

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ГУСАРОВ КИРИЛ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.41(477.7)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЕРТИКАЛЬНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ К. В. Гусаров

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Гусаров Кирил Володимирович. Удосконалення технологічного процесу вертикального обробітку ґрунту. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Кваліфікаційна робота спрямована на удосконалення та обґрунтування технологічного процесу вертикального обробітку ґрунту, розрахунок модернізованих активних ротаційних робочих органів ґрунтообробних машин, які покликані підвищити ефективність основного обробітку ґрунту, заробку рослинних та поживних решток з дотриманням агротехнічних вимог, та збереження структури і родючості ґрунту.

З метою покращити фізико-технологічні умови виробництва культур, в роботі вирішуються задачі, що направлені на зростання ефективності механічного обробітку ґрунту, шляхом використання принципово нових підходів дії робочих органів на ґрунтове середовище. Запропоновано нову технологічну схему процесу обробітку, з активним ротаційно-лопатеvim робочим органом.

Дослідження теоретично-практичного характеру доводять високу ефективність обробітку ґрунту запропонованими робочими органами. Проведено теоретичне обґрунтування конструктивно-технічних параметрів роторів лопатевого типу. Визначено графічні залежності та закономірності впливу умов роботи машини для вертикального обробітку від конструкційних параметрів ротаційно-лопатеvim робочих органів. Встановлено залежності між вхідними і вихідними значеннями параметрів, які впливають на якість та ефективність вертикального обробітку основного горизонту ґрунту.

Ключові слова: вертикальний обробіток ґрунту, ротаційний орган, конструкційні параметри, траєкторія руху, технологічний процес.

ANOTATION

Gusarov Kiril. Adequate technological process of vertical processing of the ground. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 Agroengineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Qualification work is aimed at improving and substantiating the technological process of vertical tillage, calculation of modernized active rotary working bodies of tillage machines, which are designed to increase the efficiency of basic tillage, earnings of crop and crop residues in compliance with agronomic requirements, and preservation of soil structure and preservation.

In order to improve the physical and technological conditions of crop production, the work solves problems aimed at increasing the efficiency of mechanical tillage, by using fundamentally new approaches to the action of working bodies on the soil environment. A new technological scheme of the processing process with an active rotary-blade working body is proposed. Studies of theoretical and practical nature prove the high efficiency of tillage by the proposed working bodies.

Theoretical substantiation of constructive and technical parameters of blades-type rotors is carried out. The graphic dependences and regularities of the influence of the working conditions of the machine for vertical cultivation on the design parameters of the rotary-blade working bodies are determined. The dependences between the input and output values of the parameters that affect the quality and efficiency of vertical tillage of the main soil horizon are established.

Key words: vertical tillage, rotary body, design parameters, trajectory, technological process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
1.1. Технологія вертикального обробітку ґрунту.....	7
1.2. Аналіз машин для проведення вертикального обробітку.....	10
Висновки до розділу 1.....	13
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
2.1. Обґрунтування параметрів робочих органів для вертикального обробітку ґрунту.....	14
2.2. Розрахунок конструкційно-кінематичних параметрів робочих органів.....	17
2.3. Технологічне обґрунтування діаметра дискового ножа.....	20
Висновки до розділу 2.....	21
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
3.1. Моделювання дії робочих органів роторно-лопатевого типу на масив ґрунту.....	22
Висновки до розділу 3.....	27
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	28
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Актуальність теми. Якість життя та добробут кожної людини на планеті залежить від стану навколишнього середовища. В останні десятиліття внаслідок інформаційного та технічного прориву використання природних ресурсів стає дедалі інтенсивнішим. Природа не встигає їх відновлювати. Особливо гостро ця проблема стоїть у галузі обробітку ґрунту. Тому розробка нових технічних засобів для виконання ресурсозберігаючих технологій стає дедалі актуальнішим.

Тривале застосування традиційних технологій у системі землеробства, які характеризуються інтенсивним впливом на ґрунт, зробило негативний вплив на клімат нашої планети. При такій обробці неминує виникає водна та вітрова ерозія. Вибуття ґрунтів з обороту з цієї причини загрожує екологічною катастрофою для людства. Традиційні технології обробки ґрунту передбачають використання цілого комплексу ґрунтообробної техніки з його численними проходами по полю, внаслідок чого спостерігається зниження родючості, переуцільнення ґрунтових шарів, та в результаті нераціональне застосування ресурсів виробництва загалом [1,2,3]. В умовах складної економічної ситуації сучасному виробнику сільськогосподарської продукції часто доводиться робити вибір між зниженням собівартості продукції та ефективним використанням природних ресурсів. Знизити негативний вплив для довкілля та одночасно зменшити витрати на виробництво продукції можуть допомогти ресурсозберігаючі технології.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу вертикального глибокого обробітку ґрунту за рахунок оптимізації конструкційних параметрів робочого органу для його виконання.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз існуючих технічних засобів для вертикального обробітку ґрунту.

2. Обґрунтувати технологічний процес та робочу схему ротаційно-лопатевого органу для вертикального обробітку ґрунту.

3. Отримати закономірності, що розкривають взаємозв'язок параметрів пропонованого робочого органу для вертикального обробітку ґрунту з показниками технологічного процесу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес робочого органу для вертикального обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструкційних параметрів робочого органу для вертикального обробітку ґрунту з фізико-механічними та технологічними показниками роботи.

Методи виконання роботи. Робота виконувались із використанням методів механіко-математичного моделювання, теорії руху матеріалів по робочих поверхнях, числові методи розв'язку задач із застосуванням ЕОМ.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Гусаров К. В. Переваги технології вертикального обробітку ґрунту / К.В Гусаров, М. Л. Заєць // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 52-55.
2. Заєць М. Л. Обґрунтування параметрів робочих органів для вертикального обробітку ґрунту / М. Л. Заєць, К. В Гусаров // *Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021»*. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 34-39.
3. Заєць М.Л. Вертикальний обробіток ґрунту як запорука отримання високих врожаїв / М. Л. Заєць, К. В Гусаров //Зб. Тез *VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* Ж.: ЖАТК, 2021. С.151-154.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменування. Загальний обсяг роботи становить 30 сторінок комп'ютерного тексту, 16 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

1.1. Технологія вертикального обробітку ґрунту

Вертикальний обробіток ґрунту – одна з найперспективніших технологій обробітку, вперше була використана фермерами зі США та Канади. Місцеві фермери постійно стикалися з проблемою переуцільнення ґрунту, а відтак – втратою потенційного врожаю. Структура ґрунту, після застосування лемішно-полицевої техніки нагадує листковий пиріг, де шари родючого ґрунту чергуються з твердими, переуцільненими шарами, які практично не здоланні для сільськогосподарських рослин. Коренева система висіяних культур на такому ґрунті, стикаючись із уцільненням, починає розвиватися в сторони, а не вглибину, таким чином порушується нормальний розвиток рослин, зменшується здатність поглинати вологу та поживні речовини речовини[1, с. 12].

Схема нормального кругообігу вологи в ґрунті має наступний вигляд: Опади, що випали, проходять у верхні шари ґрунту і допомагають засвоювати поживні елементи рослинами. Пізніше вони потрапляють у глибші нижні шари і поєднуються з підземною вологою. Таким чином створюється повністю вологе та насичене повітрям середовище, сприятливе для біоти (організми, які забезпечують родючість ґрунту). Коренева система рослин вільно отримує і засвоює необхідні речовини, що в результаті позитивно позначається на врожайності. Якщо кількість опадів недостатня, рослина реагує на це і розвиває кореневу систему вглиб, у пошуках вологи у нижніх шарах. Уцільнення ґрунту порушує таку схему, створюючи таким чином нездоланні перешкоди як для корневих систем, так і для води. Проблема полягає в тому, що вся атмосферна волога накопичується у верхніх шарах і дуже швидко втрачається випаровуючись. Коренева система не може проникнути через уцільнення до підземної вологи, яка, у свою чергу, не потрапляє нагору. Звичайно, без доступу

вологи та повітря та при уповільненому розкладанні рослинних поживних решток у ґрунті, при цьому знижується родючість ґрунту. Всі ці аргументи пояснюють швидкий розвиток технологій вертикального обробки ґрунту спочатку в США та Канаді, а через деякий час і в інших країнах світу, в Україні зокрема[1,2].

Завдяки технології вертикального обробки ґрунту вдалося створити вертикальні розломи та тріщини у ґрунті, через які покращується проникнення достатньої кількості вологи та повітря у нижні горизонти. Формується ґрунт з хорошою розпушеною структурою, в якій всі процеси природні і, таким чином, створюють ідеальні умови для розвитку кореневої системи культурних рослин.

Проводиться оптимальне подрібнення поживних решток і зростає кількість поживних речовин для рослин у ґрунті. Досягається створення продуктивного посівного горизонту в ґрунті[1,2,4].

Принцип роботи пристрою вертикальної обробки ґрунту показано на рис.1.1.

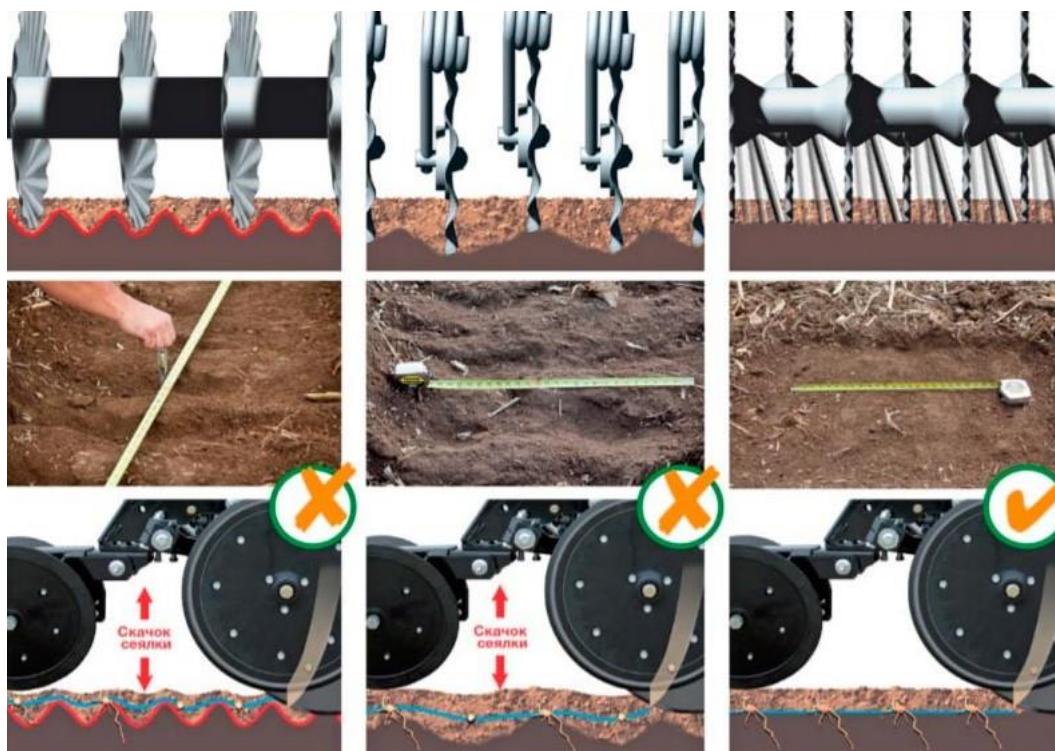


Рис.1.1. Робочі органи машин для проведення вертикального обробки

Як правило машини обладнані дисковими робочими органами, які не мають, або майже не мають, кута атаки та їх розташування вертикально щодо поверхні, що обробляється. Саме це дозволяє не зрізати верхній шар ґрунту, а робити, правильну за технікою, вертикальну обробку з подрібненням та перемішуванням поживних залишків із ґрунтом. Також цьому сприяє специфічна форма дисків зі спеціальними вигинами (захоплюють, потім зрізають поживні залишки до потрібної глибини). Точність дії здійснюється налаштуванням кута атаки дискових батарей від 1° (максимальне утримання поживних залишків) до 5° (максимальне переміщення ґрунту з поживними залишками). Ця дозволяє досягти необхідної структури ґрунту у разі проведення вертикального обробітку.

Даний тип машин, дозволяє забезпечити однакову робочу глибину по всій ширині захвату агрегату при постійному гідравлічному тиску, який створюється трактором з метою послідовного подрібнення решток, такі машини виключають необхідність встановлення додаткового довантаження.

Машини для вертикального обробітку ґрунту, як правило, мають два ряди робочих органів, це дозволяє забезпечити якісне розрізання рослинних решток та перемішування їх з ґрунтом. Така компоновка встановлення робочих органів гарантує дотримання однакової глибини без ущільнення посівної площі[2,4,5].

Перфораційні диски машин інтенсивно перемішують ґрунт та поживні рештки, подрібнюють великі грудки, а також зберігають рослинні поживні залишки на поверхні. Це дозволяє захистити ґрунт від вітрової та водної ерозії, забезпечити швидке розкладання решток і покращити родючість ґрунту. На завершення використовується коткування, що зменшує випаровування вологи та вирівнює поверхню. В результаті отримуємо знищення ущільнень ґрунту, формування нормальної структури ґрунту, забезпечення кореневої системи рослин вологою та збільшення ефективності споживання ними корисних

речовин, прискорення розкладання поживних залишків, становлення ідеального посівного горизонту.

Необхідно відмітити: яка б не була ідеальна та досконала сучасна технологія, конструкція машин та знарядь, досягти результату можна лише за правильного та регулярного застосування системи. Варто зрозуміти: це цілий алгоритм, а не одна дія[1-4].

1.2. Аналіз машин для проведення вертикального обробітку

Агрегати для вертикального обробітку ґрунту є єдиними у своєму роді знаряддям, які здатні ефективно подрібнити поживні залишки, змішувати їх з ґрунтом і рівномірно вирівнювати поверхню поля, формуючи рівне і однорідне насінневий горизонт.

Перевагами вертикального обробітку ґрунту є:

- Подрібнення поживних залишків і ретельне змішування їх із ґрунтом.
- Знищення дрібних бур'янів.
- Руйнування кірки на поверхні ґрунту та усунення ущільнень у підповерхневому шарі.

Зменшення витрат:

- Завдяки своїй конструкції агрегати не потребують великої тягової потужності, що дозволяє використовувати його з більшою робочою швидкістю без перевитрат пального.
- У результаті робота з подрібнення та заробки поживних решток має економічний характер[1,4] (рис. 1.2).

Середній розхід палива в залежності від типу використовуваного агрегату

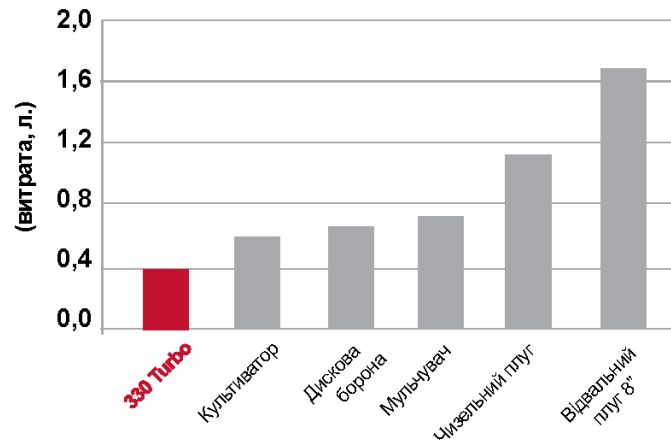


Рис. 1.2. Середня витрата палива в порівнянні за типами агрегатів

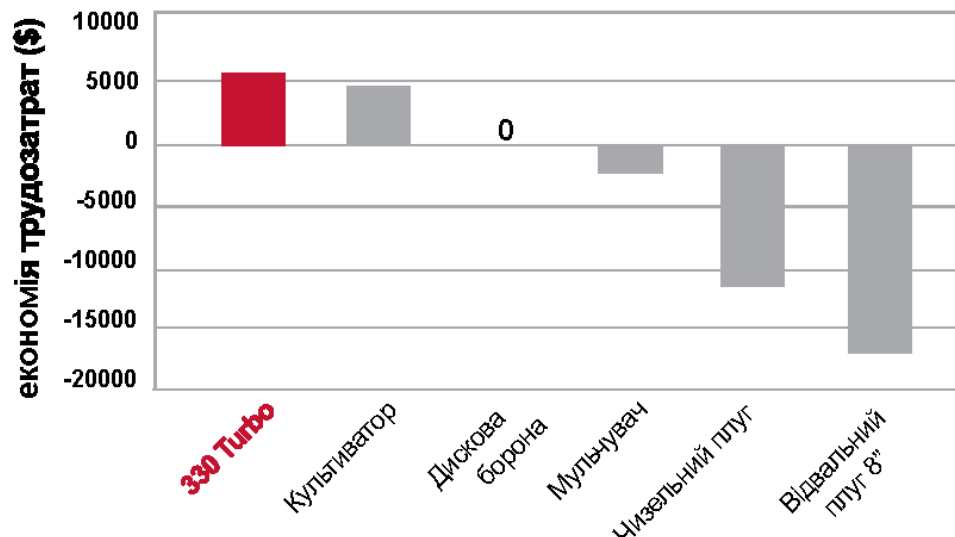


Рис. 1.3. Економічна ефективність роботи знаряддя для вертикального обробітку в порівнянні з іншими машинами

Робочі органи True-Tandem 330 Turbo перерізають майже всі стеблові рештки за один робочий цикл, не маючи пропусків навіть по колії рухів збиральних та енергетичних машин. Даний вид машин добре обробляють поля після кукурудзи, що досить проблематично, в силу природньої міцності її стебел, а це пришвидшує процес перегнивання решток та приєє розвитку мікрофлори [1,4] (рис. 1.4.).



1
Подрібнення залишків кукурудзи під час
весняно-польових робіт.



2
Усування ущільнень ґрунту і кірки на його
поверхні.

Рис. 1.4. Поле під час обробітку

Робочі органи відмінно справляються і зі зрізанням шкідників та бур'янів, з низькою ймовірністю забивання робочих дисків. Вони знищують сходи бур'янів разом з корінням на поверхні ґрунту. Вони також добре вирівнюють горизонт ґрунту для рівномірної сівби насіння. Якісне вирівнювання також сприяє рівномірній появі сходів[1,4] (рис. 1.5.).



3



4

Рис. 1.5. Площа до та після обробітку агрегатом True-Tandem 330 Turbo

В силу розроблено компоновки та розміщення робочих елементів машина для вертикального обробітку ґрунту True-Tandem 330 Turbo є

високопродуктивним агрегатом при мінімальних питомих енергетичних показниках роботи.

Завдяки потужній рамі, тандемним рушіям на центральній і бічних секціях, які змонтовані на роликівих підшипниках та перфорованим дискам, що дає змогу даній машині з висою ефективністю проводити обробіток ґрунту. Прикочуючі котки, зі спіралью встановленими планками з плоским профілем добре проводять вирівнювання поверхні, і в силу конструкції не встановлено осьовий вал, що є перевагою перед іншими і дозволяє виконати умову не забивання ґрунтом та рослинними рештками[1-5].

Висновки до розділу 1

Використовуючи технологію вертикального обробітку ґрунту, яка дає можливість створити вертикальні розломи та тріщини у ґрунті, що покращує водний баланс ґрунту. Сформувані ґрунт з хорошою гранулометричною структурою, та створити близькі до ідеальних умови для росту і розвитку кореневої системи культурних рослин. Проводиться оптимальне подрібнення поживних решток і зростає кількість поживних речовин для рослин у ґрунті. Досягається створення продуктивного посівного горизонту в ґрунті.

Машини для вертикального обробітку ґрунту, дозволяють забезпечити однакову робочу глибину по всій ширині захвату агрегату при постійному гідравлічному тиску, такі машини виключають необхідність встановлення додаткового довантаження, що зменшує питомі енергетичні витрати при експлуатації. Машини, як правило, мають два ряди робочих органів, це дозволяє забезпечити якісне розрізання рослинних решток та перемішування їх з ґрунтом. Така компоновка встановлення робочих органів гарантує дотримання однакової глибини без ущільнення посівної площі.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1. Обґрунтування параметрів робочих органів для вертикального обробітку ґрунту

Система вертикального обробітку ґрунту забезпечує високу якість обробітку поверхневого шару ґрунту, шляхом комбінації різних процесів, таких як різання стебел та ефективне перемішування з ґрунтом, подрібнення, та вирівнювання. Основною перевагою вертикального обробітку є якісне перерізання пожнивних решток і аерація з ґрунтом без зміни його структури зоні посівного горизонту. Застосувавши запропоновані ножі-ротори для вертикально-лопатевого обробітку, маємо змогу руйнувати не структуру ґрунту, а стеблорісткову фракцію пожнивних решток та ефективно їх перемішувати, що сприяє швидкому розкладанню та створенню сприятливих біологічних умов. В процесі зябового обробітку ми досягнемо своєї мети у підготовці посівного горизонту ґрунту навіть за наявності значної кількості решток, за рахунок активного перемішування та різання.

Захоплення і подрібнення: ротаційні вертикальні ножі (вертикальний обробіток), завдяки своїй унікальній зубчастій формі, захоплюють і подрібнюють рослинні рештки до розмірів, які легко подолають сошники сівалки. Ця модернізована конструкція з 6 ножами-лопаттями без особливих зусиль розрізає масив ґрунту, створюючи при цьому сприятливий гранулометричний стан посівного ложе (рис. 2.1.). Завдяки приводу робочих органів від валу відбору потужності та обертання в напрямку руху агрегату, використовується частина потужності приводу ВВП для ефекту “підштовхування” машино-тракторного агрегату, тим самим знижуючи використання тягового зусилля трактора.



Рис. 2.1. Ротаційний робочий орган вертикального обробітку

Розрізання і переміщення: Під час цього високошвидкісного процесу батареї ротаційних ножів (відстань встановлення 200 мм) обробляють максимальний об'єм ґрунту з мінімальною глибиною, при цьому за рахунок високого показника режиму роботи не створюють гребнистість поверхні та дна горизонту. Зінний кутівий параметр входження в ґрунт дає можливість зміщувати масив зі збереженням більшої кількості решток на поверхні поля.

Нова конфігураційна компоновка робочого органу ротаційно-лопатевого типу з високою інтенсивністю проводить перемішування та створення мульчі, руйнують склепіння, та переміщують стеблові пожнивні рештки на поверхню поля, що дозволяє зберегти дорогоцінну вологу (рис. 2.2.).

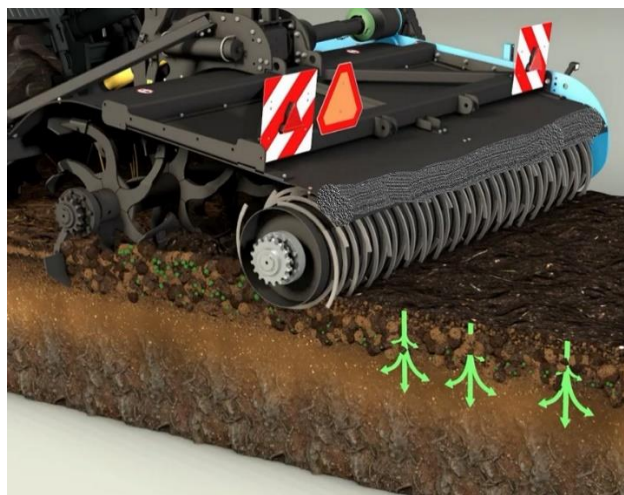


Рис. 2.2. Моделювання робочого процесу ротаційного лопаті в ґрунті

Розбивання й ущільнення: проводиться спіралевидним посилений котком, який призначений для вирівнювання та подрібнення грудок утворених робочими органами.

Дно робочої зони в процесі роботи в порівнянні з плужним обробітком рельєфне тому покращується водний та повітряний режим (рис. 2.3.)

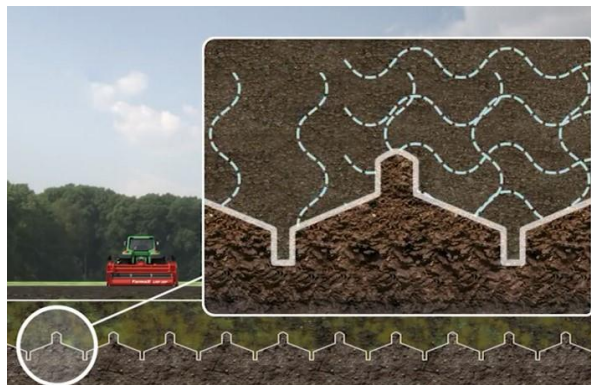


Рис. 2.3. Мікрорельєф дна борозни при вертикальному та плужному обробітку

Роторно-лопатеві робочі органи – це знаряддя, які за рахунок відділення стружки від масиву ґрунту, удару її об ґрунтову решітку та кожух забезпечують інтенсивне розпушення і перемішування ґрунту. Робочими органами таких машин найчастіше бувають ножі, а іноді гачки та долота, закріплені на барабані або валу. У переважній більшості ножі здійснюють колові рухи, при цьому в різні

моменти часу ніж розміщується під різним кутом до горизонту. В результаті цього не завжди кут різання відповідає найменшій витраті енергії.

2.2. Розрахунок конструкційно-кінематичних параметрів робочих органів

Роторно-лопатевий робочий орган здійснює складний рух, який складається із відносного (обертання навколо власної осі) та переносний) лінійна швидкість МТА. Траєкторія руху точки лопатки ротора буде мати форму циклоїди[12, с. 29.]. Проаналізуємо рух точки A кінця лопатки ротора (рис. 2.4.). При русі через час t вісь обертання вала переміститься в точку O_1 , на відстань $V \times t$, а вал обернеться на кут $\omega \times t$, де V – робоча швидкість машини; ω – кутова швидкість вала. Тоді A переміститься в A_1 , і матиме наступні координати:

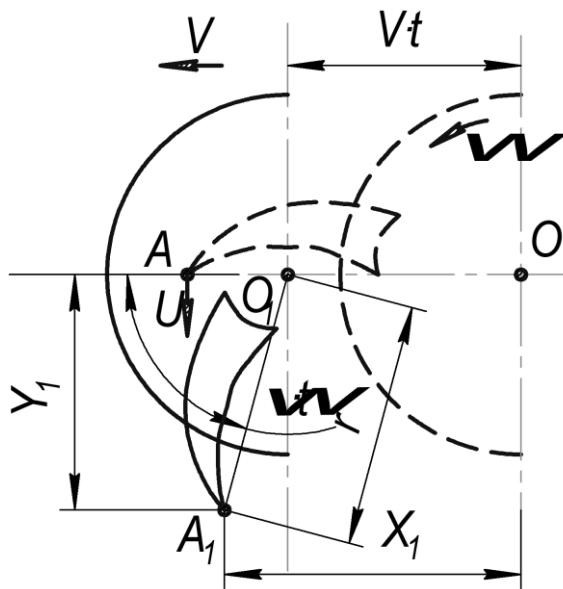


Рис. 2.4. Схема руху лопаті ротора

$$\begin{cases} X_1 = V \cdot t + r \cdot \cos(\omega \cdot t); \\ Y_1 = r \cdot \sin(\omega \cdot t). \end{cases} \quad (2.1)$$

Дана параметрична система рівнянь описує траєкторію абсолютного руху лопаті ротора. Точно таку траєкторію будуть мати інші точки лопаті, оскільки вони рухаються плоско-паралельно. Геометрична крива траєкторії руху лопаті ротора є циклоїда першого порядку і форма її буде залежати кінематичного

показника режиму роботи, який можна визначити [11, с. 127.]:

$$\lambda = \frac{U}{V}, \quad (2.2)$$

де U – колова швидкість лопаті ротора, м/с;

V – робоча швидкість машини, м/с.

Дане відношення швидкосте визначає кінематичний режим роботи, який є основною характеристикою роторних машин. Якщо $\lambda < 1$, то траєкторія точки A лопаті буде рухатись по циклоїді без петлі (рис. 2.5, б), у випадку $\lambda > 1$, то рух буде петльовий (рис. 2.5., а). для нашого випадку повинно бути, $\lambda > 1$, оскільки нам потрібно отримати рівний посівний горизонт поля, щоб ніж відрізав ґрунт лезом лопаті, а не тильною стороною.



Рис. 2.5. Траєкторія точки леза лопаті ротора

Виконання технологічного процесу машини характеризується наступними параметрами (рис. 2.6): S_z – подача на лезо лопаті, a – глибина рихлення, h – допустима висота гребенів.

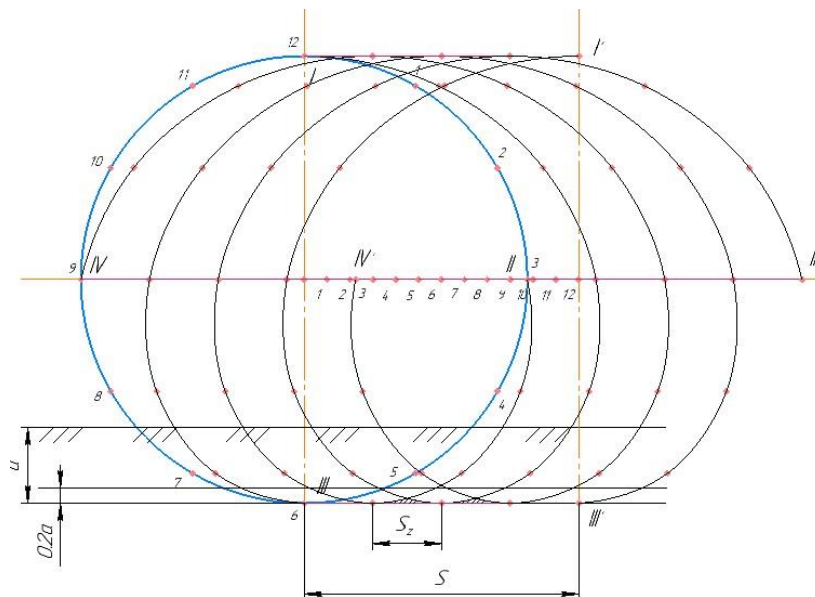


Рис. 2.6. Технологічний аналіз лопаті ротаційного робочого органу

Подачу на лезо лопаті S_z визначимо з виразу [11, с. 128.]:

$$S_z = V \cdot t_z, \quad (2.3)$$

де t_z – час, переміщення лопаті у відносному русі на місце попередньої лопаті, тобто обертання на центральний кут між ними.

Підставивши значення $\lambda = U/V$ у (2.3) отримаємо:

$$S_z = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{Z \cdot \lambda}. \quad (2.4)$$

З виразу (2.4) зрозуміло за рахунок конструкційних та кінематичних параметрів можна регулювати подачу на лезо ротора, а також ступінь кришіння ґрунту, оскільки товщина ґрунту, що відрізає лопать S , впливає на ступінь подрібнення та перемішування решток, пропорційно впливає подача S_z . Товщину смуги що максимально можна відрізати лезом ротора визначимо з виразу [12, с. 232.]::

$$\delta_{max} = S_z \cdot \cos \varphi_0. \quad (2.5)$$

Оскільки окрім подачі на лезо на режим подрібнення і різання впливають конструктивні параметри лопатевого ротора, то товщину смуги можна визначити за формулою [14, с. 56.]::

$$\delta_{max} = S_z \cdot \sqrt{2 \cdot m - m^2}, \quad (2.6)$$

де $m = \frac{a}{r}$ - конструктивний коефіцієнт роторних робочих органів.

a – глибина обробітку, м;

r – радіус ротора, м.

Аналізуючи залежність (2.6) можемо стверджувати, що при постійній подачі на лезо лопаті S_z та варіюванні глибини обробітку a можемо керувати технологічним показником ступенем розпушування та перемішування ґрунту. Товщина смуги, яку відрізає лезо, величина непостійна, тому при конструктивних розрахунках необхідно приймати максимальне її значення.

Висоту гребенів, які утворюються на дні горизонту глибини обробітку h_z можна знайти з виразу [14, с. 58.]:

$$h_z = r \left(1 - \cos \left(\frac{\pi}{Z(\lambda - 1)} \right) \right). \quad (2.7)$$

Аналізуючи математичну модель (2.7), бачимо, що висота гребенів залежить від аналогічних параметрів, що і подача, тобто при зниженні подачі на лезо ротора, можемо нівелювати таке негативне явище, як гребнистість дна борозни.

2.3. Технологічне обґрунтування діаметра дискового ножа

Дотримання технологічного процесу розпушування ґрунту досліджуваним робочим органом визначається діаметром лопатевого робочого органу. Діаметр ротора задамо виходячи з умов забезпечення необхідних параметрів зони розпушування за максимальної глибини обробітку та враховуючи умову незабивання в результаті роботи [12, с. 126]. Максимальну глибину обробітку ротора можна визначити з умов критичної глибини розпушування, рівної робочій ширині захвату. Згідно з дослідженнями, критична глибина розпушування $h_{кр}$ для леза шириною $b_{лез} = 50$ мм дорівнює 0,35 м, що підтверджують теоретичні дослідження [14, с. 53]. Приймаючи кут деформації 45 градусів (для зручності розрахунків), максимальну глибину h_p роботи дисків можна визначити з виразу [14, с. 54]:

$$h_p = h_{кр} - \frac{b - b_{лез}}{2}, \quad (2.8)$$

де b – робоча ширина захвату, м.

Підставляючи відомі значення вираз (2.8), отримуємо для прийнятої ширини смуги, що обробляється $b = 0,25$ м, $h_p = 0,27$ м. При ширині смуги, що обробляється 0,35 м, $h_p = 0,22$ м. Як відомо, ступінь розпушення ґрунту - це зменшення об'ємної маси ґрунту в результаті обробітку. Цей показник виражається відношенням товщини оброблюваного шару ґрунту після обробітку

до товщини того ж шару ґрунту до нього. Виміри у процесі польових дослідів показали, що розпушення ґрунту дорівнює 18 – 22%, що відповідає дослідженням авторів [2,14]. Враховуючи максимальне значення розпушення ґрунту, максимальну глибину занурення дисків h_p потрібно збільшити на цю величину, тобто, робоча глибина ротора з урахуванням розпушення ґрунту h_p дорівнюватиме:

$$h_p = 1,22 \cdot \left(h_{кр} - \frac{b - b_{лез}}{2} \right), \quad (2.9)$$

Діаметр диска D_p визначається розміром h_p , у тому числі з урахуванням розпушення ґрунту та радіусу осі роторів R_0 , тобто.

$$D_p = 2(h_p + R_0), \quad (2.10)$$

Підставивши значення з виразу 2.9, отримаємо:

$$D_p = 2.4 \left(h_{кр} + R_0 - \frac{b - b_{лез}}{2} \right). \quad (2.11)$$

Підставляючи отримані дані і приймаючи, що радіус осі роторів дорівнює 150 мм. діаметр лопатевого ротора D_p повинен бути приблизно 690 мм.

Висновки до розділу 2

1. Проведено технологічний аналіз руху лопатевого ротора машини, встановлено крива траєкторії руху лопаті ротора є циклоїда першого порядку і форма її буде залежати кінематичного показника режиму роботи, подачу ґрунту на лезо лопаті $S = 0.1$ м та допустиму висоту гребенів $[h_{гр}] = 0,022$ м.
2. Визначено ширину смуги, що обробляється лопатевим ротором $b = 0,35$ м, при теретичній глибині обробітку $h_p = 0,22$ м. Визначено радіус осі роторів дорівнює 150 мм. діаметр лопатевого ротора D_p повинен бути приблизно 690 мм.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1. Моделювання дії робочих органів роторно-лопатевого типу на масив ґрунту

Для оцінки інтенсивності впливу робочих органів роторно-лопатевого типу на масив ґрунту при різних режимах їх використання приймемо ряд припущень: швидкість руху агрегату постійна; ґрунт має властивість не стисливості; розпушування ґрунту відбувається тільки від леза лапи робочого органу в зоні до критичної глибини розпушування як зони деформації; витіснення ґрунту відбувається у вигляді циліндра з основою конуса зони деформації; об'єм витісненого робочим органом ґрунту прямопропорційний об'єму конуса зони деформації від лопаті. Форму конуса зони деформації ґрунту можна подати у вигляді перевернутої піраміди, що складається з конуса з площею основи S_k і піраміди з площею основи S_{Π} і з гранню вершини, що дорівнює величині ширини леза $b_{\text{лез}}$ (рис 3.1.).

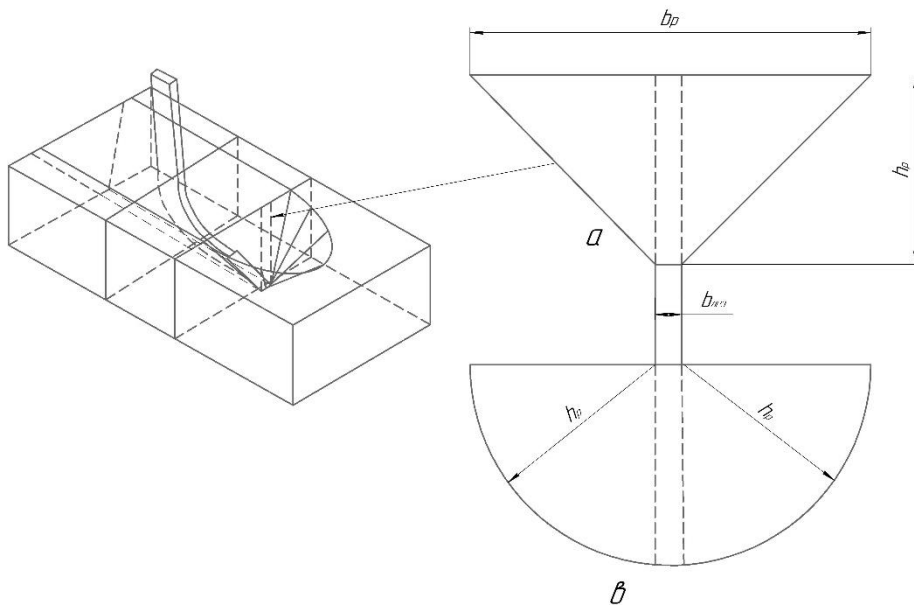


Рис. 3.1. Схема конуса деформації ґрунту від леза лапи ротора

а) проекція конуса деформації ґрунту у поперечно-вертикальній площині;

б) проекція основи піраміди конуса деформації ґрунту на поздовжньо-горизонтальній площині.

Відповідно об'єми кожної з фігур визначаються за формулами:

$$\text{Об'єм конуса} \quad V_{\kappa} = \frac{1}{3} h_p \cdot S_{\kappa}, \quad (3.1)$$

$$\text{Об'єм піраміди} \quad V_n = \frac{1}{2} h_p S_n. \quad (3.2)$$

Тоді загальний об'єм конуса деформації визначимо з виразу:

$$V_{\kappa_d} = \frac{1}{6} h_p (2S_{\kappa} + 3S_{\Pi}). \quad (3.3)$$

Виразимо площу верхньої основи S_{κ} конуса деформації, через радіус, що дорівнює робочій глибині обробітку h_p (рис.3.1):

$$S_{\kappa} = \frac{\pi \cdot h_p^2}{2}. \quad (3.4)$$

Аналогічно, площа S_{Π} верхньої основи піраміди конуса деформації являє собою прямокутник зі сторонами рівними ширині леза лапи і довжині сторони, що відповідає радіусу конуса деформації, тобто глибині обробітку h_p .

тобто

$$S_{\Pi} = b \cdot h_p. \quad (3.5)$$

Підставивши вирази 3.5 та 3.4 у формулу 3.3, отримаємо:

$$V_{\kappa_d} = \frac{1}{6} h_p (\pi \cdot h_p^2 + b \cdot h_p). \quad (3.6)$$

Після перетворення отримаємо формулу для визначення об'єму ґрунту, що деформується, від леза лопаті:

$$V_{\kappa_d} = \frac{1}{6} h_p^2 (\pi \cdot h_p + 3b) \quad (3.7)$$

З урахуванням прийнятих припущень, величину додаткового об'єму ґрунту, можна визначити за виразом:

$$V_{PG} = V_{K_d} \cdot K - V_{K_d} = V_{K_d} (K - 1), \quad (3.8)$$

де K – коефіцієнт щільності ґрунту до обробітку (K_d) і після нього (K_p),
тоді $K = \frac{K_d}{K_p}$.

Від деформації утворюється розпушений пласт ґрунту у вигляді конуса з площею основи, тобто сумі формул (3.4) і (3.5) звідки:

$$S_{PI} = S_{K_d} = \frac{\pi \cdot h_p^2}{2} + bh_p. \quad (3.9)$$

Відповідно, додатковий об'єм розпушеного ґрунту від лопаті, з урахуванням висоти підйому циліндра h_b з основою конуса верхнього шару розпушеного ґрунту (рис. 3.2.), у першому наближенні, можна визначити за формулою:

$$V_{PG} = h_b \cdot S_{PI}, \quad (3.10)$$

Підставимо площу розпушеного ґрунту з (3.9) і отримаємо:

$$V_{PG} = h_b \frac{h_p (\pi h_p + 2b)}{2}, \quad (3.11)$$

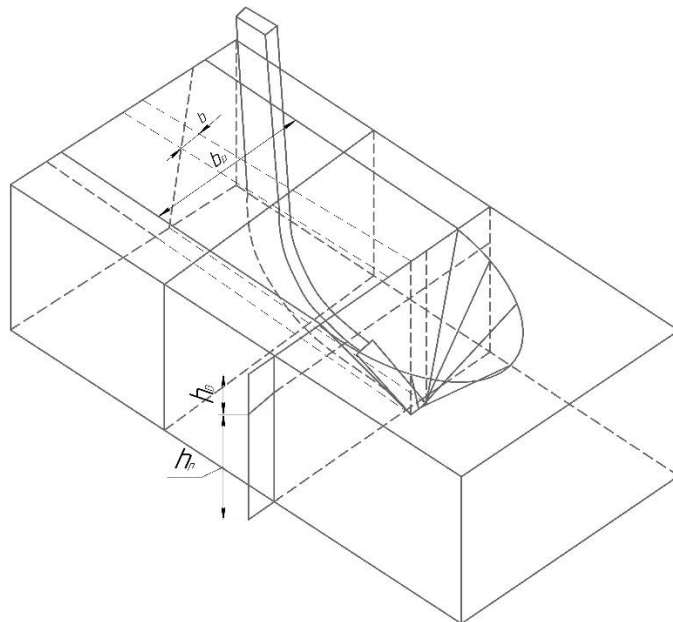


Рис. 3.2. Схема до визначення ступеню розпушення оброблюваного шару ґрунту

Враховуючи (3.7), (3.8) і (3.11) запишемо формулу для визначення висоти шару розпушеного ґрунту $h_{рг}$ для лопатевого ротора, за технологічним процесом вертикального обробітку ґрунту:

$$h_{pe} = \frac{1}{3} h_p (K - 1) \cdot \frac{\pi h_p + 3b}{\pi h_p + 2b} \quad (3.12)$$

З рівняння (3.12) видно, що величина розпушення ґрунту залежить від зміни коефіцієнта щільності ґрунту, глибини обробітку та ширини леза лопаті. На (рис. 3.3.) представлена теоретична залежність зміни висоти шару розпушеного ґрунту у відносній зміні параметрів глибини обробітку h_p , ширини леза b та коефіцієнта зміни щільності ґрунту K . Для оцінки інтенсивності впливу досліджуваного робочого органу [14. с.111] необхідно врахувати обмеження обсягу деформації ґрунту сусідніми роторами (рис. 3.4.). Вони зменшують об'єм деформації ґрунту на величину сегмента, об'єм V_c якого в першому наближенні можна визначити виразом:

$$V_c = \frac{1}{3} h_c \cdot S_c, \quad (3.13)$$

де h_c - глибина (висота) обрізу сегмента;

S_c – площа основи сегмента.

Глибину (висоту) обрізки сегмента h_c , з урахуванням раніше прийнятого припущення, що кут деформації ґрунту дорівнює 45° , задаючись відстанню встановлення роторів B_p , що обмежують один одному ширину смуги деформації від леза лопаті b , визначаємо за формулою:

$$h_c = \frac{b - B_p}{2}. \quad (3.14)$$

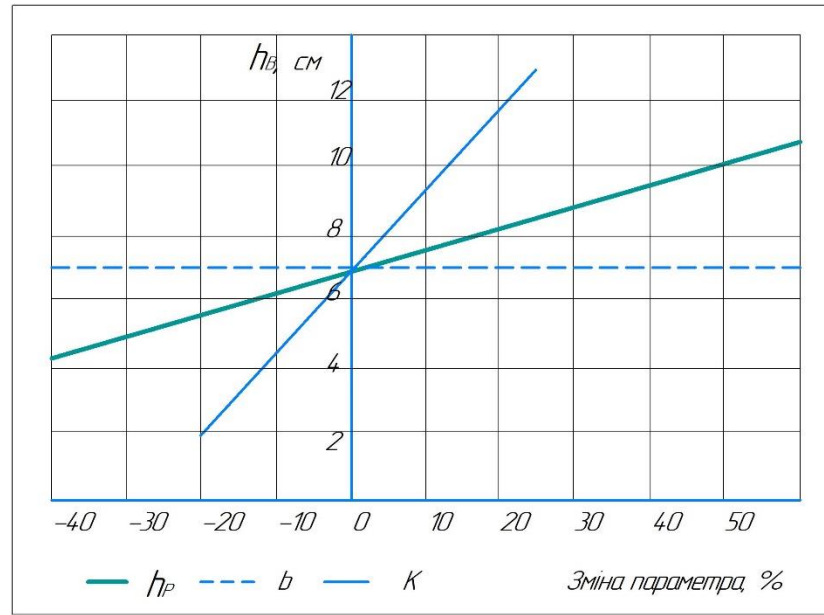


Рис. 3.3. Залежність висоти шару розпушеного ґрунту від відносної зміни параметрів глибини обробітку, ширини леза лопаті і коефіцієнта зміни щільності ґрунту (при $h_p = 25$ см., $b_{\text{лез}} = 5$ см. і $K = 1,39$)

На рис. 3.4. представлені теоретичні залежності висоти шару $h_{\text{рг}}$ розпушеного ґрунту для лопатевого робочого органу, що розпушує ґрунт по технологічному процесу вертикального обробітку, і висоти шару h_b розпушеного ґрунту для чизеля, що розпушує ґрунт за смуговим технологічним процесом.

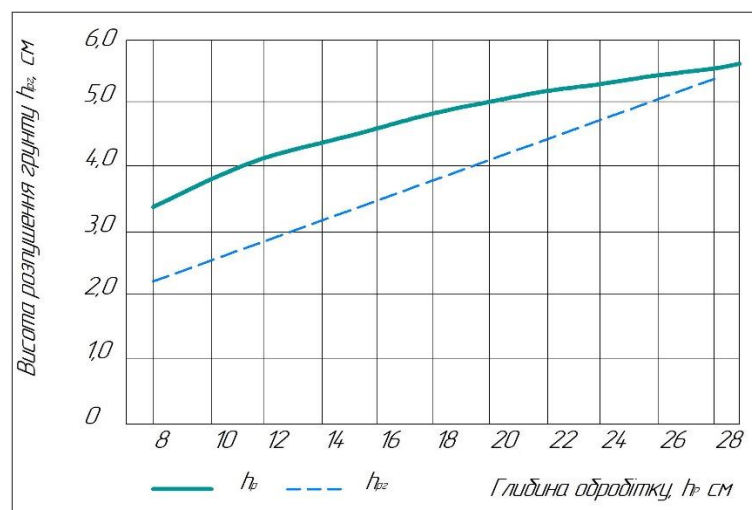


Рис. 3.4. Залежність висоти шару розпушення ґрунту від глибини розпушування для лопатевого ротора при вертикальному обробітку h_p та чизеля, що працює за технологією стриптил h_{ps} (при $h_p = 25$ см, і $B_{\text{рг}} = 25$ см).

На рисунку (3.5.) представлена теоретична залежність відносного збільшення Δh_s підйому пласта від глибини обробки ґрунту h_p за рахунок обрізання конуса деформації ґрунту лопатями ротора та при чизелюванні за технологією стріптіл.

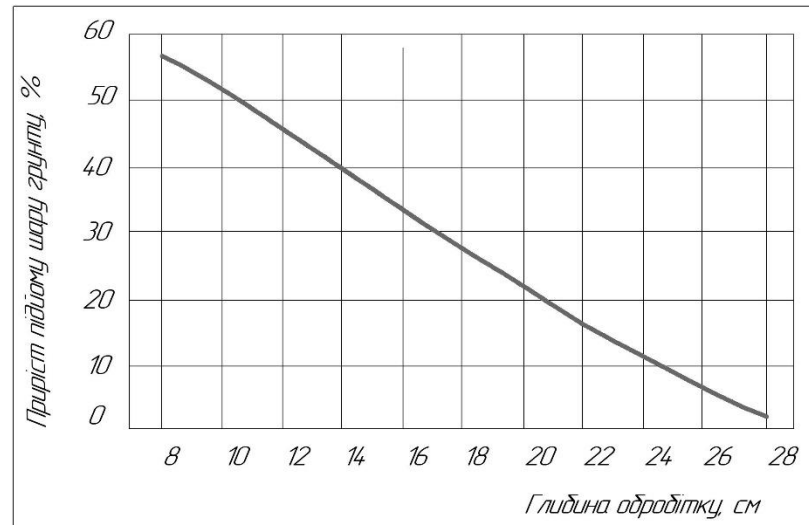


Рис. 3.5. Залежність відносного збільшення підйому ґрунту від глибини обробки

З графічних залежностей (рис. 3.4, 3.5.) випливає, що ротаційно-лопатевий робочий орган за технологією вертикального обробітку забезпечує підвищення розпушування та покращення водного режиму ґрунту родючого горизонту.

Висновки до розділу 3

Таким чином, запропоноване конструктивне рішення дозволяє за рахунок більш ефективного використання енергії, що витрачається, підвищити якість кришіння та розпушення ґрунту. Робота даним робочим органом дозволить збільшити здатність ґрунтового горизонту до накопичення вологи у більш глибоких пластах, при цьому збільшується ступінь кришіння родючого шару ґрунту та подолання сил стискання ґрунту, а отже робочі органи будуть працювати в умовах розблокованого різання, що може призвести до зниження енергетичних показників виконання операції на одиницю площі.

Отримано аналітичну залежність діаметра лопатевого ротора від геометричних параметрів оброблюваної смуги з урахуванням кришіння ґрунту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Використовуючи технологію вертикального обробітку ґрунту, яка дає можливість створити вертикальні розломи та тріщини у ґрунті, що покращує водний баланс ґрунту. Машини для вертикального обробітку ґрунту, дозволяють забезпечити однакову робочу глибину по всій ширині захвату агрегату при постійному гідравлічному тиску, такі машини виключають необхідність встановлення додаткового довантаження, що зменшує питомі енергетичні витрати при експлуатації.
2. Проведено технологічний аналіз руху лопатевого ротора машини, встановлено крива траєкторії руху лопаті ротора є циклоїда першого порядку і форма її буде залежати кінематичного показника режиму роботи, подачу ґрунту на лезо лопаті $S = 0.1$ м та допустиму висоту гребенів $[h_{gr}] = 0,022$ м. Визначено ширину смуги, що обробляється лопатевим ротором $b = 0,35$ м, при теретичній глибині обробітку $h_p = 0,22$ м. Визначено радіус осі роторів дорівнює 150 мм. діаметр лопатевого ротора D_p повинен бути приблизно 690 мм.
3. Робота даним робочим органом дозволить збільшити здатність ґрунтового горизонту до накопичення вологи у більш глибоких пластах, при цьому збільшується ступінь кришіння родючого шару ґрунту та подолання сил стискання ґрунту, а отже робочі органи будуть працювати в умовах розблокованого різання, що може призвести до зниження енергетичних показників виконання операції на одиницю площі.
4. Встановлено графічні та аналітичні залежності технологічних показників роботи від конструкційно-технологічних параметрів запропонованого робочого органу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуков, Я. С. Обробіток ґрунту / Я. С. Гуков // Технологія та техніка. Київ, 148 Нора-Прінт. - 1999. - 275 с.
2. Кушнарьов А.С. Механіко-технологічні основи обробітку ґрунту / А.С. Кушнарьов, В.І. Кочів. – Київ: Урожай, 1989. – 144 с.
3. Долгов, С. І. Про деякі закономірності залежності врожаю сільськогосподарських культур від щільності ґрунту / С.І. Долгов, С.А. Модіна // Теоретичні питання обробки ґрунтів. - Львів., 1998, вип.2. – С.54-64.
4. http://agroalliance.com.ua/home/articles/130/True-andem_2014_UKR_easy.pdf
5. Романишин О. Ю. Обґрунтування технологій та технічних засобів в системі обробітку ґрунту / О. Ю. Романишин, В. О. Татуревич // Наукові читання–2020Б: науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 138-140.
6. Заец М. Л. Обоснование параметров рабочей поверхности корпуса плуга /М. Л. Заец, И.П. Харчук, В.О. Татуревич //Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Международной научно-практической конференции /редкол.: Н. Г. Серебрякова [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. с. 179 -182.
7. Романишин О. Ю. Обґрунтування технологій та технічних засобів в системі обробітку ґрунту / О. Ю. Романишин, В. О. Татуревич // Наукові читання–2020Б: науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 138-140.
8. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Книга 2. –К.: Урожай, 2002. – 364 с.

9. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. –К.: Урожай, 2001. – 384 с.
10. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. – К., 2003. – 203 с.
11. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1982. – 312 с.
12. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Т.1. - Ч.1. - Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – с.
13. Листопад Г.Е. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688с.
14. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / Днепропетр. гос. агр. ун-т. – Днепропетровск, 1999. – 140 с.