	12,6	5,5	8.27
13	30	0	7,2	9,8	7.38
14	30	десять	9.4	11,5	7.28
15	30	20	11,9	10,6	7,88
16	30	30	15.1	15,7	8.56

Таблиця 2.2 – Залежність показників ефективності УПР від кутів установки дисків α та β під час роботи інструменту в режимі мікрообуєкання формування

експерт у галузі	α , класифікувати	β , класифікувати	ГОДИНА До, Щоб побачити	А,Щоб побачити	НІ, КВт
1	2	3	4	5	6
1	0	0	2,1	0,5	8,44
2	0	-десять	6,8	2,8	7:60 ранку
3	0	-20	7,9	3,0	8.56
4	0	-30	10.2	5.1	11:57 ранку
5	десять	0	1.1	3,8	6,97
6	десять	-десять	2,8	4,9	6,44
7	десять	-20	3,5	5,1	7,16
8	десять	-30	8,5	5,7	8,41
9	20	0	0,0	7.4	7.05
десять	20	-десять	2,3	9,6	7,31
11	20	-20	4,7	8,7	7,44
1	2	3	4	5	6
12	20	-30	6.2	10,0	8.21
13	30	0	1,0	9,8	7,38
14	30	-десять	0,0	10,0	7,84
15	30	-20	4.7	9.1	8.03
16	30	-30	7.4	10.4	9,71

Для візуальної оцінки якості формування посадкового місця у вигляді мікропідняття або мікрозменшення отримували поперечний та окружний профілі зони обробки (малюнки 2.15...2.17).

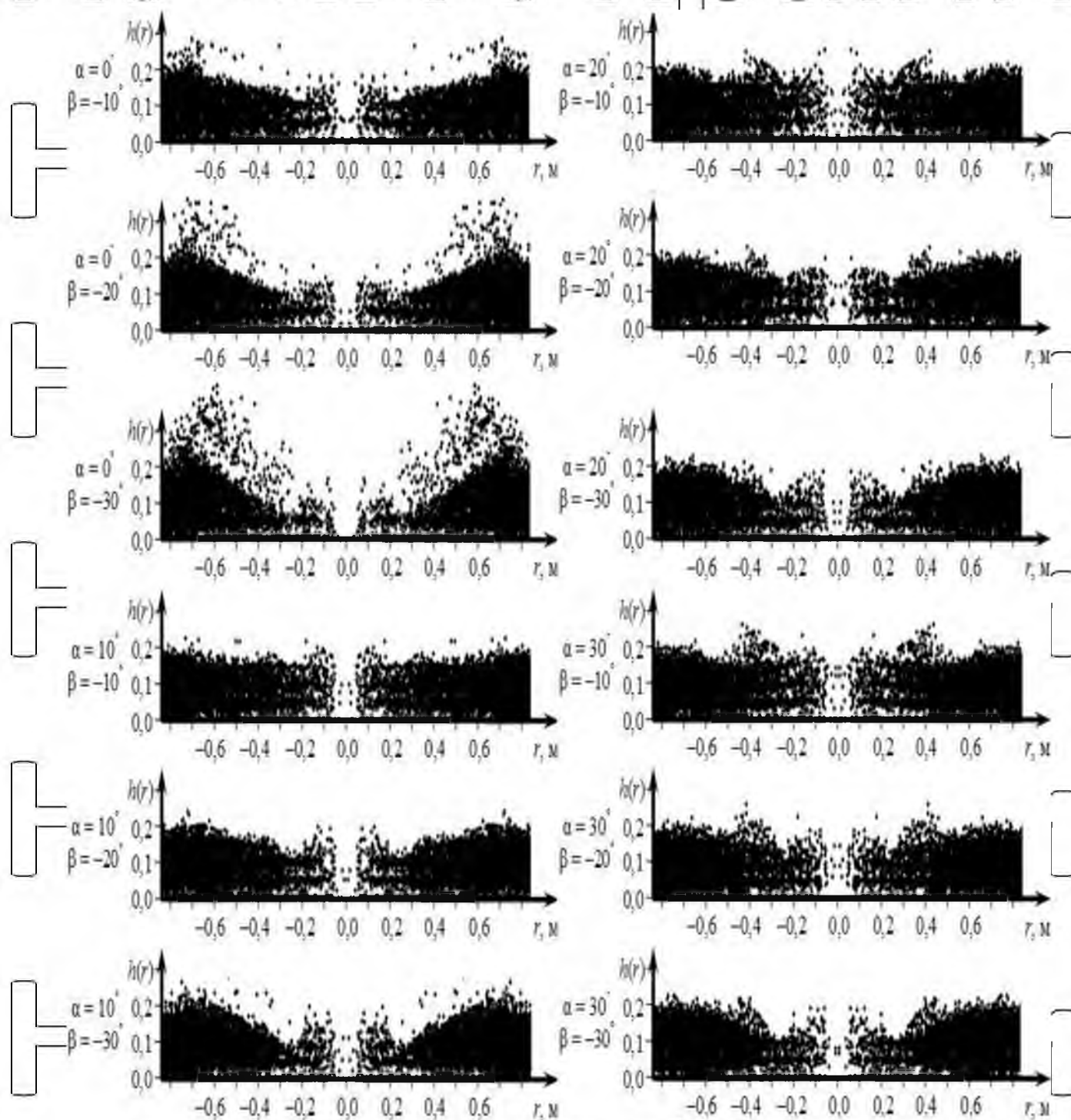


Рисунок 2.15 – Залежність перерізу зони обробки від кутів установки дисків

α та β під час роботи інструменту у режимі мікродавненої форми

НУБІП України

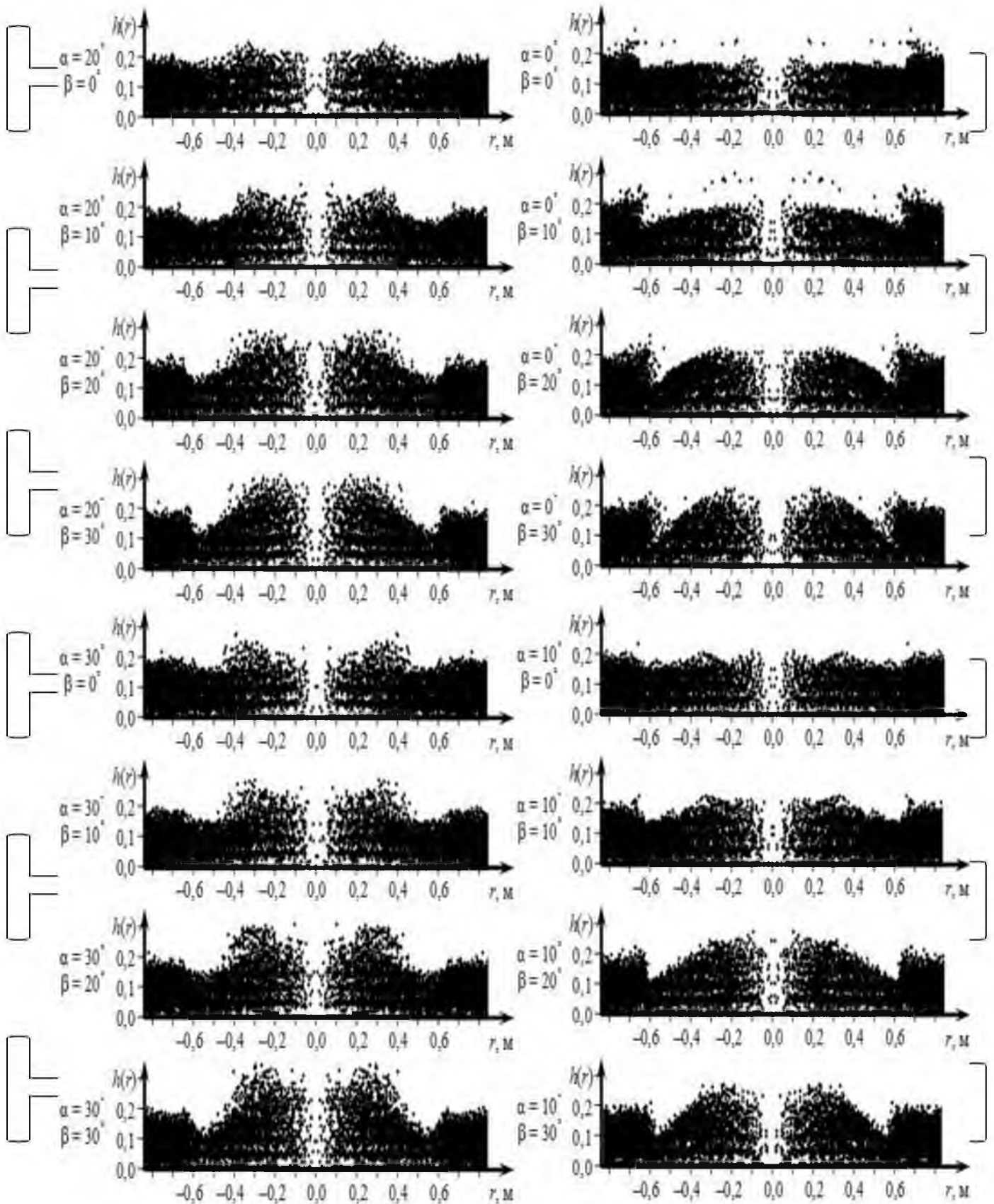


Рисунок 2.16 – Зміна периферійного профілю зони обробки при регулюванні кутів установки α та β дисків під час роботи інструменту в режимі формування мікроріздів

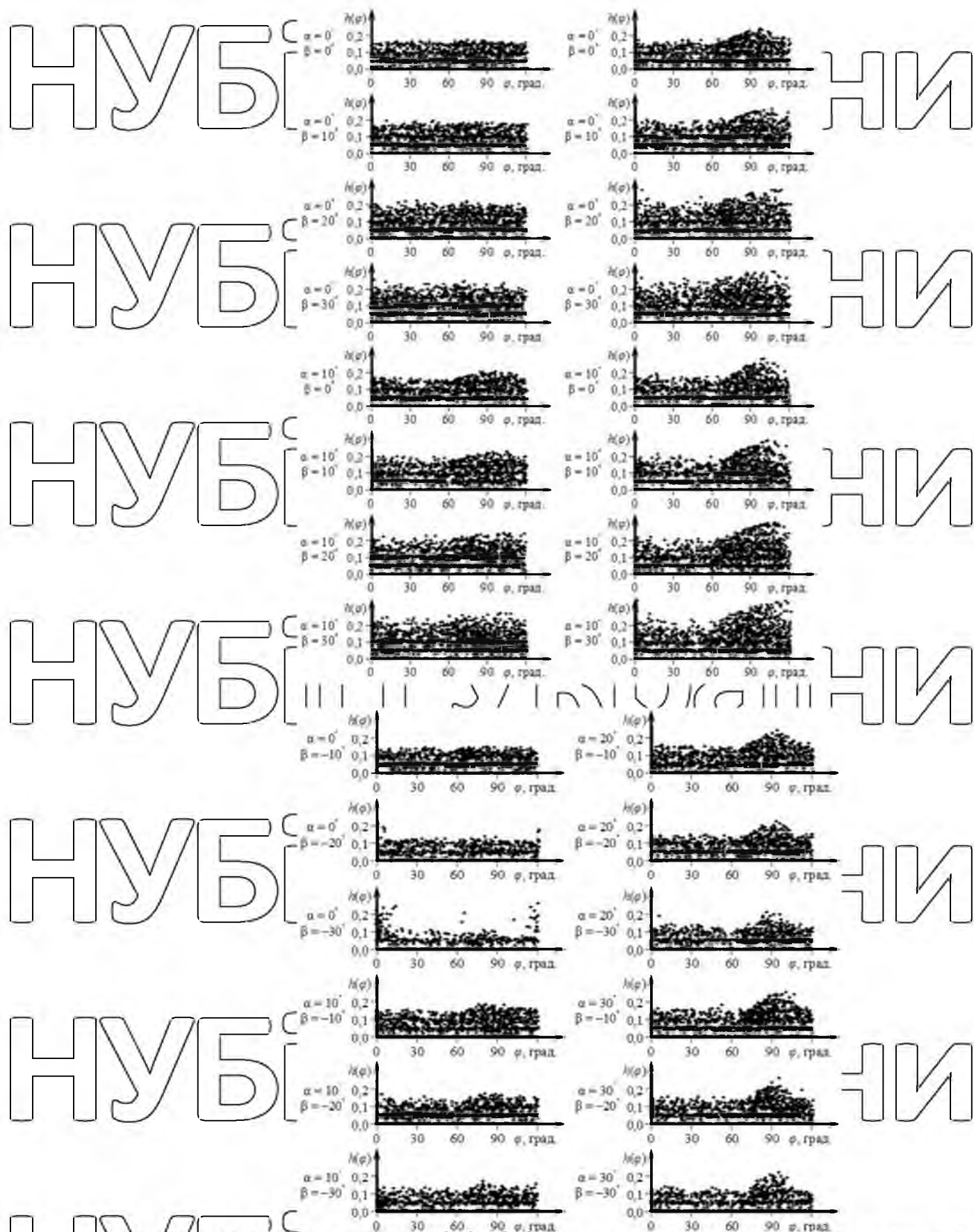


Рисунок 2.17 – Залежність периферійного профілю зони обробки від кутів встановлення дисків α та β

2.3.1. Визначення оптимальних кутів встановлення дисків УПО

При двофакторній оптимізації з'являється можливість відобразити поверхню відгуку графічно (рис. 2.18). Для полегшення аналізу кожну з поверхонь відгуку можна подати у вигляді ізоліній рівня (рис. 2.19), а отриманий факторний простір (α, β) умовно розділити на сприятливу зону, в якій бажаний критерій оптимізації приймає необхідний оптимум значення та несприятливий район. Сприятлива область на малюнках заштрихована, а оптимальна відзначена чорним кольором. Аргументоване визначення граничних значень критеріїв оптимізації базується на наступних принципах: зона сприятливого простору має займати 10...30% факторного простору, виключати зони з різкими змінами функції та залежати від значень, які є нормативними для кожного критерію [6, 40]. Як межі між цими зонами при цьому вибираються ізолінії: для $hK(\alpha, \beta) - 10$ см для мікрозбільшення і 5 см для мікрозменшення, для $D_{rH}(\alpha, \beta) - 10$ см, для $N(\alpha, \beta) - 8$ кВт.

Отримані поверхні відгуку та карти оптимізації дозволяють визначити кути атаки та сходження α та β дисків, необхідні для досягнення оптимальних показників продуктивності універсального ґрунтообробного агрегату.

Шляхом накладення отриманих карток оптимізації ми отримали перетин сприятливих зон складної форми (оптимальну зону) (рис. 2.19, внизу). Для полегшення зорового сприйняття сприятливі ділянки затемнені, оптимально виділені чорним кольором. Аналіз оптимальних зон показує, що у конструкції УПО можна зафіксувати кут α , який матиме значення 20° . Переведення інструмента між режимами форми "мікро-вгору" і "мікро-вниз" досягається за рахунок зміни кута β . При цьому в режимі мікродоповненого тренування оптимальне значення становить $\beta = 25^\circ$, в режимі мікродоповненого тренування $\beta = -24^\circ$.

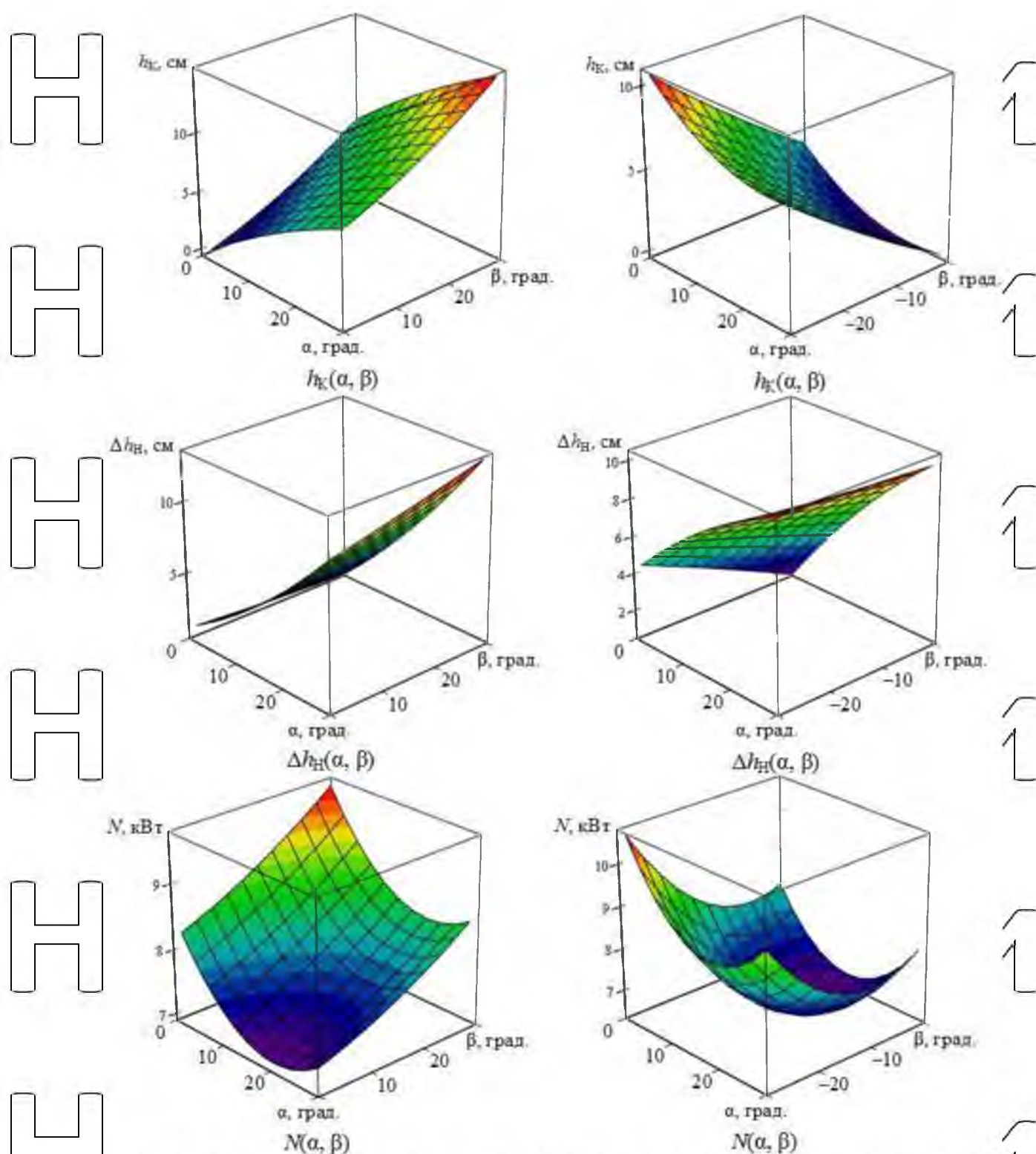
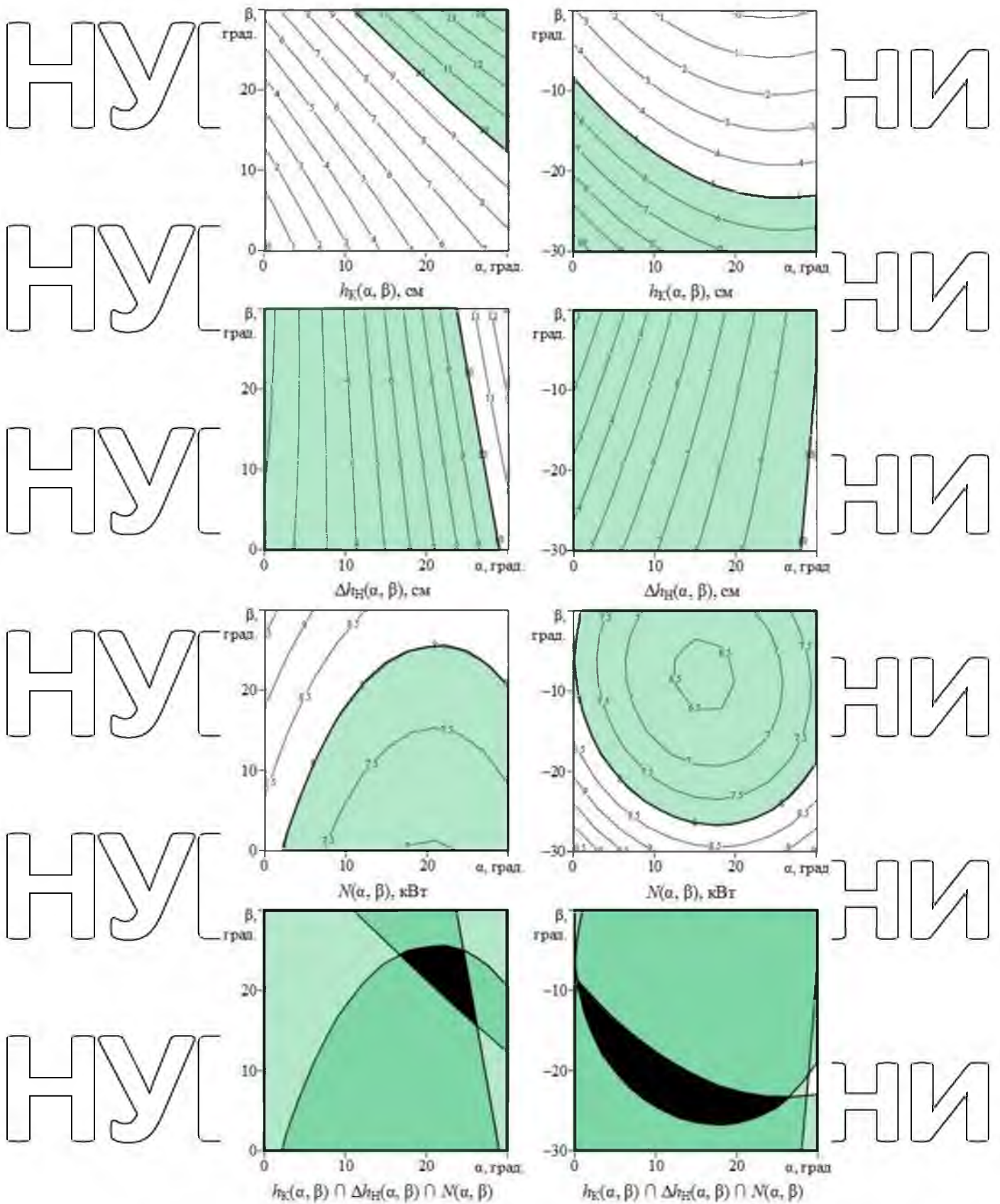


Рисунок 2.18 – Поверхні відгуку для оптимізації кутів атаки α та кутів сходження β сферичних дисків універсального інструменту

НУБІП України



Малюнок 2.19. Карти оптимізації кутів установки α та β сферичних дисків універсального інструменту.

НУБІП України

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що в результаті розв'язання оптимізаційної задачі були знайдені оптимальні кути установки дисків ПВО, причому при роботі інструмента в режимі формування $\alpha = 20^\circ$, $\beta = 25^\circ$ мікробільшуються, а в режим форми, $\alpha = 20^\circ$ – мікротиснення, $\beta = -24^\circ$. При таких значеннях кута забезпечуються необхідні параметри посадкового майданчика: висота конуса понад 10 см (або глибина понад 5 см, споживана інструментом потужність менше 8 кВт, неоднорідність висота мікробільшення (мікротиснення) в окружному напрямку не більше 10 см).

2.4 Залежності показників роботи НПО від конструктивних, технологічних параметрів та умов експлуатації

У цьому підрозділі проведено дослідження залежності показників роботи УНР від основних конструктивних та технологічно складних параметрів, а також умов його експлуатації. З метою швидкого отримання та аналізу отриманих залежностей раніше розроблена програма моделювання універсальної зброї плуга була доопрацьована та перетворена на програму аналізу ефективності універсальної зброї плуга.

2.4.1 Кут сходження дисків

На поперечний профіль мікротиснення (мікротиснення) найбільше впливає кут конвергенції β -дисків. Хоча раніше в процесі оптимізації проводилося двофакторне дослідження впливу кута нахилу диска і кута атаки диска на ефективність інструменту, проведення однофакторного дослідження залежності вихід на кут β . З цієї метою було проведено серію обчислювальних експериментів, у яких кут сходження β -дисків змінювався в інтервалі $-30^\circ \dots 30^\circ$ з кроком 10° .

Кут сходження дисків β є параметром, що визначає спосіб дії інструменту: утворення мікротиснення ($\beta > 0$) або мікротиснення ($\beta < 0$), добре помітно на поперечних профілях (рисунок 2.20). Уявлення про те, наскільки добре формується мікротиснення (мікротиснення), можна отримати, проаналізувавши його висоту.

Висота конуса, що утворився, у свою чергу, характеризує його вираженість (рис. 2.22, а). При значенні параметра β в інтервалі $20^\circ \dots 30^\circ$ висота конуса максимальна і перевищує 20 см при мікропідйомі і більше 12 см при мікрозніженні.

При аналізі кругової однорідності за профілями $h(r)$ (рис. 2.21) виявили, що з $|\beta| = 20^\circ \dots 30^\circ$, нерівномірність висоти конуса, що утворюється по колу, зменшується пропорційно до режимів роботи інструменту, де $|\beta| = 0^\circ \dots 10^\circ$. Аналіз впливу кута сходження дисків на споживану потужність показав, що потужність змінювалася незначно зі зміною кута (рис. 2.22, в).

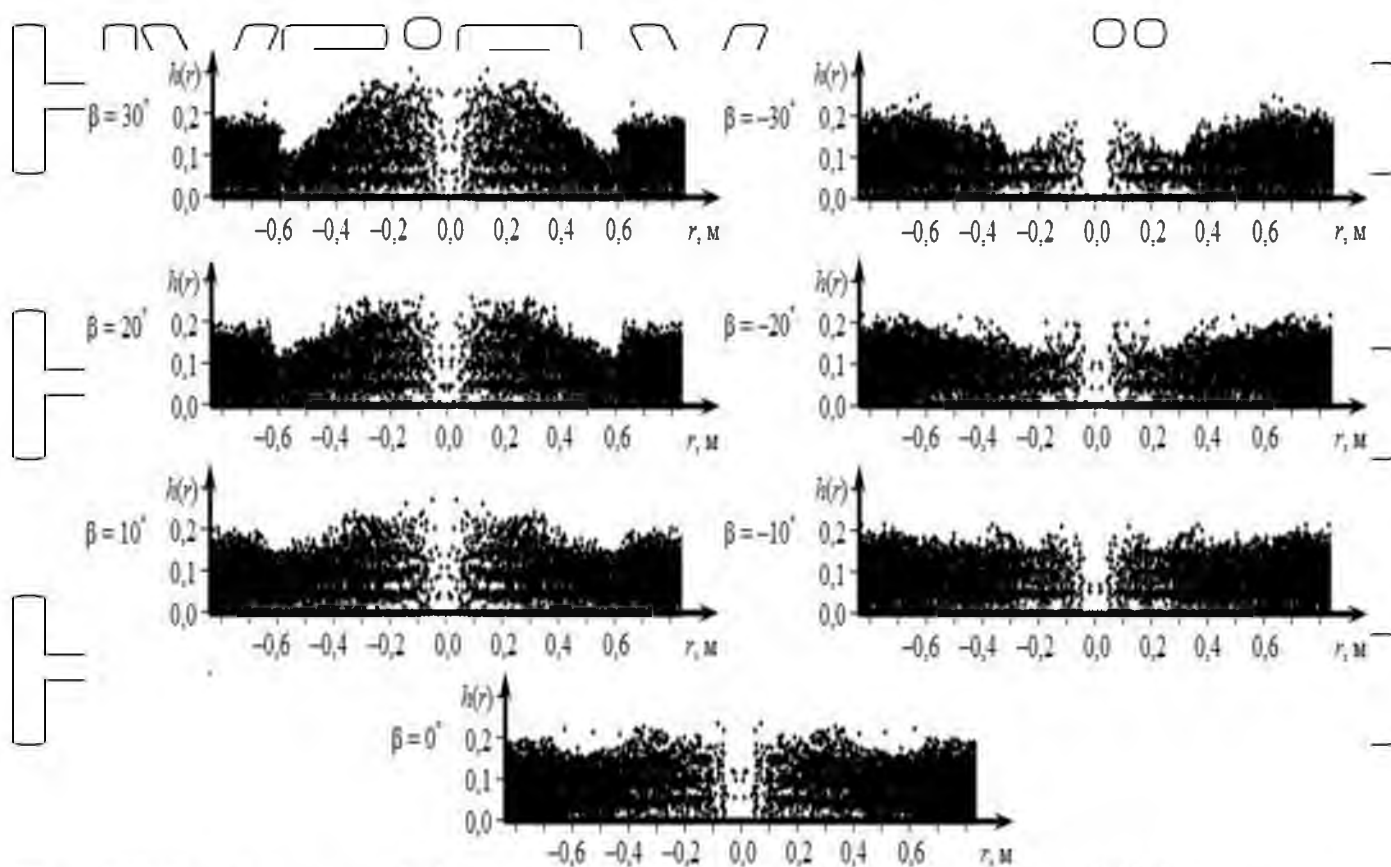


Рисунок 2.20. Зміна поперечного профілю зони зєребки під час регулювання кута сходження β -дисків.

НУБІП України

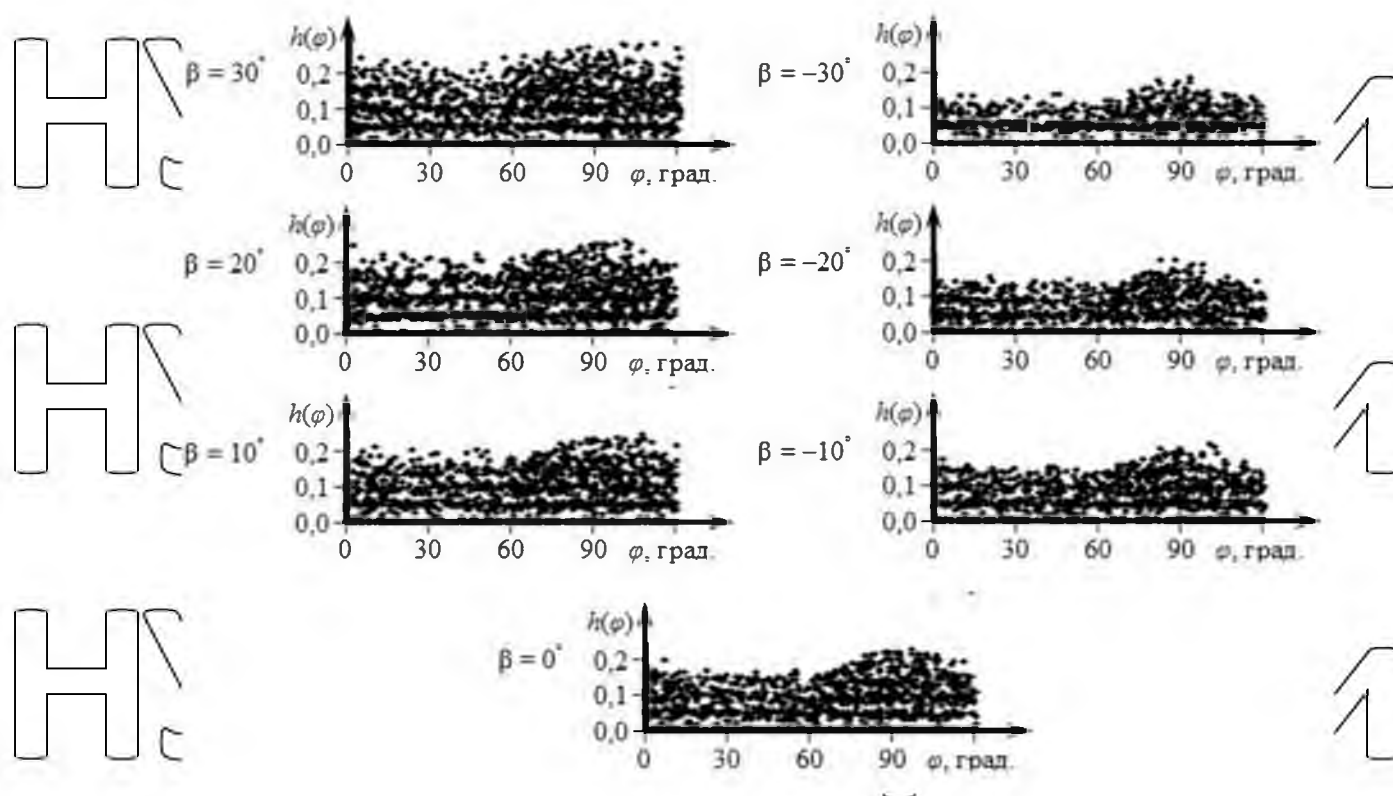
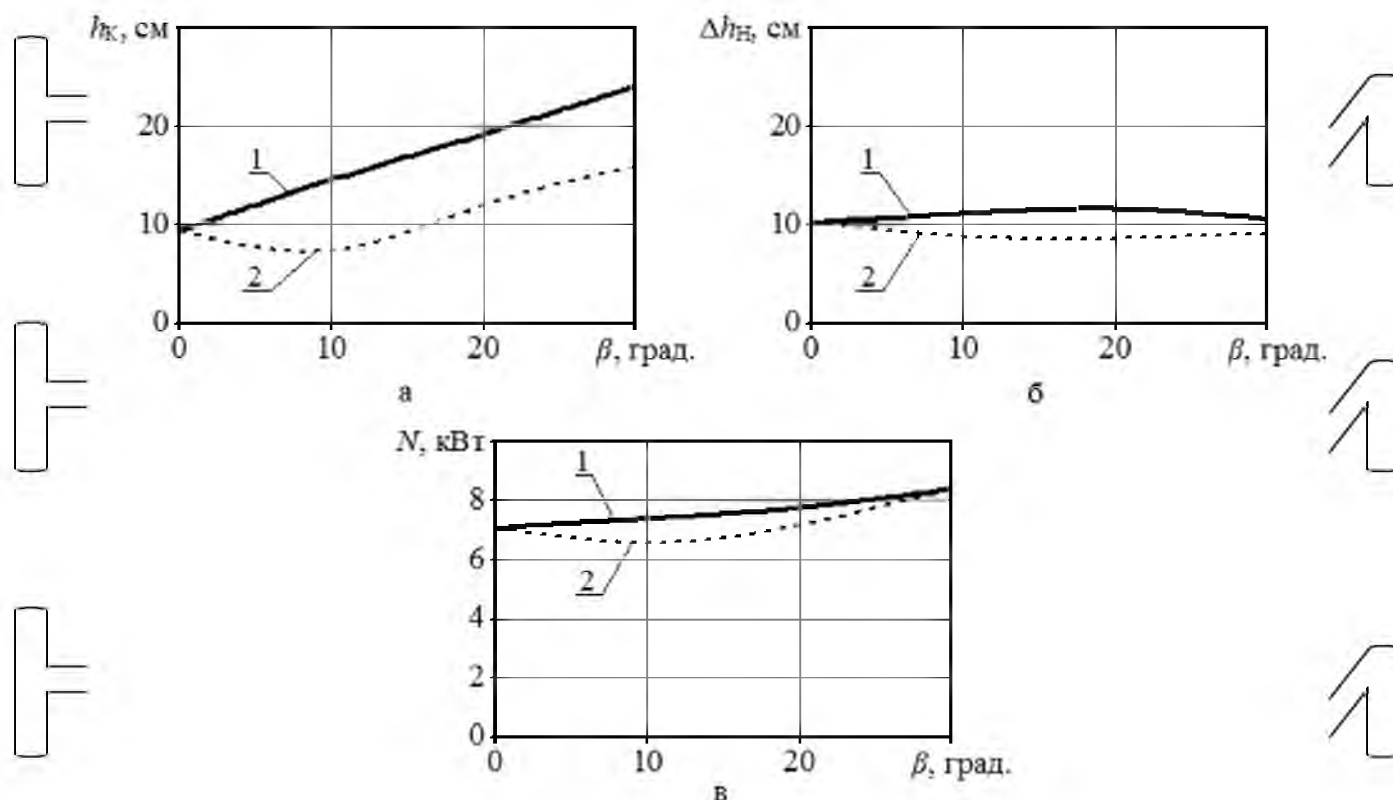


Рисунок 2.21 – Залежність периферичного профілю зони обробки від кута

сходження β -дисків

Підсумовуючи вищесказане, можна дійти певного висновку, що кут сходження дисків дорівнює $|\beta| = 20...30^\circ$ – оптимальний кут для обох режимів інструменту (мікропідняте або мікрознижене формування). Аналогічні результати були отримані при двофакторній оптимізації (25° для режиму форми "мікро-вгору" і -24° для режиму форми "мікро-вниз"). Змінюючи кут в діапазоні $20...30^\circ$, можна виконати більш точне регулювання форми мікропідвищення (мікрозменшення), а саме відрегулювати нахил і висоту регульованого конуса.



а – висота (глибина) конуса, що формується, б – неоднорідність висоти в

окружному напрямку, в – енерговитрати, 1 – режим мікрокрапельної форми, 2 – режим мікрокрапельної форми

Рисунок 2.22 – Залежність показників ефективності УПО від кута сходження дисків β .

2.4.2 Частота обертання ротора

Найбільше впливає динамічний режим руху ґрунту надає частота обертання ротора ν р. Таким чином, при низьких швидкостях обертання ротора шар ґрунту зрізається і зміщується дисками, а при високих швидкостях обертання ротора фрагменти ґрунту набувають радіального прискорення і викидається із зони обробки. Для вивчення впливу на показники ефективності УПО була проведена серія розрахункових експериментів, в рамках яких вимірювалися в інтервалі 0,25...1,50 с⁻¹ з кроком 0,25 с⁻¹ (Рис. 2.23 2.25).

Аналіз окружних профілів (рис. 2.24) виявив, що під час роботи УПО як мікрорівного формування окружна неоднорідність збільшується з збільшенням ν р, а при формуванні як мікрорівного формування – зменшується.

Зі збільшенням частоти обертання ротора потужність, що споживається інструментом, значно зростає за майже квадратичним законом (рис. 2.25, в). Так, при $\omega_r = 0,5 \text{ с}^{-1}$ потужність становить 10 кВт, а зі збільшенням частоти обертання ротора вдвічі енергоспоживання збільшується майже втричі, збільшуючись до 25...30 кВт. Такі значення потужності досить складно отримати при використанні ВВМ трактора або гідромотора з приводом від гідросистеми трактора.

Таким чином, оптимальне значення частоти обертання ротора магазину становить $0,5 \text{ с}^{-1}$. При цьому значенні формується якісна і добре виражена шишка.

Висота мікропідвищення щонайменше 15 див, мікропіднесення щонайменше 8 див, споживана потужність трохи більше 10 кВт, окружна нерівність трохи більше 10 див.

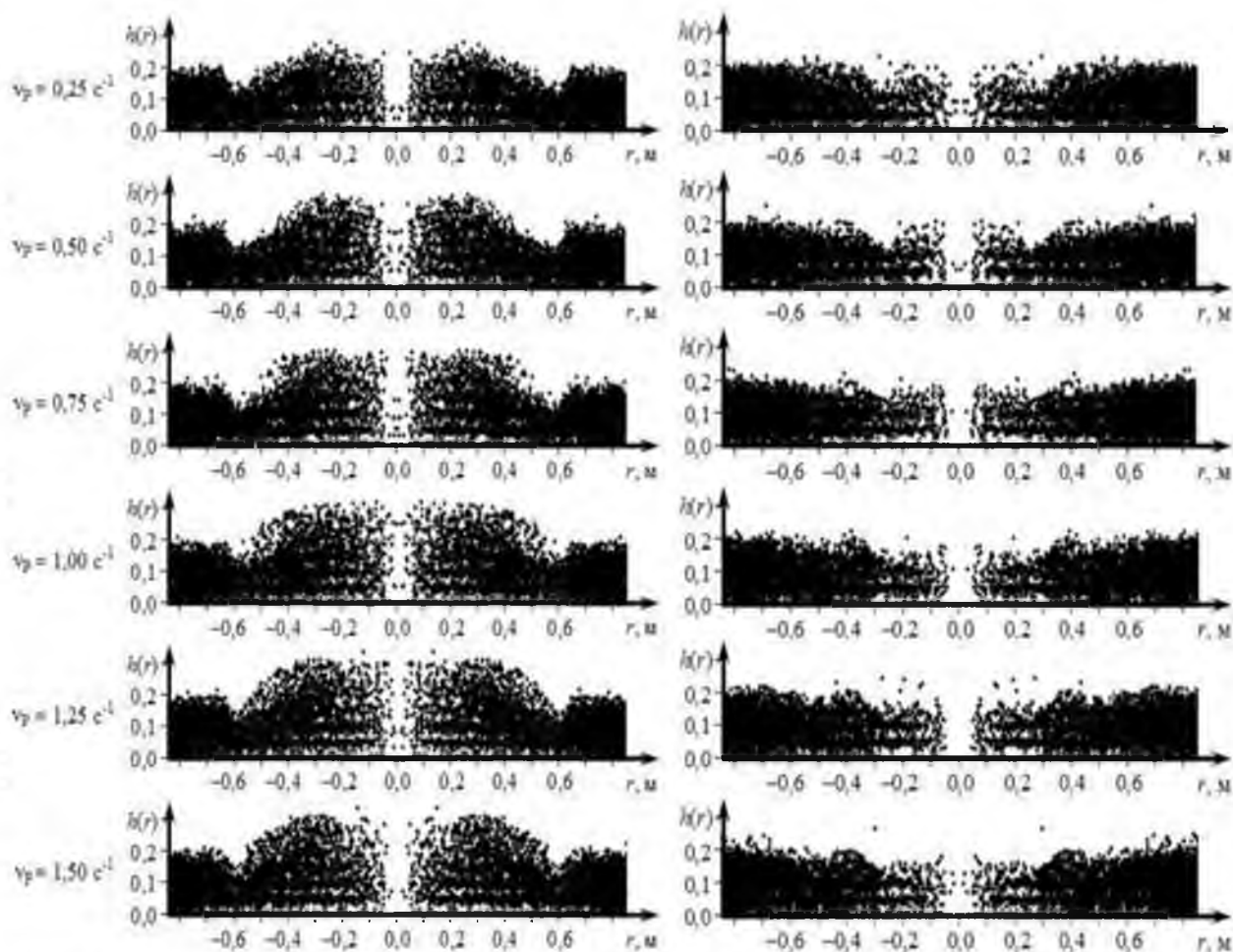


Рисунок 2.23. Зміна поперечного профілю зони обробки під час регулювання частоти обертання ротора ω_r .

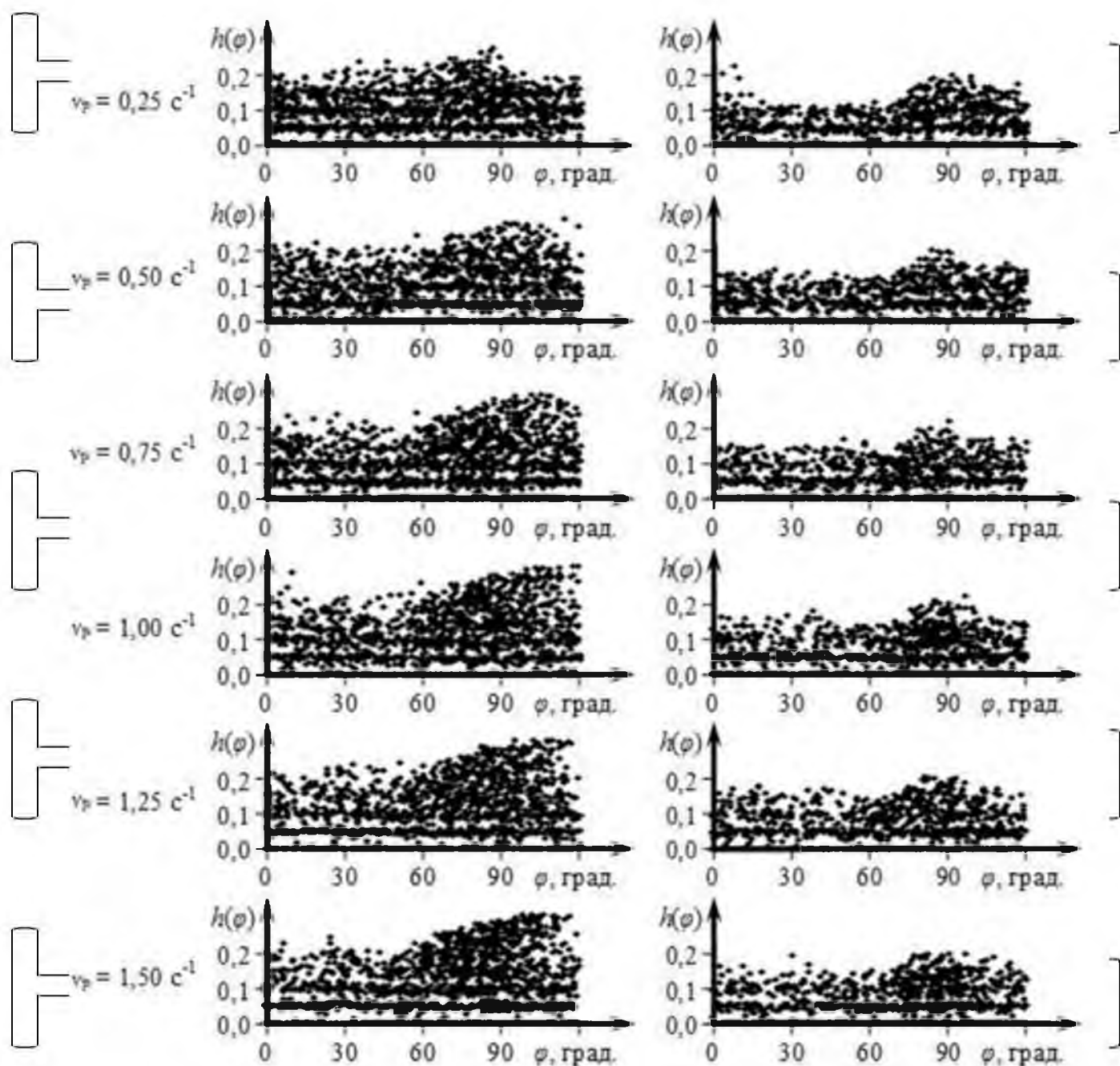
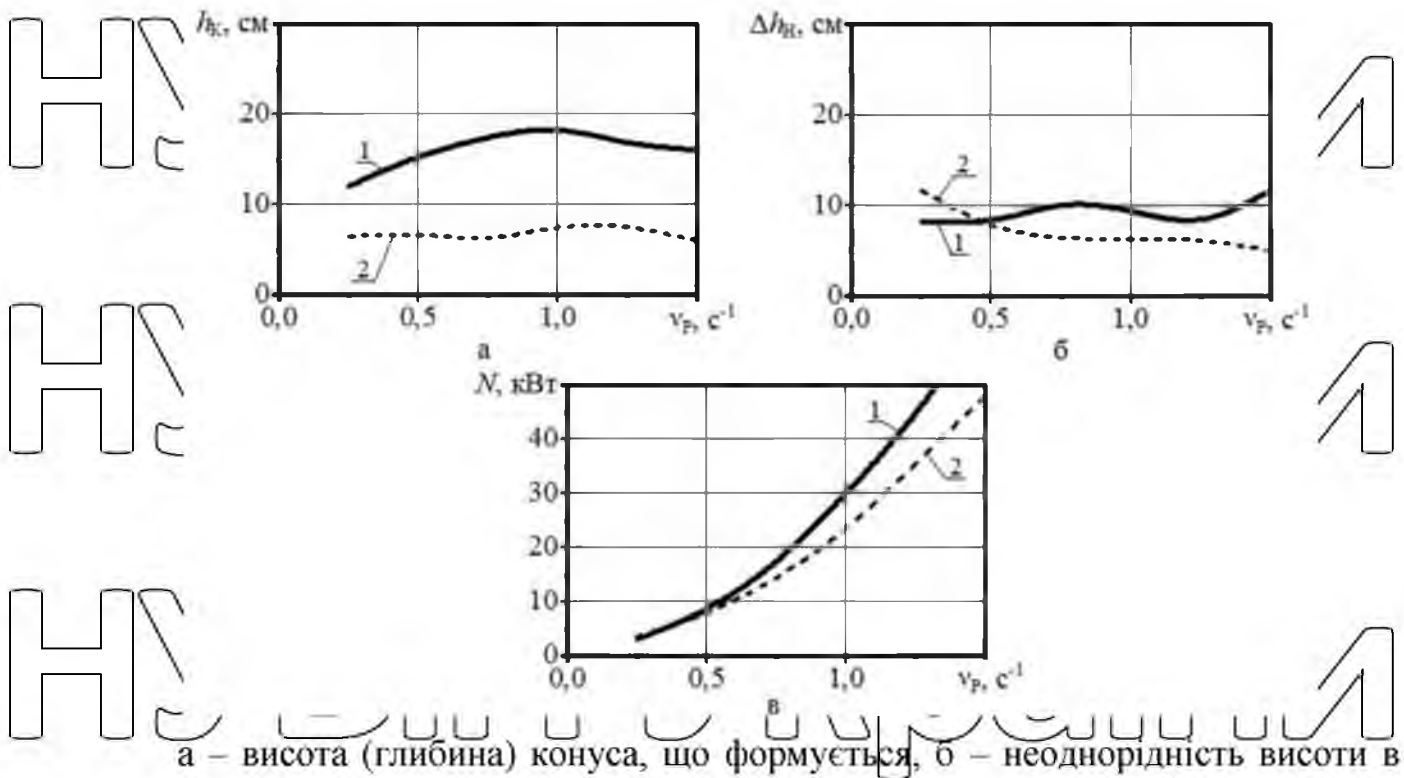


Рисунок 2.24 – Залежність частоти обертання ротора від перерізу зони

обробки.

НУБІП України

НУБІП України



а – висота (глибина) конуса, що формується, б – неоднорідність висоти в
 окружному напрямку, – енерговитрати, 1 – режим мікрокрапельної форми, 2 –
 режим мікрокрапельної форми

Рисунок 2.25 – Залежність показників ефективності УПО від частоти
 обертання ротора ω

2.4.3 Довжина лінії

Найбільший вплив на діаметр конуса, що утворюється, надає довжина
 ременя ID (відстань між валом ротора і геометричним центром сферичного диска)

Для вивчення впливу довжини ременя ID на якість формування випорожнення та
 енергоспоживання УПО була проведена серія комп'ютерних експериментів, у ході
 яких довжина ременя ID змінювалася в інтервалі 0,4...0,7 м. з кроком 0,1 м (рисунки
 2.25.), 2.28)

Якщо проаналізувати графіки залежності показників ефективності
 універсального ґрунтообробного знаряддя від довжини ременя ID, можна сказати,
 що з збільшенням довжини ременя нерівності його кола поступово зменшуються у
 інтервалі 7...10 див (рис. 2.28, б), а енергоспоживання зростає по закону,

близькому до лінійного (рис. 2.28, в). Це призводить до не виправданого збільшення енергоспоживання за високих значень l_D .

Тому для досягнення оптимальної якості тренування на мікропідісм (мікропадінні) довжина стропи l_D повинна становити приблизно 0,5 м. При цьому значенні мікропідйомні та мікрознижувальні конуси мають правильну форму, досить невелику окружну нерівномірність (близько 8 см) та прийнятну споживану потужність (близько 8 кВт).

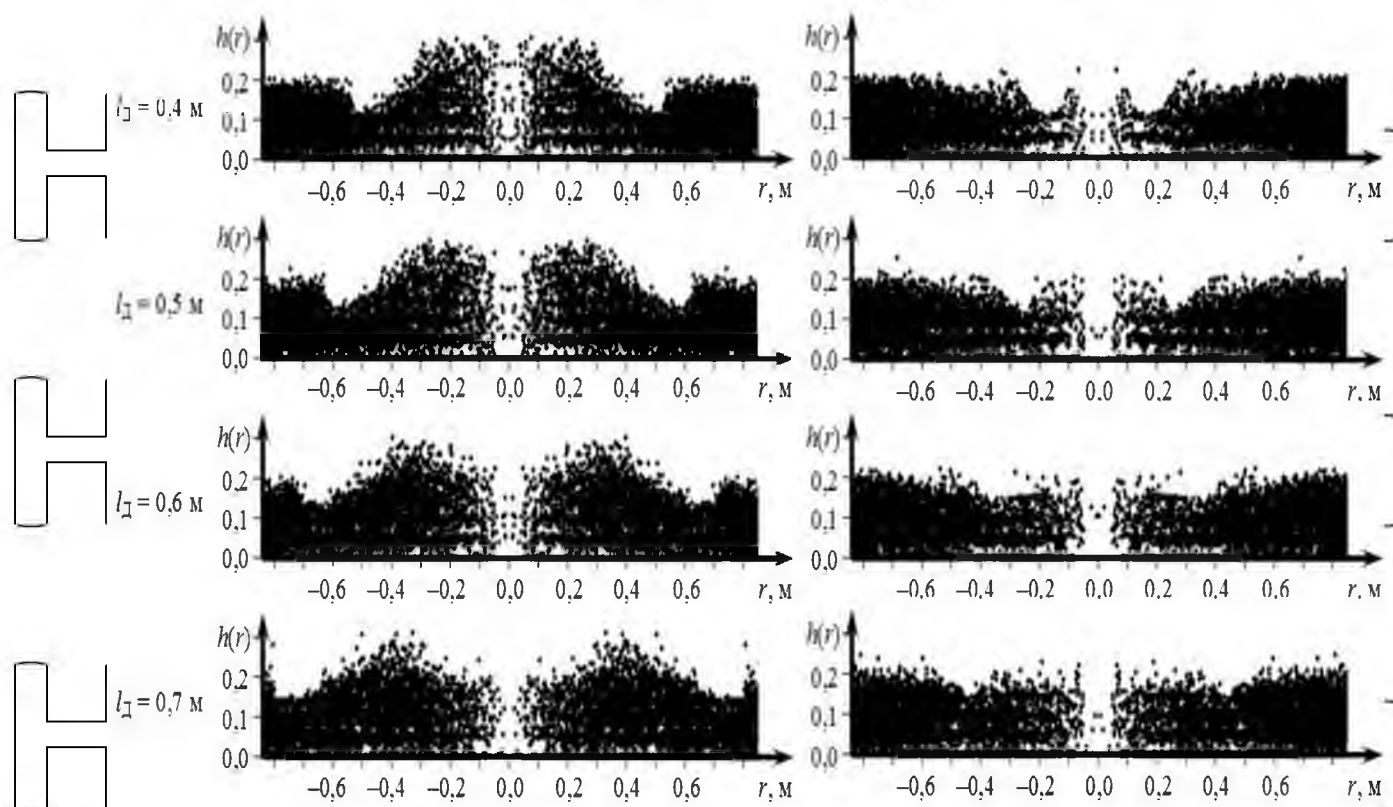


Рисунок 2.26 – Залежність довжини стрічки l_D від перерізу зони обробки

НУБІП України

НУБІП України

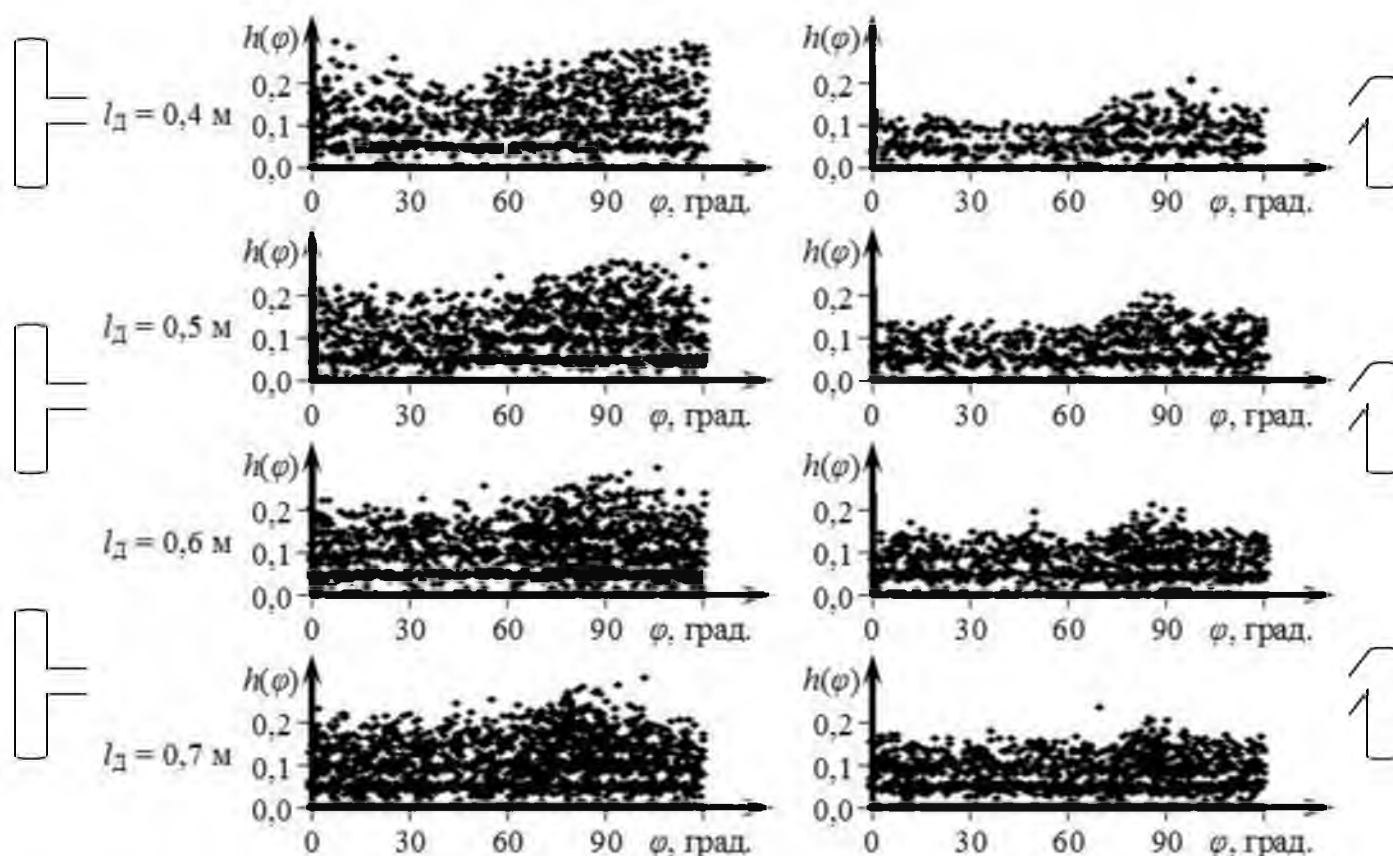


Рисунок 2.27 – Зміна контурного профілю зони обробки під час регулювання довжини лінії ЛД

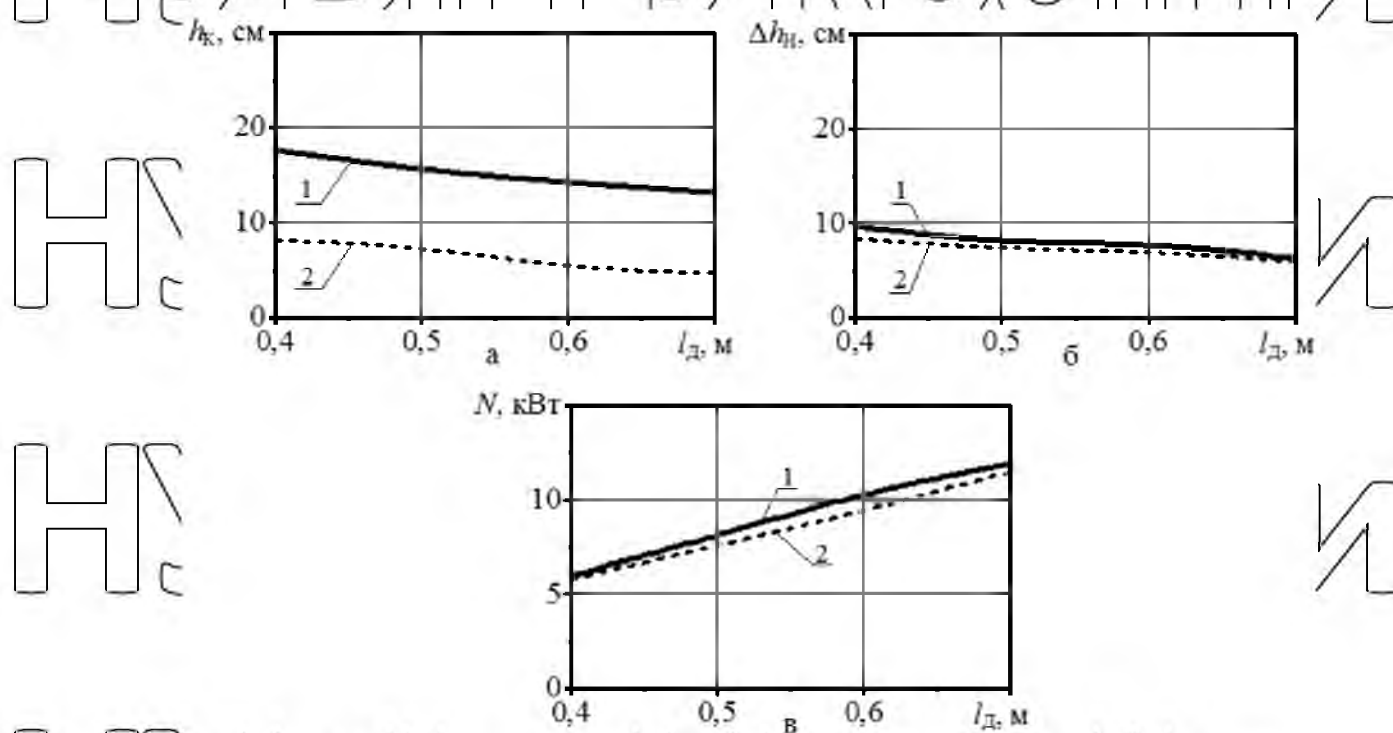


Рисунок 2.28 – Залежність показників ефективності ЕПУ від довжини лінії ЛД

2.4.4 Вплив параметрів ґрунту

Дуже важливо, що універсальна ґрунтообробна зброя забезпечує оптимальне формування посадки з необхідними параметрами в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Було проведено серію комп'ютерних експериментів щодо визначення впливу параметрів ґрунту на якість інструменту. Як регульований параметр використовувався коефіцієнт в'язкого донного тертя k_V , який міг принципово змінити льотно-технічні показники УПР. Цей коефіцієнт становив 5, 35, 42 Нс/м.

Хоча коефіцієнт в'язкого донного тертя k_V змінювався кілька разів, профіль мікропідйому та мікроопуска в поперечному перерізі залишився практично незмінним (рис. 2.29). При аналізі графіків залежності показників ефективності УПР від коефіцієнта в'язкого тертя нижнього k_V встановлено, що висота конуса, що утворюється, змінилася незначно (практично горизонтальні лінії на рис. 2.31 а), а зміна в окружному профілі (рис. 2.30) і окружних нерівностях (рис. 2.31 б) мікропідйоми та мікрозниження зберігалися в межах 5...10 см. Залежність споживаної потужності від коефіцієнта в'язкого тертя ґрунту змінюється лінійно, але також не перевищує розумних значень 10 кВт (рис. 2.31, в).

Таким чином, розроблена конструкція універсального ґрунтообробного знаряддя дозволяє працювати в різних ґрунтово-кліматичних умовах практично незалежно від механічних властивостей ґрунту, зберігаючи при цьому оптимальні параметри посадкового майданчика, що формується.

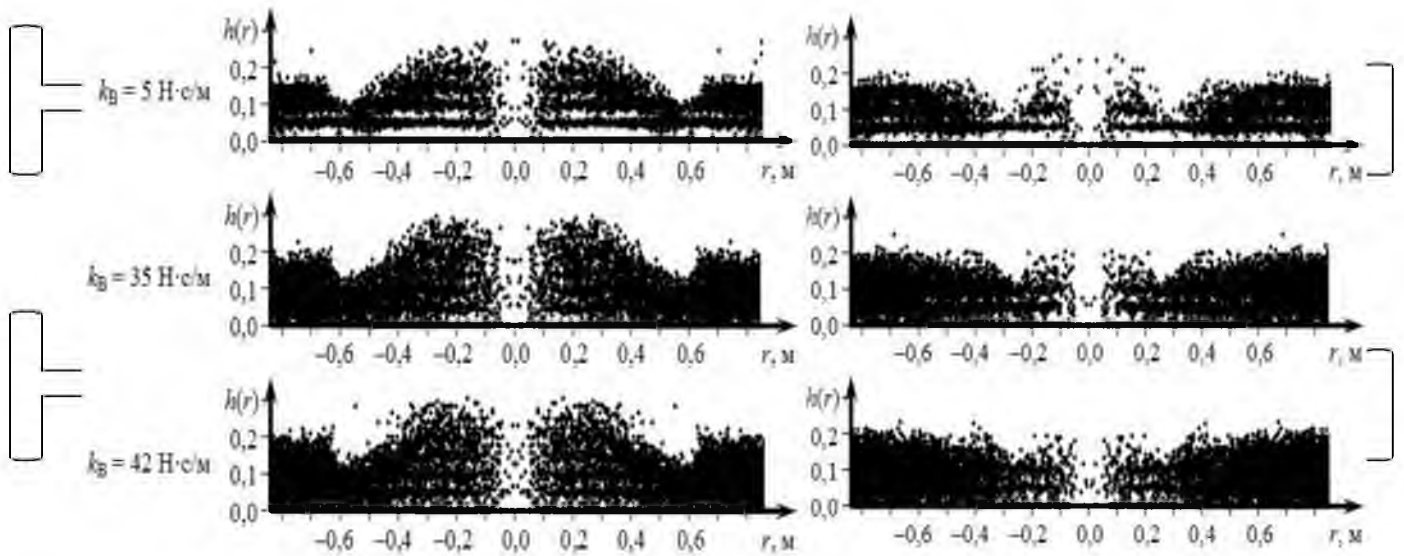


Рисунок 2.29 – Залежність коефіцієнта в'язкого тертя ґрунту k_B та переріз зони обробки

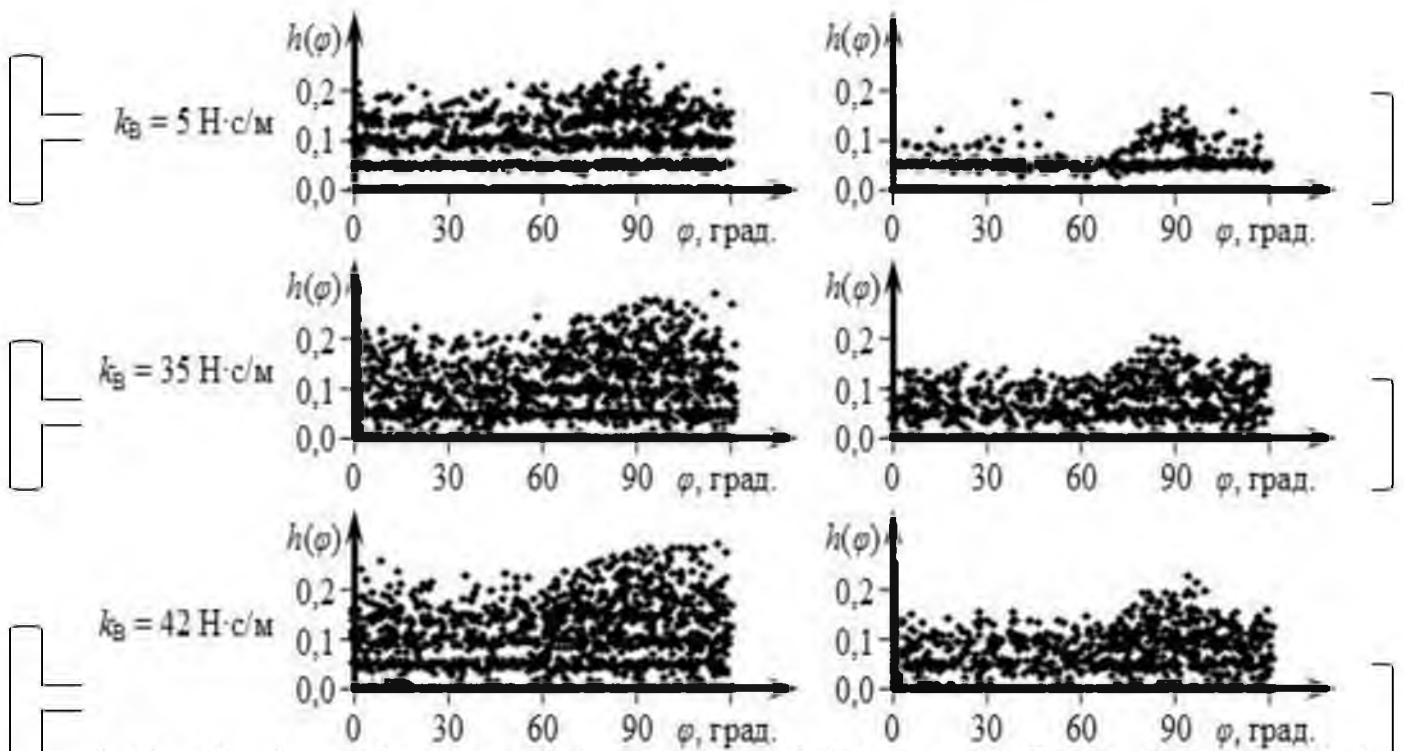


Рисунок 2.30 – Зміна окружного профілю зони обробки при регулюванні коефіцієнта в'язкого тертя ґрунту k_B .

НУБІП України

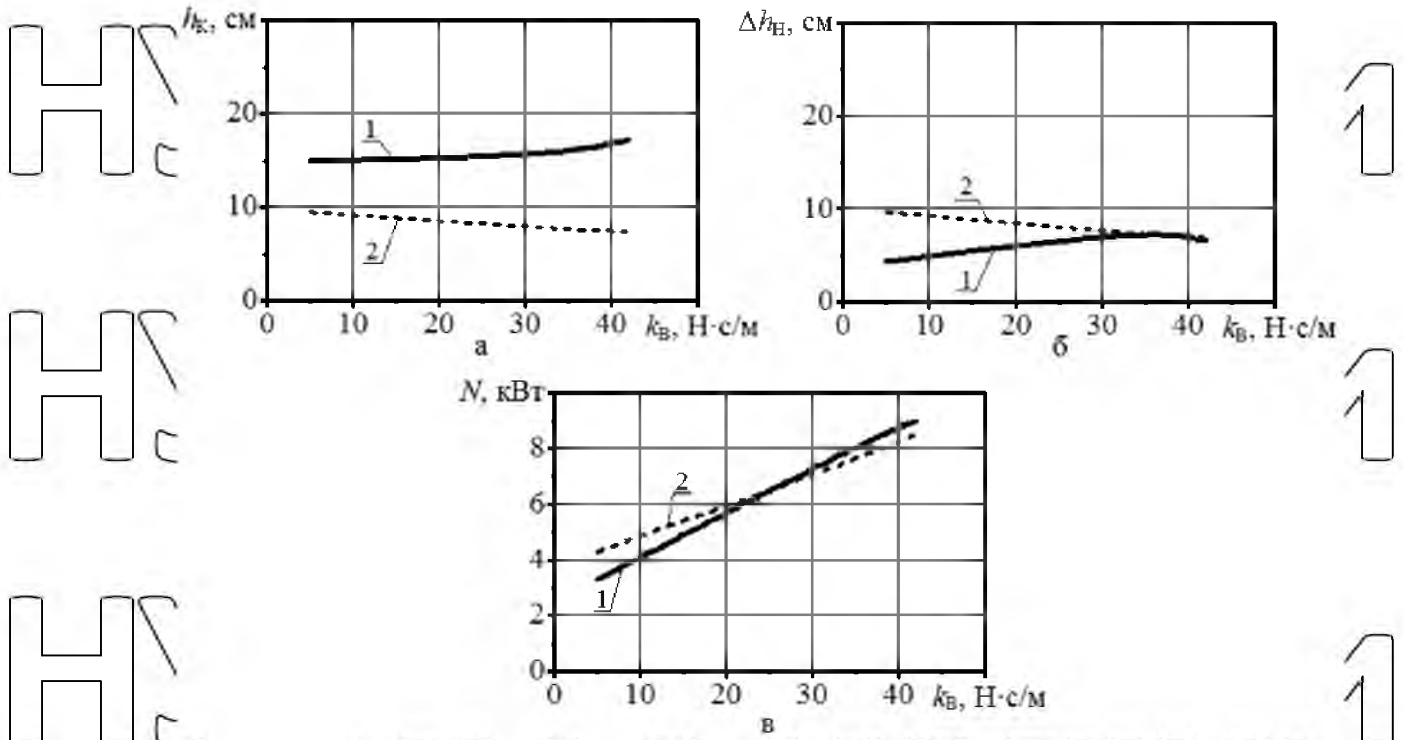


Рисунок 2.31 – Залежно від показників ефективності УПО

коефіцієнт тертя в'язкого ґрунту k_B

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Глава 3 МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Висновки та рекомендації, отримані на етапі теоретичних досліджень, дозволили спроектувати та виготовити прототип універсального ґрунтообробного знаряддя. На етапі експериментальних досліджень необхідно контролювати роботу УПР, оцінювати його ефективність та експериментально оптимізувати його параметри [56]. Понад те, результати експерименту підтверджують придатність розробленої моделі УПР. Це дозволяє розумно використовувати результати теоретичних досліджень і цим скоротити обсяг експериментальних досліджень [2].

У цьому розділі описуються методологія та питання планування польових досліджень.

Завдання експериментально-польових досліджень полягали в наступному:

- перевірити зручність використання запропонованої конструкції УПО,
- більш повно оцінити ефективність УПО,
- Вивчити вплив основних параметрів ПВО на його ефективність,
- Провести багатофакторну експериментальну оптимізацію параметрів ПВО,
- Забезпечити можливість застосування УПР при зміні умов експлуатації в

широких межах (різні типи та умови ґрунтів, різні технологічні параметри).

Основними вузлами є: опорний вал 1, в якому є можливі отвори для кріплення обойми 2, три дискові корпуси 4, які з'єднуються з обоймою за допомогою планок 3. Механізм регулювання кута сходження дисків здійснюється за допомогою роз'ємного з'єднання, виконаного на обоймі та стропах. Палець 7 використовується для відновлення цього з'єднання. Для регулювання відстані між центральною віссю інструменту та корпусами шківів у ременях виконано 12 регульовальних отворів. У нижній частині опорного валу приварений фланець 5, що дозволяє оснастити інструмент знімним гвинтовим свердлом 6. Як дискового робочого органу використані сферичні диски з пружинної сталі, на яких встановлені лопати 8. Гармата приводиться в рух черв'ячним редуктором 9, розташованим на рамі 10. Основні вузли УПР показані малюнку 3.2.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментального зразка УПР.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



а – корпус диска, б – ремені, в – обойма, р – коробка передач, г – опорний вал,

д – палець, е – підрамник

Рисунок 3.2 – Універсальні вузли інструменту

НУБІП України

Порядок проведення кожного експерименту був такий:

1. Вибрано рівну ділянку землі розміром 6 на 3 метри. Трактор розвернувся у бік об'єкта та розмістив УПО над рівною, незасвоєною поверхнею землі.

2. УПР приводився в контакт із землею (в районі бура) за допомогою важелів управління шарнірно-зчленованого механізму. Ротор УПО обертався.

3. Введіть шарнірний механізм у плаваюче положення. При цьому УПО занурювалося в землю під дією сили тяжіння і обертання гвинта, що несе, утворюючи мікропіднесення (мікропіднесення).

5. Почекавши 2-5 секунд, УПО підняли над поверхнею за допомогою важелів управління шарнірно-зчленованого механізму і трактор відійшов на кілька метрів від мікропіднесення, що утворився (мікропониження).

5. По мікропадінні (мікротпадіні), що утворилася, визначалися геометричні параметри (рисунки 3.4): поперечний і окружний профіль, висота (глибина) конуса.

6. У ході експерименту фото- та відеофіксація УПО проводилася з трьох різних точок: збоку (вогнева точка знаходилася на висоті 20 см від поверхні землі на відстані 2,0 м від осі УПО), практично зверху (вогнева точка знаходилася на висоті 1,0 м над поверхнею землі, на відстані 30 см від осі ПВО), а також під будь-яким просторовим кутим, що забезпечує найкраще візуальне уявлення спостереження за процесом на відстані приблизно 3,0 м від мікропіднесення, що утворився (мікротпадіні). Для фото- та відеозапису використовувалася камера Nikon COOLPIX L830.

Статистичну обробку даних проводили на предмет статистичної достовірності показників ефективності УПО χ^2 , ДН, N, отриманих в експериментах (додаток А). Обробку статистичного матеріалу проводили за допомогою програм Microcal Origin 7.0 та Statistica 6.0. Гістограми розподілу вимірюваних показників попередньо будувалися з метою оцінки нормальності емпіричного розподілу.

Основний експеримент проводився з повторенням 10 разів: за допомогою УПО формувалися десять окремих мікропіднесеннь, потім вимірювалися та

усереднювалися їх параметри. Подальші експерименти проводилися із 5-кратним повторенням. Для кожного експерименту визначали середнє арифметичне вихідних показників між повторними експериментами, а також для оцінки статистичної якості результатів розкид S^2 , середнє-неквадратичне відхилення S , стандартна помилка σ ставала визначали коефіцієнт варіації v і показник точності p [37]. Аналіз отриманих статистичних даних показав, що коефіцієнт варіації не перевищує 30% і гістограми розподілу окремих показників розподіляються за нормальним законом, що підтверджує достовірність проведених досліджень.



I

НУБІП України

НУБІП України



б

та навчання мікробільшення, б - навчання мікроопускання

Рис. 3.3 – Робочий процес експериментального зразка УПР.





а – мікрозбільшення, б – мікрозменшення

Малюнок 3.4 – Зона стикування утворена універсальним зряддм
грунтообробної зброї

Достатність повторних експериментів перевіряли за допомогою критерію Фішера [2, 27]. Розрахунки показали, що п'яти повторень експерименту достатньо отримання результату зі стандартною помилкою менше 5%, що дозволяє провести змістовне порівняння результатів різних експериментів.

3.5.1 Поперечні та окружні профілі для мікропідняття (мікропониження).
Для вимірювання геометричних особливостей мікропідйомів (мікропідйомів) було створено спеціальний пристрій (рисунок 3.6 а). Ніжки пристрою мають висоту 50 см, достатню для того, щоб вони виступали над насипом ґрунту, який УПО збирає усередині або зовні процедурного кабінету. Для вимірювання перерізу $h(r)$ на поперечних балках приладу проводять лінії з відривом 1 див між ними. Вимірювання висоти h у певній точці. Для вимірювання кругового профілю $h(v)$ на перекладинах приладу встановлюють знімний транспорт (рисунок 3.6 б), на якому креслять лінії з інтервалом 5° . Профіль периметра також вимірюється лінійкою, що розташована вертикально з інтервалом 10° .



а – загальний вигляд, б – знімний транспортир, в – вимір параметрів мікропідвищення, р – вимір параметрів мікропідвищення Рисунок 3.6 – Пристрій для вимірювання поперечного та кругового профілів мікропідвищення (мікропониження)

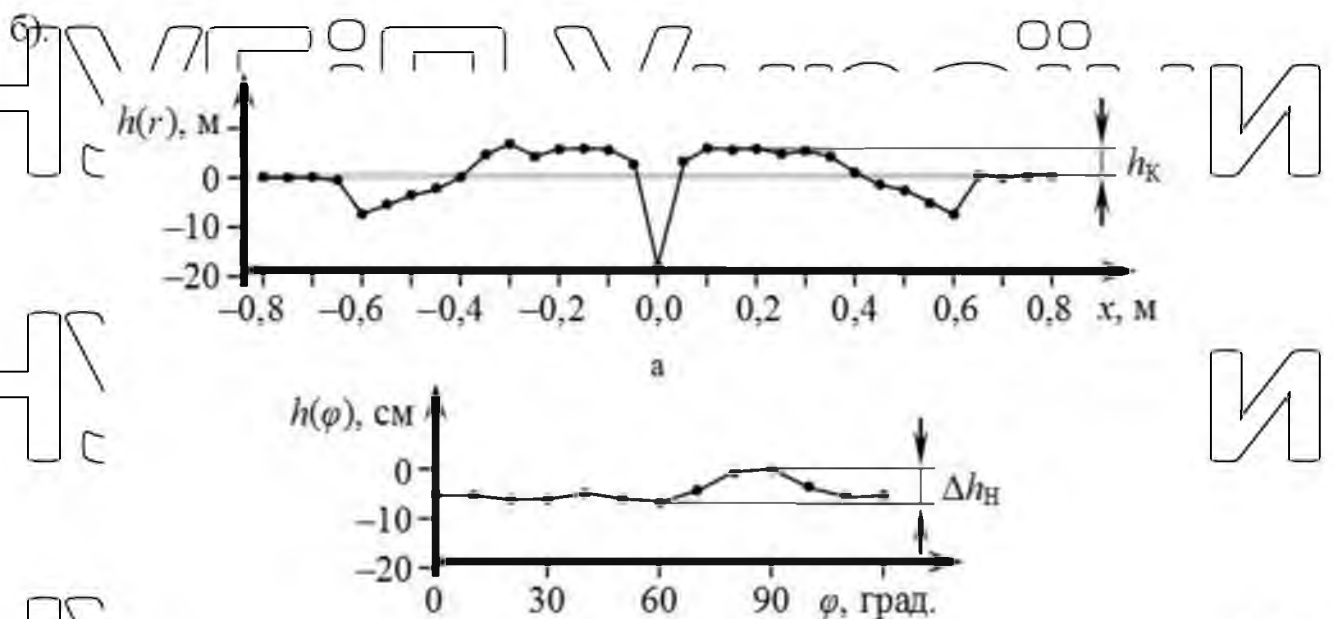
3.5.2 Висота конуса мікропідйому та глибина конуса мікроопускання

Висота чи глибина сформованого конуса характеризує якість УПР, визначається вимірним поперечним профілем $h(r)$. Висоту конуса

мікропідвищення визначають як відстань між середнім рівнем землі поза конусом та максимальним значенням функції $h(r)$ (рис. 3.7, а). Глибина конуса мікроредукції визначається аналогічно, як відстань між середнім рівнем землі та мінімальним значенням функції $h(r)$.

3.5.3 Неоднорідність поверхні з мікрозбільшенням (мікросменшенням) у круговому напрямку

Кругова неоднорідність ДОН конуса визначається круговим профілем $h(\varphi)$, як різницею між максимальним та мінімальним значеннями функції $h(\varphi)$ (рис. 3.7,



а – поперечний профіль, б – окружний профіль

Рисунок 3.7 – Профілі мікрорівностей, визначені за допомогою виготовленого приладу, та методика визначення параметрів x_K та D_{hN} .

3.5.4 Потужність

Оцінка енергоспоживання УГЮ проводилася опосередковано за допомогою запобіжної муфти, встановленої на валу трансмісії (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Запобіжна муфта для регулювання максимального моменту, що крутить, на входному валу черв'ячної передачі

Муфта дозволяла визначати момент опору, характерний обертання ротора M_R . У ході кожного експерименту за заданих умов роботи (включаючи кут установки дисків, частоту обертання роторів) вибиралося таке положення гвинта, при якому муфта знаходилася на межі між режимами: постійна участь та постійний догляд. Для цього регульовальний гвинт спочатку переміщали в положення з занеом забезпечує стійкий режим зчеплення. Потім регульовальний гвинт послаблювали, наближаючи межу між режимами включення та вимкнення методом послідовних підходів (близько 5 разів). При цьому щоразу при обертанні інструменту доводилося чекати виходу на стійкий робочий режим. Після установки муфти в крайнє положення інструменти заглиблювалися, передня частина провідного валу фіксувалася і методом послідовного збільшення моменту на роторі, з динамометричним контролем, до валу прикладалася така сила F_R , від однієї з робочих органів диска, у якому почав обертатися ротор (спрацювало зчеплення). У цьому змінюється момент M_R на роторі (момент опору обертанню ротора під час роботи УТЮ).

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до розробленого вище плану експерименту, перш за все, базовий експеримент проводився при таких значеннях конструктивних і технологічних параметрів УПР, при яких априорі очікувався найбільший ККД. При цьому за параметрами основного експерименту проводилися поперемінні варіації різних параметрів з одночасним вивченням впливу кожного параметра на показники ефективності УПР. Основні параметри були наступними: $\beta = 22,5^\circ$ (мікробільшене тренування) або $-22,5^\circ$ (мікрзнижене тренування), $\nu_P = 0,5 \text{ с}^{-1}$, $N_{пр} = 6$, $l_D = 0,5 \text{ м}$.

4.1. Результати основного експерименту

Поперечний та окружний профілі мікропідвищення показані вище (рис. 3.6). Параметри конуса, визначені за профілями, склали $h_K = 18,4 \text{ см}$ у режимі мікрвисокого формування.

4.2 Залежність показників ефективності ЕПУ від різних параметрів

На першому етапі експериментальних досліджень було отримано почергово залежності робочих показників ППО від чотирьох різних параметрів: частоти обертання ротора ν_P , кута сходження дисків β , числа проходів ротора ν_P робочого органу дома під час робочого циклу $N_{пр}$, довжина ремня l_D .

4.2.1 Частота обертання ротора

Згідно з планом випробувань частота обертання ротора ν_P збільшується від 0,2 до 0,7 с^{-1} з кроком 0,1 с^{-1} . Зі збільшенням ν_P у режимі форми помітно збільшується висота формованого конуса і незначно збільшується мікроліфт у режимі мікроопускання форми (рис. 4.1, а), окружна нерівність практично не змінюється в обох режимах (Малюнок 4.1, б) 4.1, в).

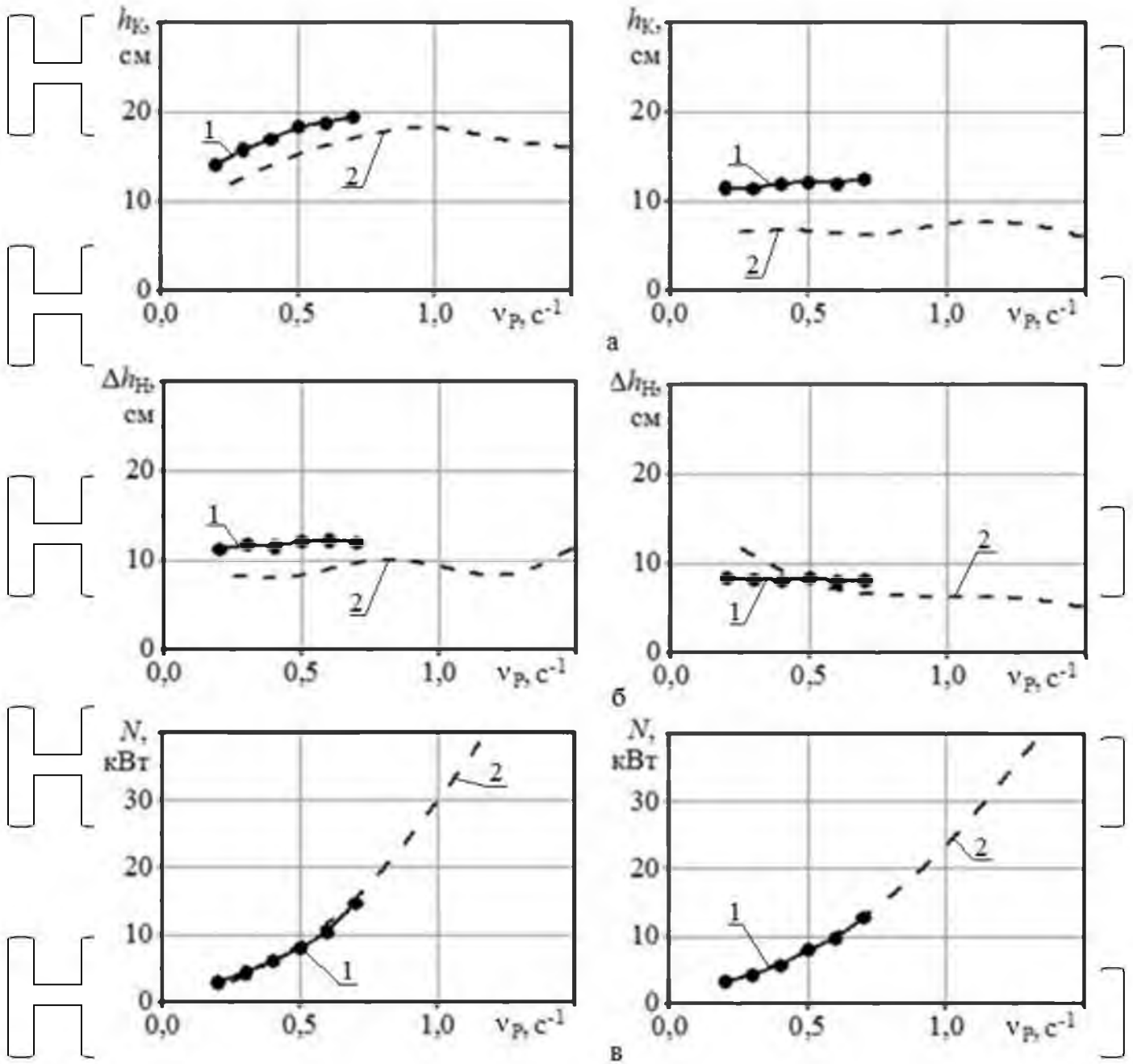


Рисунок 4.1 – Залежність показників ефективності ППО від частоти обертання ротора v_P

Результати цієї серії експериментів (суцільна крива на рис. 4.1) трохи перевищують (на 2...5 см) відповідні результати моделювання (штрихова лінія) для показників h_K і Δh_{Hb} , і практично збігаються (різниця n не перевищує 5% споживаної потужності).

У той самий час, попри кількісні відмінності, тенденції (особливо характер зростання функції) добре узгоджуються з експериментальними і модельними графіками.

Результати експерименту дозволяють зробити висновок, що оптимальна частота обертання ротора в режимі мікроредукції становить близько 0,5 с⁻¹, оскільки при високих частотах висота обертання конуса h_K практично не збільшується, а потужність споживання сильно зростає. У режимі мікроредукції доцільно використовувати частоту обертання від 0,2 до 0,4-1, оскільки глибина мікроредукції практично залежить від v_P , а споживана потужність невелика. Частота обертання знижується до 4...6 квг.

4.2.2 Кут сходження дисків

Кут сходження дисків β істотно впливає на форму мікропідвищення (мікроредукції), тому апіорі можна було очікувати істотного впливу β на вихідні характеристики експерименту h_K , D_H , N . У режимі формування мікропідвищень висота h_K збільшується зі збільшенням β (рис. 4.2, а). При цьому зі збільшенням β окружна неоднорідність дещо зменшується (рис. 4.2, б) та незначно збільшується також енергоспоживання (рис. 4.2, в). Для режиму мікроредукції оптимальний кут становить близько $22,5^\circ$, оскільки при більшому збільшенні кута висота конуса збільшується незначно і істотно зростає енергоспоживання. У режимі тренування мікроредукції h_K і D_H практично не залежать від β (рис. 4.2, а, б), а споживана потужність слабо варіюється (рис. 4.2, в). На підставі експериментальних даних для режиму мікроредукції формування кут $\beta = -22^\circ$ можна рекомендувати як оптимальний, тому що при цьому вугіллі спуску глибина конуса досить велика (близько 12 см), окружна неоднорідність досить велика, невисокий (близько 8 см) та споживана потужність досить низька (близько 8 кВт).

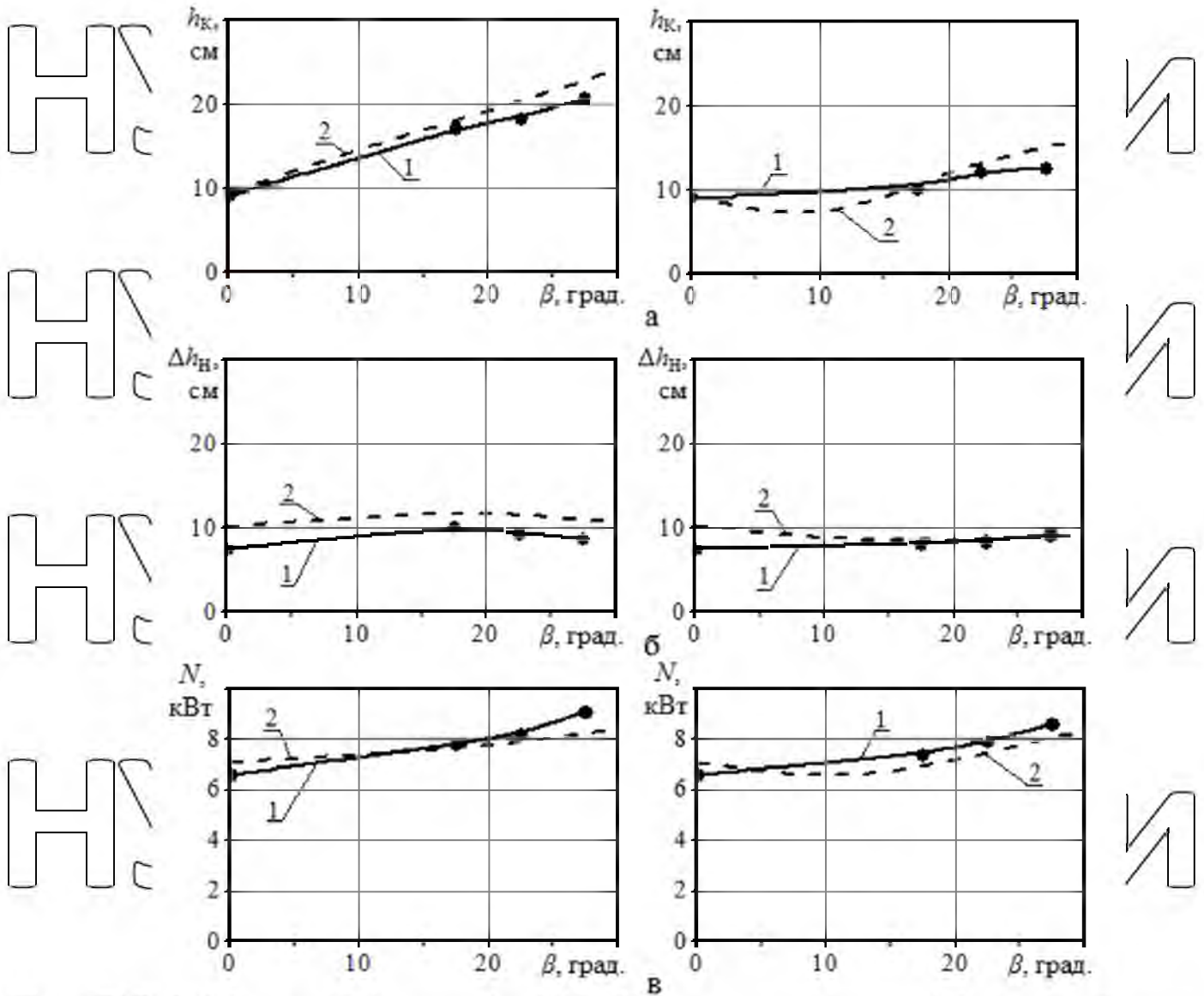
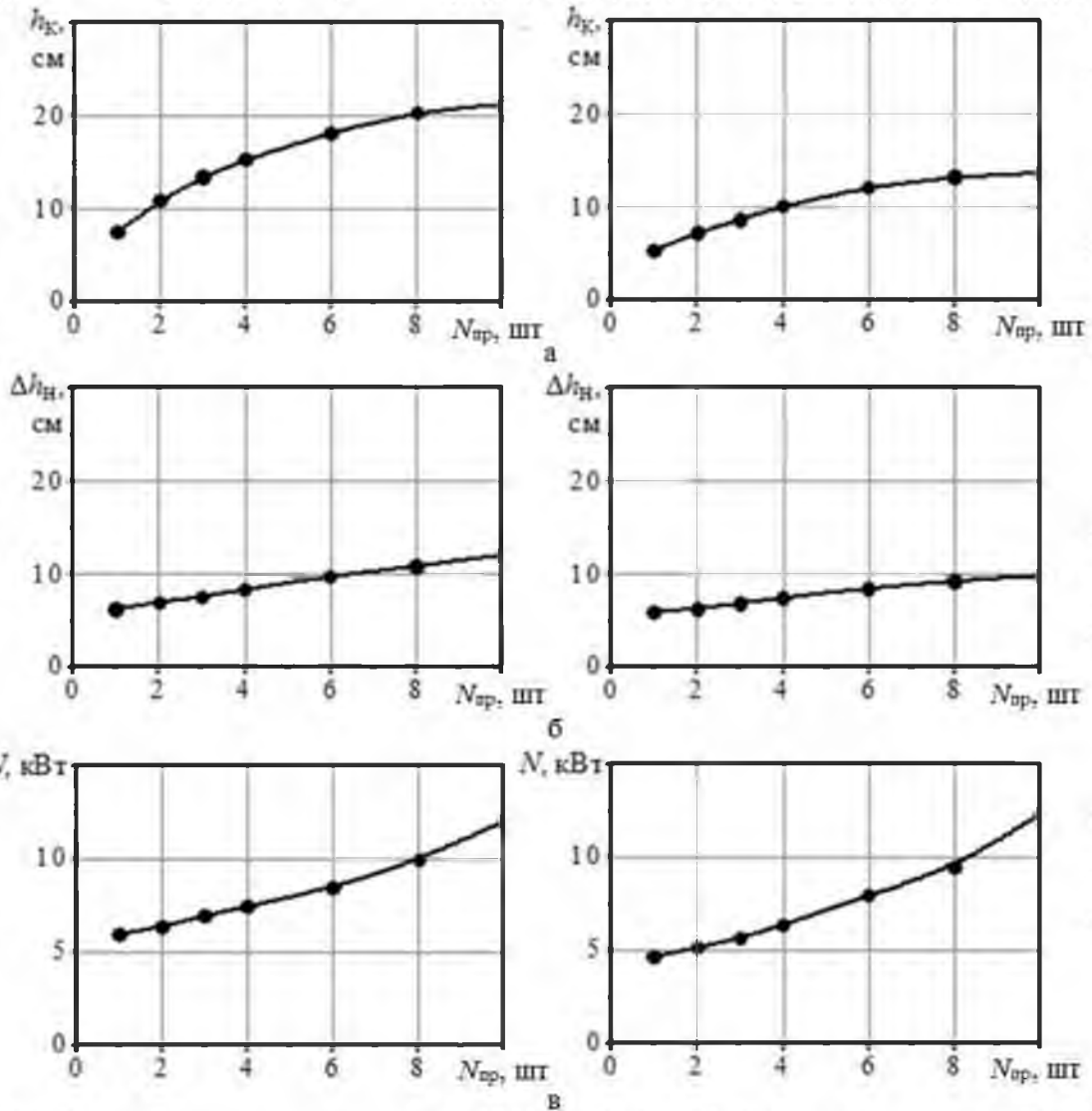


Рисунок 4.2 – Залежність показників ефективності ДПО від кута схилу дисків β .

Результати цієї серії експериментів добре узгоджуються з результатами моделювання: різниця в середньому становить близько 6%. Насамперед важливим є збіг тенденцій: лінійного зростання $h_k(\beta)$ для мікроаугментаційного режиму формування (рис. 4.3, а), S-подібного зростання залежності $h_k(\beta)$ для мікроаугментаційного режиму формування. - Розширений режим навчання. наведений режим формування (рис. 4.4, а), слабка залежність $D(N)$ для обох режимів, слабо зростаюча увігнута залежність від $N(\beta)$ для обох режимів [79].

4.2.3 Число проходів робочого органу через точку за робочий цикл

Кількість проходів робочого органу УПР по одному місцю за робочий цикл $N_{пр}$ має впливати на глибину залягання інструменту (відповідає висоті конуса, що утворюється), а також на загальні енерговитрати на формування мікро-висота (мікрозменшення).



Висонок 4.3 – Залежність показників ефективності УПР від кількості проходів робочого органу за одним місцем за робочий цикл $N_{пр}$ (експериментальні дані).

При аналізі результатів експерименту необхідно відзначити однаковий характер зміни функції як режиму формування мікропідвищення, так

мікропониження. Зі збільшенням $N_{пр}$ висота конуса h_K спочатку швидко збільшується до 4...6 витків, потім практично не змінюється (рис. 4.3, а). Повільний ріст залежності $h_K(N_{пр})$ можна пояснити тим, що в міру поглиблення УПР він зустрічає більший опір: як за рахунок більшої щільності нижніх шарів від ґрунту, так і за рахунок більшої площі контакту із землею. Кількісні нерівності збільшуються приблизно лінійно зі збільшенням $N_{пр}$ (рис. 4.3, б). Чим довше ротор залишається в землі, тим більший обсяг ґрунту накопичується під дисками. Споживана потужність збільшується приблизно за квадратичним законом (рис. 4.3, в), що можна пояснити приблизно квадратичним зростанням обсягу ґрунту, що видаляється при зануренні інструменту.

4.2.4 Довжина ременя

Цей параметр визначає діаметр та площу зони обробки інструменту. При проектуванні експериментального зразка УПО можливе встановлення корпусу диска на трьох різних відстанях від осі ротора, для чого на лінійках розташовані три групи отворів.

Змінювати ID доцільно не стільки для перевірки параметрів h_K і $D_{гН}$, скільки для встановлення необхідного мікрозбільшувального (мікрозменшувального) діаметра, наприклад, залежно від діаметра свердла. Тому, як і слід було очікувати, висота конуса і ступінь окружної неоднорідності практично залежить від ID (рис. 4.4, а, б). При малому ID відбувається як переміщення ґрунту до центру кола обробки (у режимі мікроподъемного пласта), а й додаткове скупчення ґрунту рахунок малого радіуса кривизни, тому при зменшенні ID h_K збільшується незначно (рис. 4.4, а).

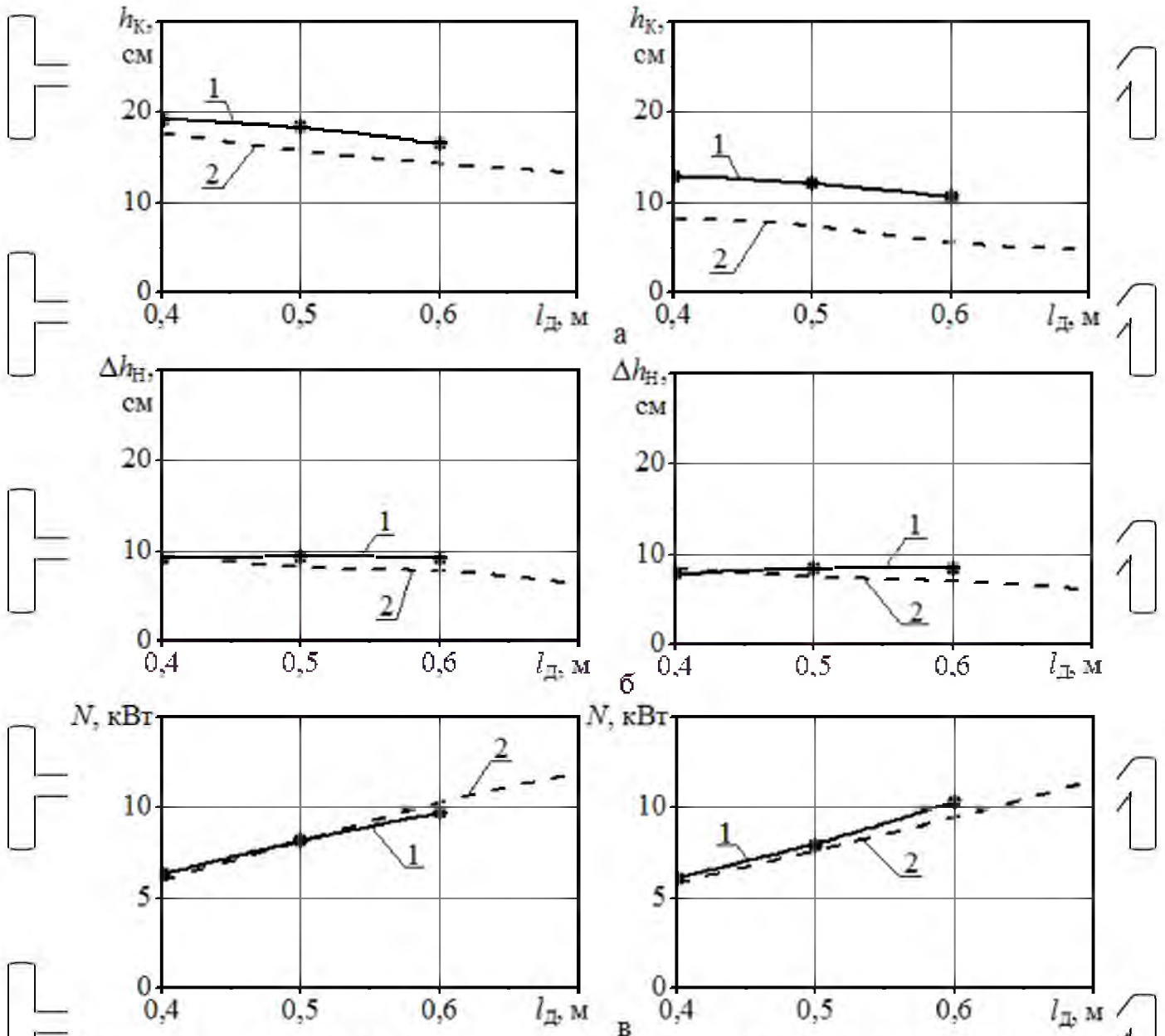


Рисунок 4.4 – Залежність показників ефективності ГЦО від довжини стрічки

ID

Зі збільшенням ID споживана потужність суттєво зростає, приблизно за лінійним законом (рис. 4.4, в). У міру збільшення відстані між диском і валом плече тангенціальної складової сили опору F_t , що випробовується диском, збільшується, так що обертальний момент опору практично лінійно залежить від плеча, відповідно і витрати енергії, які оцінюються за формулою $N = \omega \cdot F_t \cdot l_D$, також залежить майже лінійно.

Для цієї серії експериментів спостерігається гарна якісна та кількісна згода між експериментальними даними та модельними даними. Середня різниця становить близько 5%. Найбільша відмінність спостерігається в залежності від $hK(1D)$ (рис. 4.4 а), що, ймовірно, пов'язано з різним механізмом формування бугра під диском в моделі і в реальності.

Таким чином, довжину ремня $1D$ можна використовувати як параметр управління, що визначає діаметр центральної зони мікрокривизни (мікрозменшення), або можна регулювати до мінімуму для досягнення максимальної висоти (глибини) конуса та мінімальне енергоспоживання.

4.3 Багатовимірний експеримент

Двофакторний експеримент проводився з метою експериментальної оптимізації параметрів УПР та відповідно до матриці планування експерименту (табл. 3.1). Результати експерименту представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати двофакторного експерименту щодо вивчення впливу на ефективність УПР кута сходження β диска та кількості проходів робочого органу по одному місцю за робочий цикл $N_{пр}$

N_i	β , Місто	$N_{Провулк}$	ГОДИНА д. ПР.с	$A_{хн}$, Щоб	N_i , КВт
1	17,5	2	10.3	6.3	6.0
2	17,5	6	17.2	10.1	7,8
3	17,5	десять	19.2	12,5	11.1
4	22,5	2	10,9	6,9	6.3
5	22,5	6	18,4	9,4	8,2
6	22,5	десять	21.2	12,0	12,0
7	27,5	2	12.3	7.2	7.0
8	27,5	6	20,6	8,7	9.1
9	27,5	десять	22.1	11,9	14.2

Аналізуючи результати, отримані в ході двофакторного експерименту, були виявлені регресійні залежності критеріїв h_K , Δh_H і N від факторів β і $N_{пр}$ у вигляді поліномів другого порядку. Апроксимація методом найменших квадратів проводилася з використанням математичної програми MathCAD 14. У результаті

було отримано такі вирази.

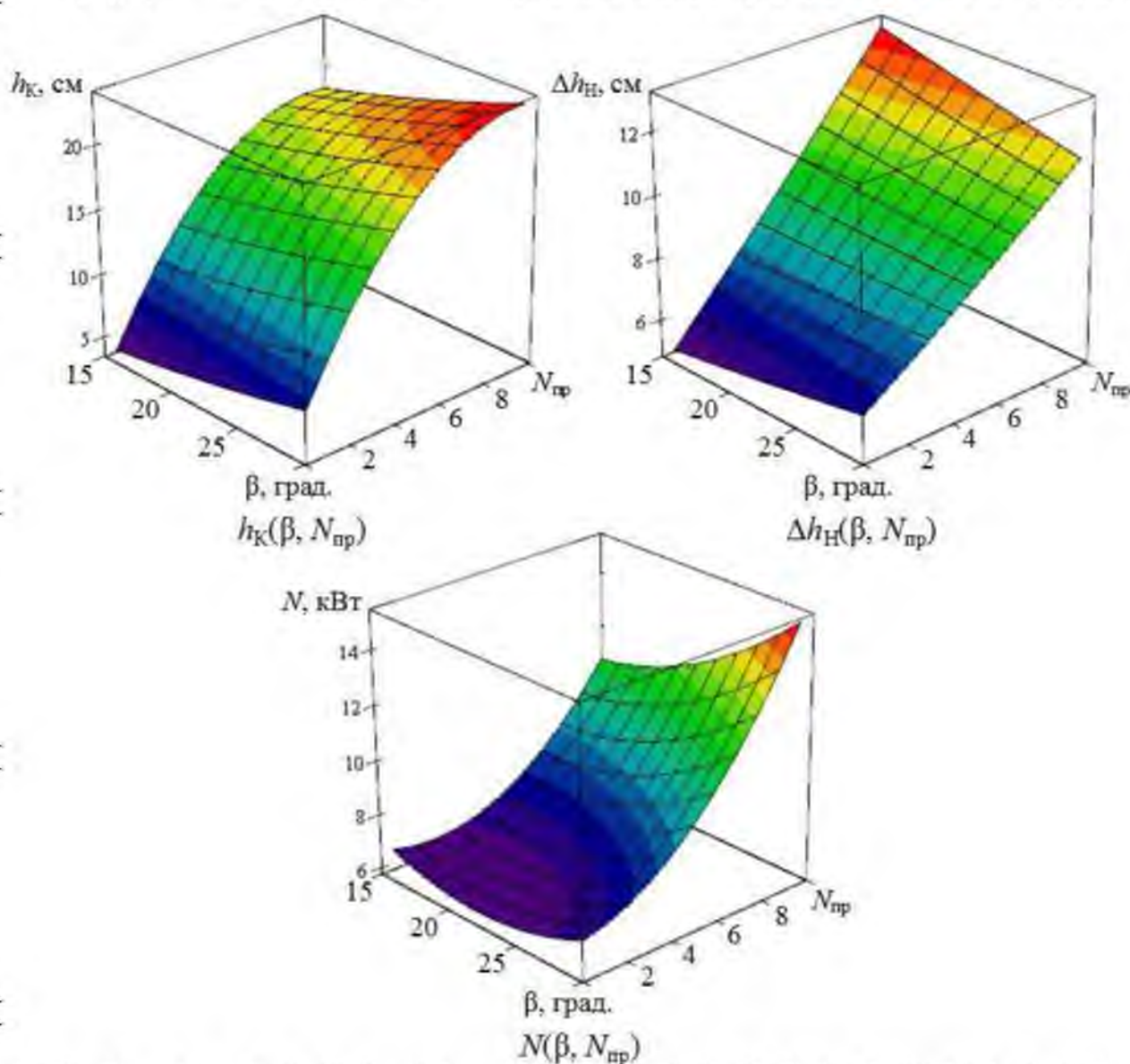


Рисунок 4.5 – Поверхні відгуку під час експериментальної двофакторної оптимізації універсального інструменту для режиму форми

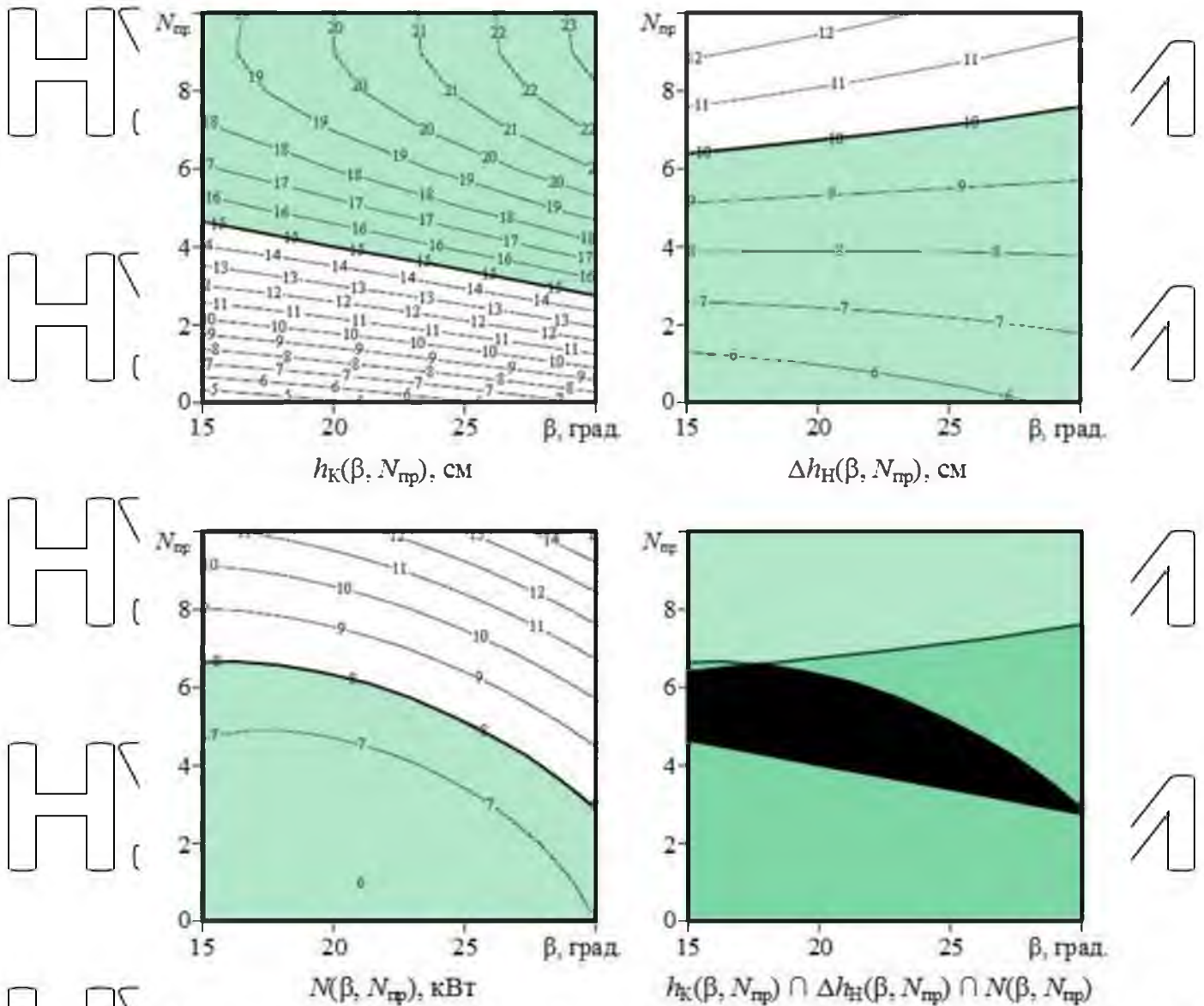


Рисунок 4.6 – Карти оптимізації параметрів UPR β та $N_{пр}$ для режиму мікрівисокого тренування.

Експериментальне дослідження з урахуванням двох факторів дозволяє рекомендувати кут установки диска в режимі мікробіднятої форми близько $22,5^\circ$ і кількість проходів робочого органу по одному місцю за робочий цикл близько 5. При таких параметрах можна висота конуса досить велика (більше 15 см), нерівності його кола досить малі (менше 10 см), а споживана потужність не перевищує 8 кВт.

Глава 5. ПОЛЬОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКУ

5.1 Основні конструктивні параметри універсального інструменту

Розроблено експериментальний зразок універсального інструменту для проведення досліджень у польових умовах (рис. 5.1)



Рисунок 5.1 Експериментальний зразок

Досвідчений зразок призначений для механізованої підготовки окремих посадкових місць у вигляді мікропіднятих (на ділянках з тимчасово перезволоженим ґрунтом) або мікрознижених (на ділянках з дренажним ґрунтом) з паралельним формуванням дунки для посадки розсади та молодяку, дерева, лісових порід із закритою кореневою системою. Інструмент складається з рами,

редуктора, опорного валу та робочого органу. Основні технічні характеристики дослідного зразка універсальної ґрунтообробної зброї наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Технічні характеристики універсального інструменту

№	Установи	Заміри виміру	Цінувати
1.	Ширина захоплення	М	1,0; 1,2; 1,4
2.	Кутова швидкість обертання	3^{-1}	0,5
3.	Діаметр сферичних дисків	мм	450
4.	Рейкривизна сферичних дисків	мм	650
5.	Кут атаки диска	град	20
6.	Кут сходження дисків	град	-22,5; 0; 22,5
7.	габаритні розміри		
	– довжина		1650 р.
	– ширина	мм	650 р.
	– висота		1350
8.	Маса	кг	145
9.	Розрахункова продуктивність	отвори/год	120
дес	Число	людина	1

Активний робочий орган має вертикальну вісь обертання і складається з наступних основних частин: опорного валу, обойми, ременів, корпусів дисків, гвинтового дреля. Опорний вал з отворами кріплення під опору міцно прикріплений до викідного валу коробки передач. Затискач, що забезпечує вільне переміщення опорного валу, фіксується у необхідних положеннях. У нижній частині опорного валу закріплено знімний гвинтовий свердло за допомогою фланців для підготовки посадкових отворів. Фіксація трьох дискових корпусів радіально навколо центральної осі робочого органу під кутом 120° здійснюється за допомогою ременів. Крім того, конструкція ременів передбачає три регульовані місця кріплення корпусів приводів, що дозволяють здійснювати різну ширину

захоплення інструменту, а шліцеве з'єднання ременів з обоймою дозволяє регулювати кут нахилу корпусів приводів залежно від горизонту для різних режимів роботи. Стандартні сферичні диски оснащені змінними ножами для кращого контакту із землею та інтенсивнішого скосування газону.

У дослідній вибірці підготовлені дискретні місця для посадки саджанців та молодих дерев лісових порід із закритою кореневою системою. Середня продуктивність 120 лунок/година.

5.3 Результати натурних випробувань досліджуваних машин виготовлення

дискретних стільців

На обраній ділянці дослідницькими інструментами було підготовлено майданчик для посадки дворічних саджанців сосни із закритою кореневою системою. Діаметр формованої посадкової ями 15-20 см, глибина обробки 25-35 см. Як базова машина використовувався шипний трактор ПМЗ8082.

Польові випробування показали, що серійний екскаватор не забезпечує якісної підготовки посадкового майданчика. Робочий орган у вигляді листового шнека сильно розкидає ґрунт навколо посадкової ями (попри захисне покриття), що викликає дискомфорт при посадці. Для посадки якісної розсади необхідно використовувати додатковий ґрунт, який необхідно збирати навколо місця посадки, або вдаватися до завезення, що спричиняє невикордані фінансові та тимчасові витрати. Робочий орган серійного екскаватора не здатний розпушити ґрунт навколо посадкової ями і зняти перезволожений верхній шар, що призводить до посилення конкуренції з боку трав'янистої рослинності, збільшення ризику переростання розсади і, як наслідок, зниження приживання. Для зниження цих ризиків необхідний додатковий агротехнічний догляд, який важко здійснити в умовах незакоріненого живця.



а – експериментальний зразок у режимі формування мікропіднесень, б – дослідний зразок у режимі формування мікробугорків, в – серійний екскаватор.

5.2 Якість підготовки сидінь на досліджених машинах.

Використання експериментального зразка універсальної ґрунтообробної зброї дозволяє краще підготувати посадковий майданчик. Наявність додаткових дискових тіл навколо посадкової ями утворює пухку мінералізовану ділянку. Різні налаштування інструменту забезпечують підготовку необхідного для даного типу ґрунту для посадкових майданчиків у вигляді мікропіднятих, майданчиків або мікрознижених з оптимальними параметрами (див. п. 4). У ході дослідження встановлено, що низька частота обертання робочого органу у поєднанні з розташуванням сферичних дисків під невеликим кутом нахилу щодо горизонтальної площини запобігає надмірному розсипанню ґрунту та забезпечує рівномірний поперечний профіль утвореного мікробільшення (мікроредукції). По краю посадкової ями формують невеликий горбок з необхідною кількістю пухкого ґрунту для наступної посадки ПМЗК. Мінералізована зона навколо саджанця запобігає засміченню трав'янистою рослинністю та другорядними листяними породами, що підвищує життєздатність та швидкість зростання в умовах мінімального агротехнічного догляду та лісового господарства.

5.4 Економічна ефективність використання розробленого універсального інструменту

У цьому розділі порівнюються показники економічної ефективності експериментального зразка універсальної зброї та серійної машини, що використовується в даний час при лісовідновленні для підготовки окремих посадкових майданчиків. Як серійну машину було обрано кар'єрний екскаватор КЯУ-60.

Таблиця 5.2 Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності дослідного зразка машини для виготовлення дискретних посадкових місць.

Індикатор	Одиниця	КЯУ-60	Зразок
Ціна ($c_{мас}$)	гривня	155000	180 000
Одна година виробництва ($P_{ГОДИНА}$)	вечір/го- дина	90	120
Змінити час (Політ/Щоб побачити)	година	8	8
Кількість змін (n)		1	1
Щорічне завантаження (D)	світати	26	26
Ціна трактор (Ц _T)	гривня	730000	730000
Річне навантаження на трактор з усіх видів робіт	година	1000	1000
Особовий склад/звання (тракторист) (m)	чоло вік/ви	1/11	1/11
Погодинна ставка (ТС _{ГОДИНА})	гривня	24,4	24,4
Коефіцієнт (K_d)		2	2
Додаткова зарплата (Прод)	%	десять	десять
Соціальний податок (Проз)	%	34	34
Відрахування за шкоду (Прот)	%	0,5	0,5
Амортизація ($n_{ам}$)	%	14,3	14,3
($n_{мас}$)		25	25

Таблиця 5.3 Показники економічної ефективності впровадження експериментальної моделі універсального інструменту

Індикатор	Одиниця	КІУ-60	Зразок
Продуктивність:			
- година		90	120
- змінна	вечора	720	960
- щорічний		18720	24960
Поточні витрати	гривня	9:35 ранку	8.19
Конкретні інвестиції	гривня	52:00	40,1
Річний ефект	гривня		73434
Річний процент ефективності			0,41

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

НУБІП України

1. Відомі конструкції машин дискретної підготовки стільця не мають всіх

функцій, необхідних для формування оптимального стільця. Для підвищення якості механізованої підготовки окремих посадкових майданчиків розроблено

НУБІП України

нову конструкцію універсальної ґрунтообробної зброї, відмінною особливістю якої є використання комбінованого робочого органу, призначеного для

механізованої підготовки окремих посадкових майданчиків у вигляді

мікропідвищень (на ділянках з тимчасово перезволоженим ґрунтом) або

НУБІП України

мікрознижень (на ділянках з дротом) з паралельним формуванням лунки для посадки саджанців та молодих дерев лісових порід, закритою кореневою системою.

2. Розроблена математична модель роботи універсального інструменту

дозволяє отримати рівняння регресії залежності експлуатаційних показників УПО

НУБІП України

від наступних параметрів: кута атаки дисків α , кута сходження дисків β настота обертання ротора ν_R , довжина ременя ІД, коефіцієнт в'язкого тертя об землю k_B .

Після їх аналізу можна рекомендувати для режиму формування мікропідйому

параметри кута атаки дисків $\alpha = 20^\circ$, кута сходження дисків $\beta = 25^\circ$, для режиму

НУБІП України

утворення мікровпадини $\alpha = 20^\circ$ $\beta = 24^\circ$. Частота обертання ротора повинна

становити $0,5 \text{ с}^{-1}$, а довжина ременя (відстань від осі ротора до геометричного центру диска) - $0,5 \text{ м}$. При цьому інструмент формує мікропідйом висотою понад

10 см (або мікропуск глибиною більше 5 см , споживана потужність не перевищує

8 кВт та вимірює нерівності рівня ґрунту). по периметру 10 см . Інструмент має

НУБІП України

можливість працювати в різних ґрунтово-кліматичних умовах, практично незалежно від механічних властивостей ґрунту, зберігаючи при цьому оптимальні параметри посадкового місця.

3. Польові випробування підтвердили маневреність та високу ефективність

НУБІП України

запропонованої конструкції універсальної частини зброї-борони. Схожість результатів та чистота експериментів відповідають вимогам і становлять у

середньому 6% .

4. Експериментальне дослідження з двома коефіцієнтами дозволяє рекомендувати кут сходження дисків β при формуванні мікропідвищення $22,5^\circ$ та кількість проходів робочого органу по одному місцю за час роботи циклу близько 5 с. За таких параметрів висота конуса більше 15 см, його кругові нерівності менше 10 см, споживана потужність вибирається у 8 кВт.

5. Комбінований робочий орган універсальної частини боронової зброї забезпечує додаткову обробку поверхні навколо утвореної посадкової ями, підвищуючи приживання посадкового матеріалу та знижуючи додаткові витрати на агротехнічне та лісогосподарське обслуговування.

6. Річний економічний ефект, отриманий від використання експериментального зразка УПО, становить 73434 гривні. Термін окупності додаткових капітальних вкладень – 2,45 роки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПОСИЛАННЯ

1. Андерс Д. Дж. Інновації у надійності енергетичних систем. Спрінгер, 2011. 361 стор.

2. Delphi Diesel Systems, номер публікації: DDNX125(EN) Delphi Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76

3. Ендренї Дж. Порівняння двох методів оцінки впливу технічного обслуговування на надійність компонентів та систем. Міжнародна конференція IEEE «Вірогіднісні методи, що застосовуються в електричних системах». 2014. С. 307-312.

4. Ендренї Дж. Поточний стан стратегій технічного обслуговування та вплив технічного обслуговування на надійність. Звіт Підкомітету із застосування теорії ймовірностей. Транзакції IEEE у енергосистемах. 2011. Том. 16. Ні. 4. Р. 638-646.

5. Ге Х. Оптимізація експлуатації підстанцій із застарілим обладнанням: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Лінкольн, Небраска, 2010. 212 сторінок.

6. Хампель Р., Курр Д., Scheffnader H. Elektronisches Messsystem zur digital Erfassung und Auswertung von Індикаторні діаграми. 2015. Ні. 2. С.33-38.

7. Латіно М.А. Надійність, заснована на поведінці. Конференція щодо надійності машин. 2020. Квітень. <http://reliability.com/industry/articles/article36.pdf>.

8. Смиків С.В., Серьогін А.А., Нікітченко С.Л., Курочкін В.М., Валуєв І.В. Зчленована група з технічного обслуговування машин: моделювання, випробування та умови застосування. Журнал механічних наук та технологій. 2018. Том. 32. Ні. 8. Сторінка 3807-3815.

9. Вегжин, Я. Зріджений природний газ для вантажних автомобілів та автобусів. Серія технічних документів SAE 2018. Ні. 2000-01-2210.

10. Zehn Prozent Biokraftstoff хутро Все. Verein Deutscher Ingenieure ВДІНахріхтен. 2015. Дж.Г. 59. Ні. 47. 8 років.

11. Хант Д. Управління енергетичним та сільськогосподарським обладнанням. Десяте видання. Агротехніка. 2013. Опубліковано. Крадіжка. 3. стор 1703-1709.

12. Онвуалу А.П., Акубуо К.О., Аханеку І.Є. "Основи інженерії для сільського господарства" Immaculate Publications Limited, вулиця Аку, 2, нове планування Оги, Енугу, Нігерія. 2006. 186 сторінок.

13. Оджа Т.П., Михайло А.М. Основи сільськогосподарської техніки. Крадіжка. 1. Брати Джайн. Нью-Делі (шосте видання). 2012. 210 сторінок.

14. Йоханна Дж.К., Ifem, ЇС Оцінка ефективності польової сільськогосподарської техніки у штатах Насарава та Плато, Праці Нігерійського інституту сільськогосподарських інженерів. 2013. стор 88-92.

15. Кепнер Р.А., Байнер Р., Баргер Е.Л. Принципи сільськогосподарської техніки AVI Publishing Company Inc. Порт-Вестер. 2016. 208 сторінок.

16. Одума О., Ігве Дж.Е., Нгунде Д.І. Оцінка польової ефективності вибраних причіпних знарядь у штаті Ебоні/ Міжнародний журнал техніки та технологій. 2015. Том. 5(4). Сторінка 45-50.

17. Вибір та використання сільськогосподарської техніки для покращення сільськогосподарських операцій на південному сході Нігерії: огляд. Доступна з: https://www.researchgate.net/publication/335951790_Agricultural_off-road_machinery_selection_and_utilization_for_improved_farm_operations_in_South-east_Nigeria_A_review [станом на 2 березня 2020 р.]

18. Вільям Е. Кроп - Управління машинами. Розширення та інформаційно-просвітницька діяльність Нижнього державного університету. Мінекономіки, 2015. С. 641-732-5574

19. Аніскевич Л.В. Системи управління внесенням матеріалів до прецизійних агротехнологій: автореф. дисертацію для здобуття наук. ступінь доктора Тех. наук : 05.05.11 Машина та устаткування для механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2005. 36 сторінок.

20. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньков О.В., Лисенко С.В. Методологічні та теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності роботи автомобільних транспортних систем: монографія. Кропивницький: Видавництво "КОД", 2017. 370 с.

21. Аулін В.В., Гриньков А.В. Методика вибору параметрів діагностування технічного стану 248 автомобілів з урахуванням теорії чутливості. Технічне обслуговування агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. № 5. С. 109-116.

22. Аулін В.В., Гриньков А.В. Проблеми та завдання ефективності системи технічного управління мобільною технікою сільського господарства та автомобільного транспорту. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічних наук 2016. Ні. 2 (77). Сторінка 36-41.

23. Аулін В.В., Гриньков А.В. Проблеми та завдання ефективності системи технічного управління мобільною технікою сільського господарства та автомобільного транспорту. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічних наук 2016. Ні. 2 (77). Сторінка 36-41.

24. Аулін В.В., Гриньков А.В. Теоретичне обґрунтування моментів перевірки технічного стану систем та агрегатів транспортних засобів. Технічне обслуговування агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. Ні. 8. С. 9-20.

25. Аулін В.В., Гриньков А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів за рахунок використання методів теоретичної чутливості. Вісник Технічної академії України. 2015. Ні. 3. С.66-72.

26. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньков О.В., Мартиненко О.Д. Теоретичний та фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан мобільних агрегатів сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного аграрно-технічного університету. Харків. 2015. Випуск 158. Стор. 252-262.

27. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньков О.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності сільськогосподарської та мобільної автомобільної техніки за рахунок технологій триботехнічного відновлення монографія. Кропивницький. 2016. 304 сторінки.

28. Бабанін О.Б. Наукові засади вдосконалення технології контролю, діагностики та матеріально-технічного забезпечення при ремонті локомотивів: Дис... докт. Технічні науки: 22.05.07 Залізничний рухомий потяг та поїзна тяга. Харківська державна академія залізничного транспорту Харків, 2001, 288 с.

29. Обґрунтування системи Бабіюк Г.В. та розробка адаптивних методів забезпечення надійності гірничих споруд: Дис. докт. Технічні науки 15.05.04 Гірська справа та підземне будівництво. Донбаський державний технічний університет. Дніпропетровськ, 2005. 522 с.

30. Біловод О.І. Підвищення надійності та обґрунтування параметрів виробничого процесу та ремонту дискових комбайнів, розроблених для бурякозбиральних комбайнів: автореферат дисертації на здобуття вченої диплома кандидата технічних наук: 05.05.11 Машини та засоби для механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 2008. 20 сторінок.

31. Бірюков Д.С. Аналіз та оптимізація надійності складних багатозаможних систем: автореф. Скажімо... Канд. Технічні науки: 01.05.04. Київ. Національний університет Тараса Шевченка. Київ. 2009. 20 сторінок.

32. Боднар Є.Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи технічного обслуговування: Дис... канд. Технічні науки 22.05.07 Залізничний рухомий потяг та поїзна тяга. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Лазаряна. Харків, 2004. 161 с.

33. Бойко О.І. Тенденції розвитку вітчизняної сільськогосподарської техніки та питання надійності машин. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ НАУ, 2004. Том. 73. Частина 2. Сторінка 181-183.

34. Бойко Ю. Ф. Дослідження та обґрунтування технологічного процесу обслуговування сільськогосподарського трактора (на прикладі трактора Т-40А). Автореф. Скажімо... Канд. Технічні науки: 20.05.03 Експлуатація та ремонт сільськогосподарських машин та обладнання. Всесоюзний державний науково-дослідний технологічний інститут із ремонту та обслуговування машинно-тракторного парку. Москва. 1977. 19 сторінок.

35. Бондаренко В.В. Вдосконалення технології технічного обслуговування та діагностики електрообладнання легкових автомобілів: Дис... канд. Технічні науки 22.05.07 Залізничний рухомий потяг та поїзна тяга. Українська державна академія залізничного транспорту Харків. 2002. 194 сторінки.

36. Бузайєн Мекка бен Салем. Вдосконалення обліку впливу регіональних факторів на процес технічного обслуговування авіаційної техніки (на прикладі Середземноморського регіону): дисертація... канд. Технічні науки: 22.05.20. Київський національний авіаційний університет 2006. 186 сторінок.

37. Брєди С.М., Погосян Г.А. Вкладені випадкові процеси теорії масового обслуговування. Київ. Наукове мислення. 1973. 127 сторінок.

38. Адамчук В.В. Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства України. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробувань нової техніки та технологій для сільського господарства України. Пошук. УкрНДІПВТ ім. Л. Похоріло, 2009. № 13., кн. 1. С. 21-29.

39. Гуков Так. С. Наукове забезпечення формування державної політики щодо відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. Номер 92. Стор. 13-25.

40. Агеєва І.В. Розвиток системи технічного та технічного обслуговування. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків, 2007. Том. 54. Стор. 160-168.

41. Демко О.А. Вплив кваліфікації оператора на ефективність використання машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. 2009. Випуск 134, Частина 2. С. 159-169.

42. Васильєва Н.К. Економіко-математичне моделювання системи інноваційного поновлення сільськогосподарського виробництва: автореф. дисертацію для здобуття наук. ступінь доктора економічних наук: 08.00.11 Математичні методи, моделі та інформаційні технології економіки. Київ. 2007. 36 сторінок.

43. Войтюк В.Д. Техніко-технологічний розвиток системи енергозасищеного обслуговування сільськогосподарської техніки: Автореф. дисертацію для здобуття наук. ступінь доктора Тех. наук : 05.05.11 Машини та устаткування для механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь, 2012. 39 с.

44. Вовк М.О. Методи та засоби моделювання розподіленим моделюванням електронних систем: дис... канд. Технічні науки 01.05.02 Математичне моделювання та комп'ютерні методи. Харківський державний технічний університет радіоелектроніки Харків, 1999. 189 с.

45. Волох О. П. Метод обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин технічного озброєння під час використання їх за прямим призначенням: Дис... канд. Технічні науки: 20.02.14 Озброєння та військова техніка. Інститут військової техніки Подільського аграрно-технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2006. 175 с.

46. Храбко В.В. Методи та пристрої технічної діагностики та автоматичного контролю електрообладнання: дис... доктор тех. наук : 13.05.05 Елементи та пристрої комп'ютерної техніки та операційних систем. Вінницький Національний технічний університет. Вінниця, 2004. 384 с.

47. Кузьмінський Р.Д. Системні та функціональні принципи синтезу технологічних ліній та ділянок ремонту вузлів та агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки: автореф. дисертація для здобуття наук. ступінь доктора Тех. наук : 05.05.11 Машини та устаткування для механізації сільськогосподарського виробництва. Глеваха, 2013. 40 с.

48. Кухтов В.Г. Методика оцінки довговічності рамних конструкцій колісних тракторів: Дис. тех. наук : 22.05.20 Водіння та ремонт транспортних засобів. Харківський національний автомобільно-дорожній університет Харків, 2006. 329 с.

49. Ларін О. М. Теоретичні основи оцінки експлуатаційних характеристик шин легкових автомобілів в експлуатації: Дис. тех. наук : 22.05.20 Водіння та ремонт транспортних засобів. Академія пожежної безпеки України Львів, 2001. 344 с.

50. Лобода А.В. Розвиток організаційної структури забезпечення якості в автосервісі: Дис... канд. Технічні науки: 13.05.22. Київський національний університет транспорту 2004. 162 сторінки.

51. А.Г. Лойківський Аналіз та синтез систем поширення інформації у мультисервісних дорожніх ситуаціях: автореф. дисертація ... Лікар тех. Наука 05.12.02. Національна академія Одеси зв'язку імені О.С. Попова Одеса. 2010. 36 сторінок.

52. Луханін М.І. Моделювання залізничних транспортних коридорів на основі розподілених мереж Петрі: Дис... канд. Технічні науки: 22.05.20. Українська Національна академія залізничного транспорту Харків. 2003. 163 сторінки.

53. Мамонова Х.В. Багатоканальні системи обслуговування у дифузійній схемі усереднення та апроксимації: автореф. Скажімо... Канд. Фізико-математичні науки: 01.05.04. Київ. Національний університет Тараса Шевченка. Київ. 2007. 18 сторінок.

54. Мартиненко В.Я. Механічні та технологічні основи підвищення ефективності робочих органів маслозбиральних комбайнів. Дис. тех. Наука. 05.05.11. ВАТ "Тернопільський комбінат". Тернопіль 2000. 374 с.

55. Мартинішин Ю.М. Організація ремонтно-технічного обслуговування на сільськогосподарських підприємствах України: автореф. дисертацію для здобуття наук. Ступінь доктора економічних наук: 08.00.04 Економіка та управління бізнесом. Миколаїв, 2009. 37 с.

56. Мигаль В.Д. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на етапах проектування, виробництва та експлуатації: Дис. тех. наук : 22.05.20 Водіння та ремонт транспортних засобів. Харківський національний автомобільно-дорожній університет Харків, 2003. 513 с.

57. Молодий М.В. Основні напрямки досліджень щодо підвищення надійності сільськогосподарської техніки під час експлуатації, відновлення та ремонту. Предтеча сільськогосподарської науки. 2010. Ні. 5. С. 110-113.

58. М. В. Молодий. Оцінка надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2008. Том. 92. С. 381-389.

59. М. В. Молодий. Теоретичні вимоги до оцінки впливу технічного обслуговування та ремонту на надійність машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Київ. 2010. Випуск 144 Частина 1. С. 75-80.

60. Молодик М. В. Наукові засади системи технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. монографія. Кіровоград: Колд, 2009. 180 с.

61. Молодий М.В. Оцінка надійності електроустаткування зернозбиральних комбайнів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2010. Том. 94. С. 419-425.

62. Морозов В.І. Дослідження якості роботи кормозбиральних комбайнів. Вісник Харківського національного аграрного технічного університету імені Петра Василенка: Економіка. Харків: ХНТУСГ, 2017. Випуск 65. С. 166-171.

63. Норкін В.І. Стохастичні методи вирішення невіпуклих завдань стохастичного програмування та їх застосування: Дис... док. Фізико-математичні науки 01.05.01 Теоретичні засади інформатики та кібернетики. Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова. Київ. 1998. 250 сторінок.

64. Парацій В. А. Стохастичне прогнозування довговічності металоконструкцій причіпних обприскувачів: Дис... канд. Технічні науки: 05.05.11. Держава Тернопіль. Технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль 2000. 122 с.

65. Пастушенко С.І. Розробка наукових засад створення сільськогосподарської техніки з підвищеною енергоефективністю: Автореф. дисертацію для здобуття наук. ступінь доктора Тех. наук : 05.05.11 Машини та устаткування для механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2004. 32 сторінки.

66. Підгурський М.І. Методи прогнозування ресурсу підшипників та функціональних систем бурязбиральних комбайнів: автореф. дисертацію для здобуття наук. ступінь доктора Тех. наук : 05.05.11 Машини та устаткування для механізації сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2007. 36 с.

67. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Державної програми реалізації політики в агропромисловому комплексі на період до 2020 року" №785 від 30.05.2007.

68. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 р. № 1158 "Про затвердження державної програми розвитку українського села на період до 2015 року".

69. Пустовіт С.В. Підвищення ефективності комбайнів: автореф. дисертацію для здобуття наук. кандидат технічних наук: 05.05.11 Машини та обладнання для механізації сільськогосподарського виробництва. С.В. Пустовіт. Вінниця, 2013. 49 с.

70. Пустовойтенко С. В. Забезпечення якості обслуговування в автосервісі на основі оптимізації виробничих процесів: Дис... канд. Технічні науки: 13.05.22. Київський національний університет транспорту 2002. 178 сторінок.

71. Рибак Т. Прогноз терміну служби мобільної сільськогосподарської техніки. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробувань нової техніки та технологій для сільського господарства України. Дослідження, 2004. Том. 7. Сторінка 149-161.

72. Розора І.В. Моделювання процесів та випадкових пелів із заданою точністю та достовірністю: Дисс. фізико-математичні науки 01.01.05 Теорія

ймовірностей та математична статистика. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ. 2005. 126 сторінок.

73. Савченко В. Б. Забезпечення надійності сільськогосподарських машин та технологічних комплексів: дисертація. ... кандидат технічних наук 05.05.11

Машини та засоби для механізації сільськогосподарського виробництва. Харківський державний аграрно-технічний університет Харків. 2001. 156 сторінок.

74. Ткаліч О.П. Методика визначення оптимального терміну технічного обслуговування літаків вітчизняного виробництва. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 22.05.20 Експлуатація та ремонт транспортних засобів. Національний авіаційний університет. Київ, 2007. 130 с.

75. Яцковський В.І. Удосконалення віброакустичного методу діагностики паливної апаратури автотракторних дизельних автомобілів: Дисс. Технічні науки 05.05.11 Машини та обладнання для механізації сільськогосподарського виробництва. Вінницький державний аграрний університет. Вінниця, 2006. 160 с.

76. Рогівський І.Л. Обґрунтування періодичності профілактичного репуловання або заміни деталей при технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського технічного аграрного університету. Харків. 2003. Випуск 20. С. 346-352.

77. Рогівський І.Л. Обґрунтування періодичності профілактичних заходів сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського технічного аграрного університету. Харків. 2003. Номер 21. Стор. 366-373.

78. Рогівський І.Л. Аналітичні дослідження щодо обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Проектування, виробництво та експлуатація сільськогосподарської техніки. Кіровоград 2003. Випуск 33. С. 209-215.

79. Рогівський І.Л. Удосконалення технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2003. Випуск 16. С. 123-127.

80. Рогівський І.Л. Аналіз форм технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Механізація виробничих процесів на рибпромислових, промислових та сільськогосподарських підприємствах. Керч. 2004. Випуск 5. С. 278-285.

81. Рогівський І.Л. Актуальна періодичність технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського технічного аграрного університету. Харків. 2004. Номер 23. Стор. 338-342.

82. Рогівський І.Л. Методичне обґрунтування періодичного технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Львівського державного аграрного університету. сільськогосподарські інженерні дослідження. Дублінці 2004. Номер 8. С. 149-157.

83. Рогівський І.Л. Показники технічного стану зернозбиральних комбайнів та послідовність їх визначення при технічному обслуговуванні. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2004. Номер 73. Стор. 192-197.

84. Рогівський І.Л. Аналітичне визначення чинників, які впливають на готовність сільськогосподарських машин у системі їх технічного обслуговування. Проектування, виробництво та експлуатація сільськогосподарської техніки. Кіровоград Том. 35. С. 224-228.

85. Рогівський І.Л. Несправності зернозбиральних комбайнів за нормальної експлуатації та їх класифікація. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2005. Випуск 80. С. 200-206.

86. Рогівський І.Л. Пристосованість до технічного обслуговування кормозбирального комбайна. Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2006. Номер 36. Стор. 39-44.

87. Рогівський І.Л. Безаварійне складання сільськогосподарських машин із прогресуючими дефектами. Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2006. Номер 37. Стор. 67-71.

88. Рогівський І.Л. Сезонні показники експлуатаційної надійності та ремонтпридатності зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2006. Випуск 101. Стор. 199-203.

89. Рогівський І.Л. Методика технічного обслуговування під час зберігання сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2006. Випуск 41. С. 112-118.

90. Рогівський І.Л. Оцінка пристосованості комбайна до обслуговування. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробувань нової техніки та

технологій для сільського господарства України. Шукати. 2006. Номер 9. Книга 2. С. 236-241.

91. Рогівський І.Л. Оцінка надійності газорозподільного механізму комбайна «Славутич» та періодичність його регулювання при технічному обслуговуванні. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах 2006. № 90. С. 135-142.

92. Рогівський І.Л. Методико-технологічний підхід до технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Львівського державного аграрного університету. сільськогосподарські інженерні дослідження. Дублінці, 2006. Випуск 10. С. 86-92.

93. Рогівський І.Л. Загальні вимоги щодо технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. 2006. Випуск 9 (15). Сторінка 72-77.

94. Рогівський І.Л. Аспект стандартизації в оцінці складової ремонтпридатності пристосованості до технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків. 2007. Том. 51. Стор. 84-89.

95. Рогівський І.Л. Класифікаційні особливості засобів технічного обслуговування сільськогосподарської техніки Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2007. Том. 7. Том. 2. Сторінка 20-24.

96. Рогівський І.Л. Методичні положення щодо експлуатаційних вимог безпеки технічного стану самохідних сільськогосподарських машин. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробувань нової техніки та технологій для сільського господарства України. Шукати. 2007. Том. 10. Сторінка 132-140.

97. Рогівський І.Л. Методика оцінки зручності та доступності технологічних операцій з технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійської державної сільськогосподарсько-технічної академії. Мелітополь. 2007. Том. 7. Том. 4. С. 136-141.

98. Рогівський І.Л. Методичні схеми оцінки пристосованості до технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Проектування,

виробництво та експлуатація сільськогосподарської техніки. Кіровоград 2007. Том. 37. Стор. 175-180.

99. Рогівський І.Л. Методичні засади організації технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків. 2007. Том. 67. Том. 1. Сторінка 55-61.

100. Рогівський І.Л. Оцінка придатності сільськогосподарської техніки для зберігання. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2007. Том. 115. Стор. 161-166.

101. Рогівський І.Л. Ефективність обслуговування зернозбиральних комбайнів. Вісник Львівського національного аграрного університету. Сільськогосподарські інженерні дослідження. Дубліни 2008. Номер 12. Том. 1. С. 472-478.

102. Рогівський І.Л. Системність устаткування технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2008. Номер 8. Том. 9. Сторінка 60-65.

103. Рогівський І.Л. Методичні положення щодо опису працездатності сільськогосподарських машин з резервуванням. Сільськогосподарська техніка. Луцьк. 2008. Випуск 17. С. 113-118.

104. Рогівський І.Л. Формалізація виробничих умов із технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробувань нової техніки та технологій для сільського господарства України. Шукати. 2009. Номер 3. Книжка. 1. С. 137-145.

105. Рогівський І.Л. Формалізація ремонтного процесу у системі технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2009. Випуск 9. Том. 1. Сторінка 120-124.

106. Рогівський І.Л. Оцінювання ефективності параметрів контролю технічного стану сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2009. Випуск 9. Том. 4. Сторінка 22-30.

107. Рогівський І.Л. Аналітична характеристика потреби у ресурсах для технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського

державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2009. Випуск 9. Том. 5. Сторінка 108-114.

108. Рогівський І.Л. Аналітичні засоби стандартизації оцінки технічного рівня сільськогосподарської продукції. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків. 2010. Випуск 93. С. 238-245.

109. Рогівський І.Л. Технічні вимоги щодо гарантійного обслуговування сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія: сільськогосподарська техніка та енергетика. Київ. 2010. Випуск 144. Частина 3. С. 286-291.

110. Рогівський І.Л. Аналітична формалізація призначення системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2011. Випуск 11. Том. 1. С. 177-183.

111. Рогівський І.Л. Формалізація ергономіки сільськогосподарських машин у системі їх обслуговування. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2011. Випуск 11. Том. 2. С. 164-170.

112. Рогівський І.Л. Чинники, що впливають на надійність сільськогосподарської техніки у системі технічного обслуговування. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія: сільськогосподарська техніка та енергетика. Київ. 2011. Випуск 166. Частина 2. С. 244-253.

113. Рогівський І.Л. Нормативи оцінки технічного рівня сільськогосподарської техніки. Вісті Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь. 2012. Випуск 2. Том. 3. Сторінка 120-130.

114. Рогівський І.Л. Технологічний підхід до обслуговування сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків. 2013. Випуск 134. Стор. 276-281.

115. Рогівський І.Л. Відновлення працездатності складальних підрозділів сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного аграрного університету імені Петра Василенка. Харків. 2015. Випуск 159. Стор. 224-232.

116. Рогівський І.Л. Методика оцінювання технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія: сільськогосподарська техніка та енергетика. Київ, 2012. Випуск 170. Частина 2. С. 368-375.

117. Роговський І.Л., Дубровін В.О. Методика технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія: сільськогосподарська техніка та енергетика. Київ, 2013. Випуск 185. Частина 2. С. 372-379. (Покупець здійснив структурування та опис методичних особливостей технічного обслуговування).

118. Рогівський І.Л. Стохастичність у забезпеченні ефективності роботи сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія: сільськогосподарська техніка та енергетика. Київ, 2014. Випуск 196. Частина 3. Стор. 226-232.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А Розв'язання задачі оптимізації кутів атаки α та сходження β дисків ІПР у математичній програмі MathCAD 14

НУБІП УКРАЇНИ

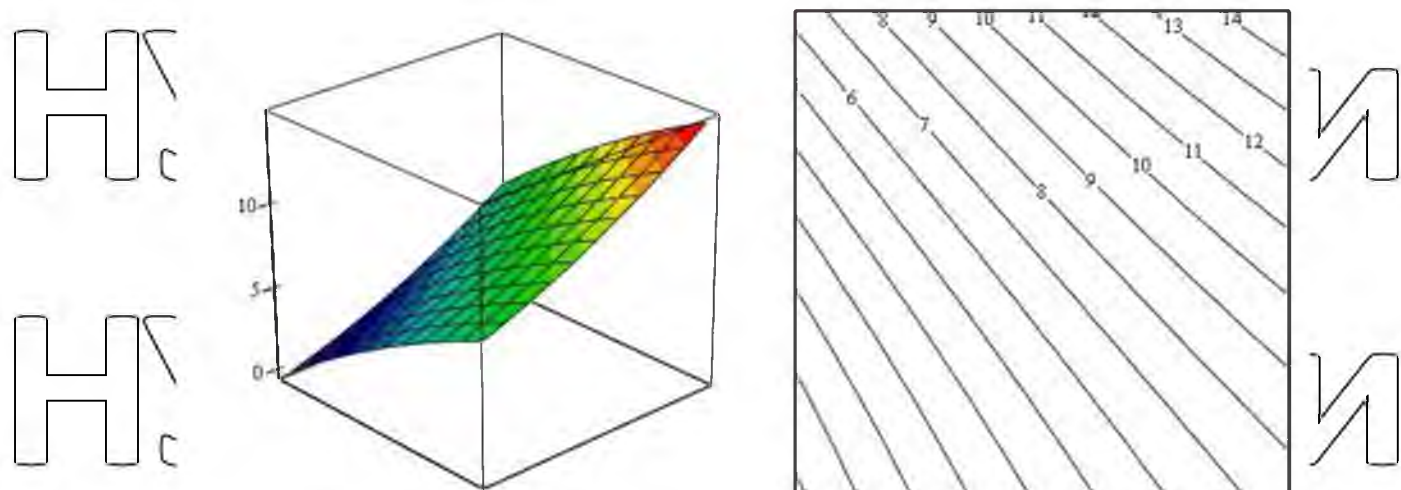
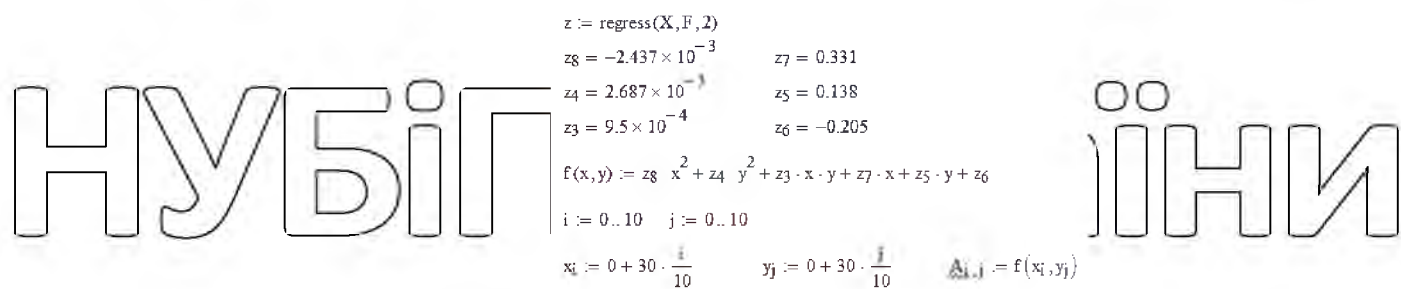
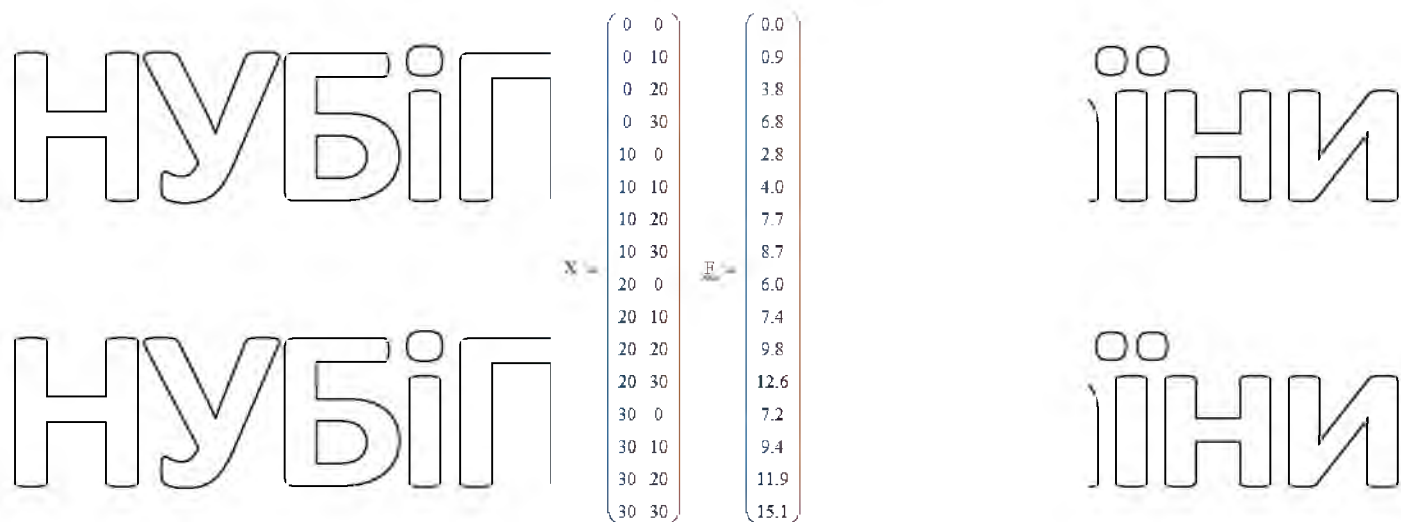


Рисунок А1 – Розв'язання задачі оптимізації кутів атаки α та β сходження дисків ІПР у математичній програмі MathCAD 14

НУБІП УКРАЇНИ

Додаток Б. Первинні експериментальні дані щодо дослідження
універсальної ґрунтообробної зброї

Таблиця Б.1 - Статистична оцінка даних, отриманих в експерименті з
вивчення впливу частоти обертання ротора УПО на
висоту конуса мікропідйому x_k , см

$\beta_A, 3^{-1}$	$I_{КС} \text{ Одружуєва}$	-.95%	0,95%	$D(x)$	σ
0,2	12,2	11,6	12,8	0,0037	0,061
0,4	17,0	16,5	17,4	0,0014	0,038
0,6	20,4	19,7	21,1	0,0055	0,074
0,8	22,4	21,7	23,1	0,0052	0,072
1.0	22,9	22,0	33,8	0,0081	0,090

Таблиця Б.2 – Статистична оцінка даних, отриманих у
експеримент з вивчення впливу частоти обертання ротора
УПО на неоднорідність висоти конуса мікропідйому ДХК,

$\beta_A, 3^{-1}$	$I_{КС} \text{ Одружуєва}$	-.95%	0,95%	$D(x)$	σ
0,2	7,8	7,3	8,3	0,0029	0,054
0,4	10,5	9,9	11,1	0,0037	0,061
0,6	13,1	12,5	13,6	0,0032	0,057
0,8	15,6	14,9	16,3	0,0052	0,072
1.0	18,0	17,3	18,7	0,0046	0,068

Таблиця Б.3 Статистична оцінка даних, отриманих в експерименті з вивчення впливу частоти обертання ротора УПО на енергоспоживання H , кВт

$\omega_A, \text{з}^{-1}$	$I_{\text{КС Одружува}}$	–95%	0,95%	$D(X)$	σ
0,2	1,37	1,35	1,39	0,0004	0,021
0,4	1,47	1,45	1,48	0,0002	0,013
0,6	1,62	1,60	1,64	0,0003	0,013
0,8	1,84	1,82	1,86	0,0004	0,020
1,0	2,13	2,11	2,15	0,0004	0,019

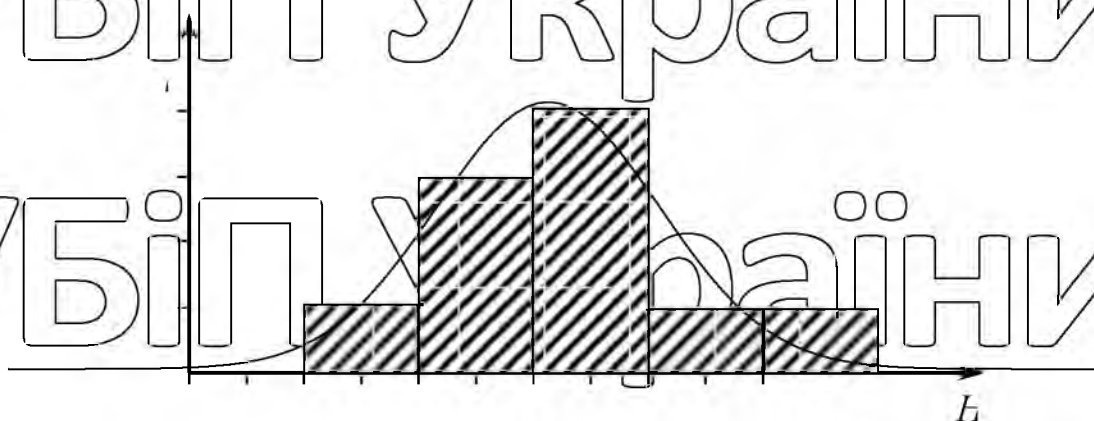


Рисунок Б.4 Приклад гістограми розподілу середньої потужності $p(N)$ для базових тренувальних експериментів

Додаток Б Приклад апроксимації даних багатовимірного експерименту в математичній програмі MathCAD 14

НУБІП УКРАЇНИ

```

НУ
НУ
X := (17.5 2)
      (17.5 6)
      (17.5 10)
      (22.5 2)
      (22.5 6)
      (22.5 10)
      (27.5 2)
      (27.5 6)
      (27.5 10)
F := (10.3)
      (17.2)
      (19.2)
      (10.9)
      (18.4)
      (21.2)
      (12.3)
      (20.6)
      (22.1)

```

```

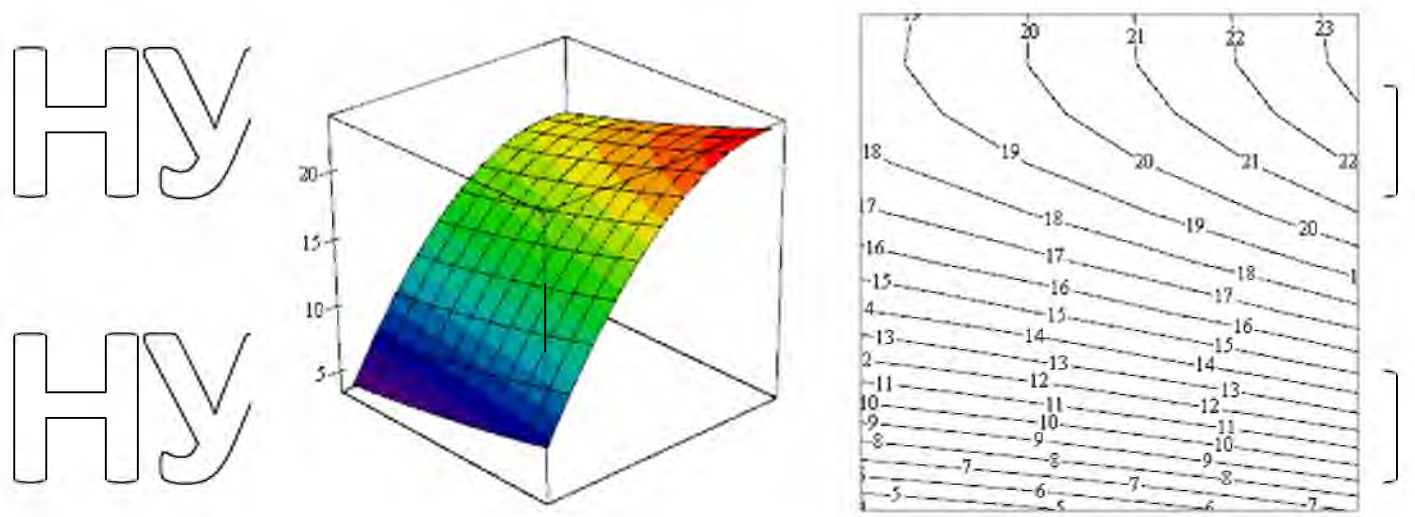
НУ
z := regress(X,F,2)
z8 = 4.667 × 10-3      z7 = -8.333 × 10-4
z4 = -0.171           z5 = 3.005
z3 = 0.011           z6 = 2.912

```

```

НУ
f(x,y) := z8 · x2 + z4 · y2 + z3 · x · y + z7 · x + z5 · y + z6
i := 0..10   j := 0..10
xi := 15 + 15 · i/10   yj := 0 + 10 · j/10   Δi,j := f(xi,yj)

```



НУБІП УКРАЇНИ

Малюнок Б.1 – Приклад апроксимації даних багатовимірного експерименту в математичній програмі MathCAD 14