

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення ефективності технологій вирощування культур із
застосуванням смугової обробки ґрунту»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2
Отрошок Владислав Русланович
Керівник: Яценко Ю. В.
Рецензент: Дудник В. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Для забезпечення населення достатньою кількістю якісних і доступних за вартістю продуктів харчування необхідно підвищення ефективності процесів їх виробництва та мінімізація витрат. При прогнозованому зростанні чисельності населення в світі потрібно забезпечити подальшу оптимізацію технологій і процесів виробництва, а також їх адаптацію таким чином, щоб максимально відповідати зазначеним вище вимогам [1].

В цьому відношенні оптимізація технологій обробки ґрунту і вирощування сільськогосподарських культур є актуальним завданням. Аргументований вибір адаптивного способу обробки ґрунту і технології обробітку культур у відповідних ґрунтово-кліматичних характеристиках певної території забезпечить цільове використання ресурсів.

Зниження рівня інтенсивності обробки ґрунту призводить до підвищення продуктивності МТА і зниження витрати палива на одиницю обробленої площі при вирощуванні сільськогосподарських культур [2].

Метою роботи є підвищення ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням смугової осінньої обробки ґрунту за рахунок раціонального вибору складу МТА.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес осіннього смугового обробітку ґрунту при вирощуванні технічних культур.

Предмет дослідження. Закономірності, що пов'язують параметри обробітку ґрунту, водний режим і врожайність технічних культур.

Методика досліджень. Для вирішення поставлених завдань застосовувалися методи математичного моделювання роботи МТА, математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу, планування польового дослідження.

Теоретична і практична значущість. Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності осіннього смугового обробітку ґрунту за рахунок обґрунтування раціонального ґрунтообробного агрегату.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз застосування прогресивних технологій обробітку ґрунту

Введені в сільськогосподарський оборот степові райони, які в багатьох регіонах в світі дали лише тимчасовий позитивний результат. Спочатку висока врожайність на даних територіях була нетривалою, тому сільськогосподарським підприємствам доводилося адаптувати відповідним чином технології, щоб забезпечити населення продовольством на довший термін [3].

Несвоєчасне прийняття відповідних рішень часто призводить до опустелювання. Разом з тим в регіонах, схильних до ґрунтової та (або) кліматичної посушливості, ґрунтовий, рослинний і водний баланс був порушений.

В результаті видалення рослинного покриву, що забезпечує ефективність використання опадів, схильність території до висихання може посилитися [4].

Поряд з солеутворенням індикаторами процесів опустелювання можуть бути також зменшення кореневого простору для рослин, зниження вмісту поживних речовин у ґрунті або погіршення структури ґрунту. Щоб уникнути цих процесів необхідний ґрунт повинен складати мінімум 20-40% [5].

Запобігання швидкому опустелюванню ґрунту можна досягти шляхом зміни способів обробітку ґрунту.

Розрізняють три різних групи технологій вирощування сільськогосподарських культур (три типи землеробства) в залежності від ступеня покриття поверхні ґрунту (рисунок 1.1). Значною мірою ступінь покриття залежить від інтенсивності обробітку ґрунту.



Рисунок 1.1 – Технології обробки ґрунту

Традиційне землеробство включає способи обробки ґрунту, при яких менше 15% поверхні ґрунту залишається покритим. До традиційних способів обробки відносяться плужна технологія і всі інші види технологій інтенсивної обробки ґрунту.

При мінімальному (ощадному) землеробстві застосовуються технології обробки ґрунту, при яких після обробки 15-30% поверхні ґрунту залишається покрито пожнивними залишками. Залишена на поверхні органічна речовина перешкоджає висиханню ґрунту і тим самим протистоїть утворенню ерозії. На ряду з цим повинна скорочуватися ступінь розпушування ґрунту, оскільки існує небезпека зниження рівня вологи в ґрунті з кожним наступним технологічним проходом.

Мінімальна обробка ґрунту знаходиться в тісному взаємозв'язку з розподілом органічного матеріалу на поверхні і всередині ґрунту (управління балансом вуглецю (C)). Якщо цей процес здійснюється, то сільськогосподарська екосистема самостійно знижує рівень ерозії, очищає питну воду і при цьому підвищується продуктивність [6].

Консервуюче землеробство передбачає технології обробітку ґрунту (і посіву), при використанні яких більше 30% поверхні ґрунту залишається покрите пожнивними залишками.

Система консервуючого землеробства підрозділяється в свою чергу на три підсистеми:

1. Технологія нульового обробітку ґрунту (нім. No-Till) і технологія смугового обробітку ґрунту (нім. Strip-Till): способи обробки ґрунту, при яких ґрунт залишається необробленим в період між збиранням врожаю і посівною. Винятком є операція по внесенню добрив. Посів здійснюється у вузькі посівні борозенки (ряди), створювані ґрунтообробними робочими органами, такими як леміш, що розчищає орган, долотоподібні сошник і приводний ротор. При використанні технології смугової обробки ґрунту обробляються вузькі смуги. Як правило, це здійснюється восени, що відповідно дозволяє проводити дану технологічну операцію одночасно з внесенням добрив. Навесні в ці лінії здійснюється посів. Технологія передбачає застосування хімічних засобів захисту рослин. Під нульовою обробкою ґрунту мається на увазі обробка, при якій порушується менше 25% поверхні ґрунту.

2. Технологія гребеневої обробки ґрунту (нім. Ridge-Till): спосіб обробки ґрунту, при якому на полі механічним шляхом створюються гребені (гряди). У період після збирання врожаю і до моменту обробітку ґрунту обробка між грядами не проводиться, проводиться тільки внесення добрив в посівні ложі на гребенях. Посів також проводиться в посівне ложе на гребенях. Вершини гребенів обробляються за допомогою стрілкової лапи, хвилястого диска, сошників або розчищаючого робочого органу. Пожнивні рештки залишаються між гребенями. Захист рослин проводиться за допомогою хімічних засобів або механічним способом в процесі обробки ґрунту і формування гребенів.

3. Технологія мульчуючої обробки ґрунту (нім. Mulch-Till): Перед посівом поверхня ґрунту обробляється повністю. Для цього застосовуються такі сільськогосподарські знаряддя як глибокорозпушувач, культиватор, дискова борона або також може використовуватися поверхневий культиватор. У цій технології можуть застосовуватися хімічні або механічні засоби захисту рослин.

У даній класифікації технологія смугової обробки ґрунту (Strip-Till) розглядається ближче до технології нульового обробітку ґрунту (No-Till).

Впровадження консервуючої технології обробітку сільськогосподарських культур є найбільш перспективним, так як практично не порушує поверхню ґрунту, що дозволяє скоротити витрати на її обробку.

Поряд з впровадженням консервуючої технології обробітку ґрунту має важливість сівозмінна і стійкість ґрунтового покриву, наприклад за допомогою проміжних культур [80].

На підставі цих висновків був розроблений спосіб смугової обробки ґрунту, при якому рівень обробки частини оброблюваної поверхні ще більше знижується, але при цьому зберігаються необхідні умови для росту рослин. Технологія смугової обробки є перспективною, тому що якщо на поле будуть оброблятися тільки смуги, то необроблена поверхня ґрунту складе приблизно 60-80% від загальної площі [7].

У обробленій смузі повинні бути створені ідеальні умови для розподілу посівного матеріалу. Смуга повинна бути очищена від пожнивних залишків, розпушена, ґрунт подрібнений, засипана, і в разі необхідності внесені добрива. При швидкому прогріванні гребенів навесні, досягаються кращі умови для проростання і оптимального росту рослин.

У необроблених міжряддях структура ґрунту залишається незайманою, що в свою чергу не порушує активність ґрунту і, відповідно, призводить до його консервуючого стану.

Головним аргументом на користь використання технології є точне внесення поживних елементів і збереження структури ґрунту.

Певну складність представляють рівномірно розподілена по поверхні солома попередника і глибока колія від тракторних коліс після проведення попередніх технологічних операцій. Ще одним негативним моментом щодо традиційного способу обробітку ґрунту є високий рівень популяції мишей на окремих ділянках.

При використанні технології обробітку ґрунту з можливістю одночасного внесення добрив розрізняють поверхнєве і підґрунтове внесення добрив. При внесенні добрив в технології смугової обробки гранульоване добриво вноситься відразу за полольним робочим органом (підґрунтовий горизонт). Сівалка точного висіву, оснащена механізмом внесення добрива (підґрунтовий горизонт), вносить стартову дозу добрива в ґрунт поблизу посівного ряду [8].

Внесення поверхневих добрив, наприклад, за допомогою розкидання, на напівзасушливих територіях не рекомендується, оскільки добриво не потрапляє близько до кореня і в рік внесення залишається недоступним для рослин.

При використанні технології з внесенням добрив у ґрунт передбачається, що добриво буде впливати на рослини інтенсивніше і довше [9].

В першу чергу, передбачається ефективність впливу певних добрив (наприклад, фосфору і амонію). Калій та магній, навпаки, не володіють подібними властивостями і не можуть впливати на кореневу структуру.

Висока концентрація фосфору і амонію в верхньому шарі ґрунту і дефіцит в середньому шарі може навіть стримувати ріст кореневої системи.

Добриво без ефективного впливу завжди має вноситися під коріння рослин. Культурні рослини проявляють виражений геотропізм, тобто їх

коренева система росте у напрямку до центру Землі, при цьому в процесі росту рослини освоюють ці добрива випадково в міру зростання.

В іншому випадку, до складу внесеного добрива необхідно додати добриво з ефективним впливом.

При одночасному підґрунтовому і внутрішньо ґрунтовому внесенні добрив, обсяг стартової дози (одного з ефективно діючих добрив) повинен бути невеликим – для живлення рослини не більше, ніж протягом двох тижнів. Якщо цей обсяг вище норми, ріст кореневої системи рослин сповільнюється, так як поживні елементи знаходяться в межах досяжності, а при настанні посухи через недостатньо сильно виражену кореневу систему може призвести до проблем з живленням [10].

Технологія смугової обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив сприяє тому, щоб азот не зв'язувався завдяки скупчень поживних залишків. За розрахунками Д. Менгеля (D. Mengel) до 33% поверхнево внесеного азоту на поле із зерною кукурудзою стає нерухомим.

При глибокому депонуванні добрив методом підґрунтового внесення рослинам в період зростання в умовах зростаючої посушливості відповідно до їх природного зростання і наявності доступної вологи тривалий період часу вдається отримувати достатнє живлення.

При підґрунтовому внесенні добрив занадто близько до посівного ряду (або паросткам) необхідно звертати увагу на два важливих моменти.

По-перше, вирішальну роль для визначення «відстані до посівного матеріалу» грає токсичність добрива, недотримання якого може призвести до випалювання насіння.

По-друге, важливе значення набуває розподіл і кількість внесеного для рослини добрива, яке залежить від планованої врожайності. Важливим є кількість вологи в ґрунті. У сухому ґрунті удобрювальна сіль концентрується більше на малих ділянках на відміну від вологого ґрунту [11].

1.2. Аналіз знарядь для смугової технології вирощування сільськогосподарських культур

Для аналізу існуючої техніки, яка вже використовується в технології смугової обробки ґрунту або аналогічних технологіях, був проведений аналіз ринку і технічний аналіз сільськогосподарських машин. Аналізувалися ринки Північної Америки та Західної Європи. Була визначена ступінь розробленості сільськогосподарських машин на сучасному етапі для здійснення подальшої її класифікації.

Концепція будови знаряддя для смугової обробки ґрунту полягає в агрегуванні декількох секцій робочих органів один за одним, виконують кілька операцій на кожному оброблюваному ряду (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Машина смугової обробки ґрунту

Вибір окремих робочих органів часто визначається місцевими природно-кліматичними особливостями і властивостями ґрунту. Кілька рядів робочих органів кріпляться на рамі.

Машини смугового обробітку ґрунту в залежності від можливості повтору контуру ґрунту мають свої особливості.

Несуча рама зв'язана через тяговий елемент з трактором і дозволяє встановлювати на ній крім робочих органів також бункери для добрив. Залежно від комплектації моделі рама може бути оснащена колісною віссю (у причіпних знарядь). В інших випадках рама кріпиться на причіпний пристрій трактора. Підйомно-розсувні механізми, додатково встановлені на рамі знаряддя, дозволяють зменшити транспортну ширину машини.

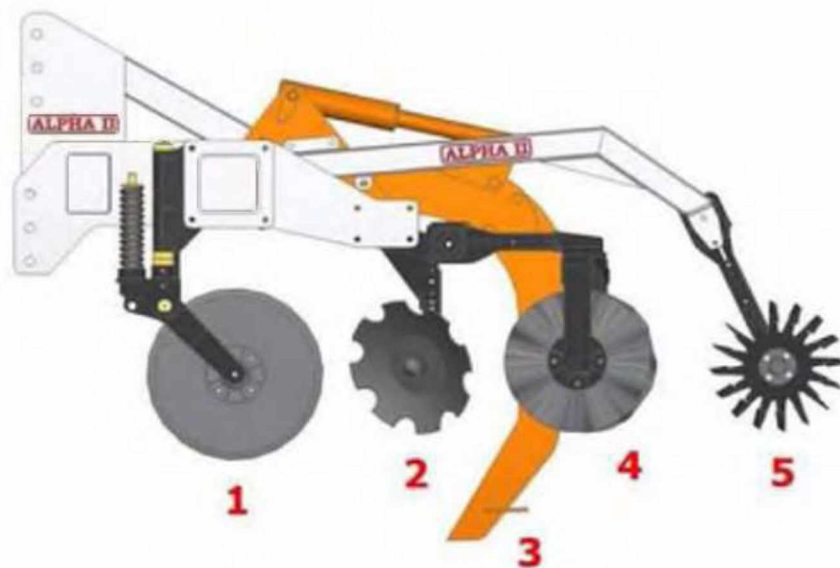
Підстава рами має прямокутний перетин. Для використання рами потрібно потужність 20-25 л. с. на один робочий орган (в залежності від типу ґрунту), розрахунок при роботі сошника на глибині 20 см. Робоча швидкість руху при використанні рами становить 8-12 км/год. При цьому дозволяє проводити обробку 6, 8, 12, 16, 24 рядів при міжрядді 75 см.

Аналіз літератури і ринку виявив, що спочатку розробка машин для смугової обробки ґрунту здійснювалася по більш простому шляху. Уже відомі ринку машини для внесення добрива в ряд і обробки рядів були доопрацьовані або адаптовані для смугової обробки ґрунту. Машини використовувалися фактично тільки для просапних культур (кукурудзи, сої та ін.) [12].

Рама знаряддя запозичувалася від інших машин, і на неї встановлювалися відповідні робочі органи. Подальші розробки були спрямовані на досягнення більш точного копіювання рельєфу ґрунту і відповідно поліпшення характеристик технологічного процесу. При цьому здійснюється індивідуальне переміщення робочих органів по глибині.

Класифікація за цим параметром пропонованих на ринку машин дозволяє виділити три типи:

Тип I: Розрізаючі і полольні робочі органи жорстко закріплені на жорсткій рамі. Рама по всій своїй робочій ширині заглиблюється за допомогою опорних коліс. Розчищаючий, гребне формуючий і подрібнюючий робочі органи сконструйовані в такий спосіб, що вони здатні повторити рельєф ґрунту. Найбільш поширені моделі таких машин виробляються фірмами Unverferth, Carrotech, Schlagel, JohnDeere і BlueJet. У деяких випадках назви даних машин вказують на їх функціональне призначення (Carrotech - StripRipper, Unverferth - StripperRipper) (рисунок 1.3).



1 – розрізаючий робочий орган, жорстко встановлений на рамі; 2 – розчищаючий робочий орган, зв'язаний по 4 шт., рухомий; 3 – полольний робочий орган, жорстко змонтований на рамі; 4 – гребне формуючий робочий орган, здвоєний, рухомий; 5 – подрібнюючий робочий орган, рухливий.

Рисунок 1.3 – Схема секції робочих органів машини для смугової обробки ґрунту Carrotech

Тип II: На кожен секцію машини передбачений підрамник, де кріпляться окремі робочі органи. Підрамник з'єднаний з рамою машини за

допомогою паралелограмного механізму. Таким чином, цей тип отримує переваги перед першим типом за рахунок кращого копіювання рельєфу ґрунту кожною секцією машини поперек напрямку обробки. Окремі робочі органи можуть бути також індивідуально встановлені на даному підрамнику (рисунок 1.4). Виробниками такої моделі машин є Strip-Cat, Orthman, B&H manufacturer, BighamBrothers, Hiniker, Carter, Yetter, Kongskilde і Sunflower/Agco. Така модель представлена на ринку виробниками більшою мірою.

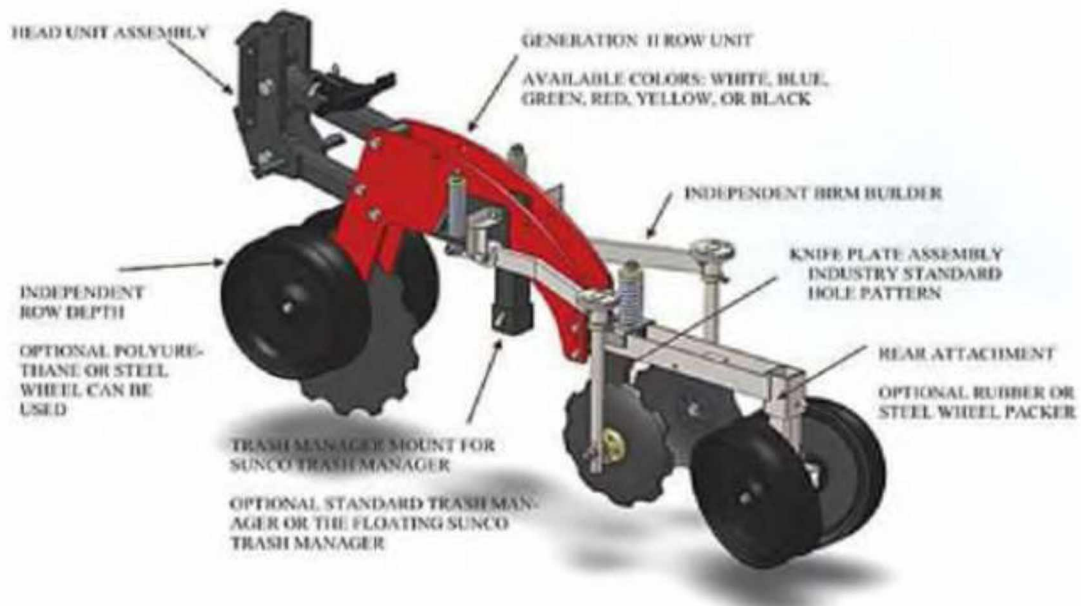


Рисунок 1.4 – Машина Twin Diamonds Industries LLC (Ведення по глибині робочих органів проводиться за допомогою колісної пари)

Моделі такого типу виробляє фірма Environmental Tillage Systems. Машини цього виробника в якості полільних робочих органів також можуть мати стійки або диски. Розгляд профілю ґрунту, обробленого машиною фірми Environmental Tillage Systems, дозволяє побачити однозначні переваги умов для формування кореневої системи, наприклад, кукурудзи. Така модель найбільш ефективна при використанні її навесні на більш вологих ґрунтах,

що дозволяє уникнути переміщення занадто вологого матеріалу на поверхню ґрунту.

В описі представлено п'ять функціональних зон робочих органів і їх завдання. Для забезпечення індивідуального копіювання рельєфу ґрунту кожною секцією необхідно ведення по глибині підрамника за допомогою коліс або роликів. На наведеному зразку з цією метою в області ріжучого робочого органу встановлена колісна пара. Встановлені з боків від ріжучого робочого органу колесоподібні елементи також можуть виконувати цю функцію заглиблення.

Тим самим здійснюється виключення необхідності виконання робочими органами, що здійснюють розчистку, гребнеутворення і подрібнення, функції ведення по глибині, яку виконують ріжучий і полільний робочі органи. Це означає, що перераховані робочі органи не несуть функціональне навантаження.

У моделях даного типу функцію полільного робочого органу може виконувати не тільки стійка, але і диск (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Робочі органи машини Soilwarrior фірми Environmental Tillage Systems

Моделі такого типу виробляє фірма Environmental Tillage Systems. Машини цього виробника як полільні робочі органи також можуть мати стійки або диски. Розгляд профілю ґрунту, обробленого машиною фірми Environmental Tillage Systems, дозволяє побачити однозначні переваги умов для формування кореневої системи, наприклад, кукурудзи. Така модель найбільш ефективна при використанні її навесні на більш вологих ґрунтах, що дозволяє уникнути переміщення занадто вологого матеріалу на поверхню ґрунту.

Тип III: Фірма Kuhn / Krause завдяки своїй системі Gladiator розробила машину, у якій розрізальний робочий орган закріплений на рамі машини (див. Тип I). Полільний робочий орган – у моделей фірми Krause це стійка, що кріпиться до рами машини паралелограмом (див. Тип II), а подрібнюючий робочий орган виконує функцію ведення по глибині (рисунок 1.6). Такий функціональний принцип формує особливість моделей третього типу.

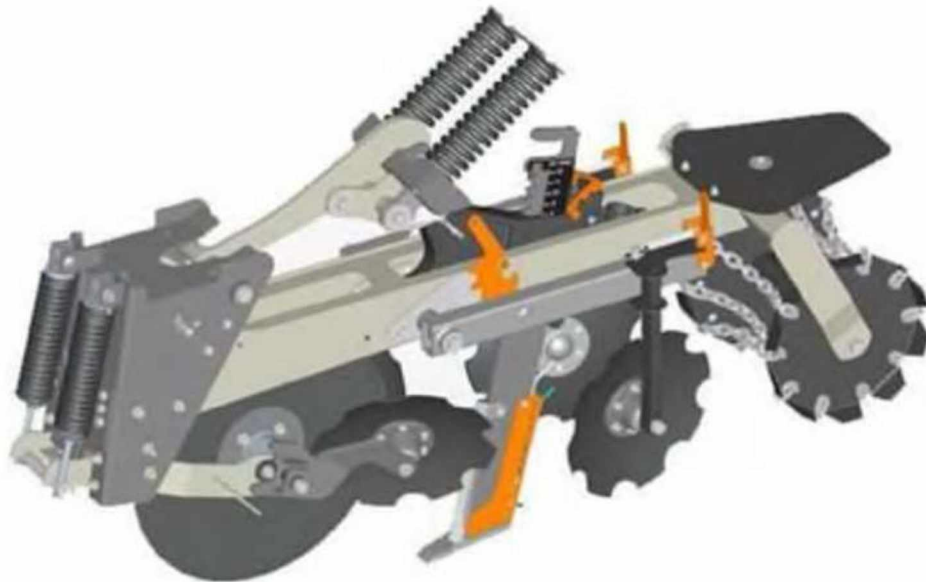


Рисунок 1.6 – Схема секції робочих органів машини Row Unit Gladiator фірми Kuhn / Krause

Відповідно подрібнюючий робочий орган повинен бути стійким і зносостійким. Виняток з секції подрібнюючого робочого органу безпосередньо призведе до зміни заглиблення полільного робочого органу.

Робочі органи секції спроектовані дуже компактно. Навантаження на полільний робочий орган під час роботи ріжучого робочого органу знижена, що формує перевагу при використанні машини на сухих ґрунтах різного типу. Можливість виключення подрібнюючого робочого органу відсутня.

Машини всіх трьох типів виконують функціональні завдання розрізання, розчищення, розпушування, гребнеутворення, подрібнення.

Машини для смугової обробки ґрунту розроблялися на основі машин для внесення добрива в ряд і обробки рядів.

У лісовому господарстві Європи широке поширення отримав ротаватор (рисунок 1.7). Обробіток ґрунту при цьому проводиться без внесення добрив. При первинній посадці робочі органи, жорстко встановлені на рамі стійка або диск, не здатні досягти необхідного рівня розпушування ґрунту.



Рисунок 1.7 – Ротаватор фірми ANWI Maschbau GmbH

Використання ротатора при обробленні кукурудзи здійснювалося лише на певній території. Ротатори зайняли на ринку нішу по вирощуванню просапних культур виключно на схилах, як наприклад, в Австрії або Швейцарії.

Основними функціональними завданнями машини є розпушування (поверхневе, обмежене), формування гребеня, подрібнення.

Концепція компанії AMAZONE полягає в тому, що технологія повинна здійснюватися в розділеній конструктивній формі, тобто в два не пов'язаних один з одним етапи. Даний принцип виражається в тому, що на першому етапі смугова обробка ґрунту здійснюється з можливістю одночасного підґрунтового внесення добрив однією машиною. Безпосередній висів відбувається на другому етапі іншою машиною. Використовуваний принцип більшою мірою відповідає принципу виробників сільгосптехніки США.

Компанія HORSCH виробляє комплексні (комбіновані) машини, які здійснюють за один робочий цикл смугову обробку ґрунту, внесення добрив і висів насіння. Переваги цих принципів показані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні переваги комбінованого і розділеного принципу реалізації смугової технології

Комбінований принцип	Розділений принцип
Економія трудозатрат	Ефективне використання оптимального часу посіву насіння
Менша необхідність в енергії	Безпосередній посів незалежний від більш повільного процесу обробки ґрунту
Відсутність необхідності застосування інтегрованої системи рульового управління RTK-GPS	Сівба може відбуватися в денний час, обробка ґрунту - цілодобово
Виключення впливу погодних умов між обробкою ґрунту та сівбою	Більш важкі ґрунти (вміст глини більше 10%) можуть підсохнути перед посівом насіння

Ширина між рядами у машин обох виробників порівняно однакова (35-40 см).

До основних функціональних завдань машин фірм HORSCH і AMAZONE відносяться розпушування, формування гребеня, подрібнення.

Машини обох виробників дозволяють вносити добрива (під горизонт) в ґрунт. Подача добрив на глибину здійснюється по трубках, встановленими за стійками.

Компанія AMAZONE в технології смугової обробки ґрунту передбачає використання високопродуктивних сівалок точного висіву, які широко застосовуються для сівби просапних культур.

Обидва вищевказаних виробника тестують машини з вирощування рапсу на дослідних полях із зерновими культурами.

Компанія HORSCH скорочує ширину рядів посівних секцій на розробленій комплексній машині вдвічі (з 35-40 см до 20 см). Внесення насінневого матеріалу на відміну від посіву ріпаку, який висівається безпосередньо в смугу, здійснюється зліва і праворуч від країв смуг – в щільний ґрунт.

Фірма AMAZONE для посіву зернових використовує сівалку точного висіву зі зменшеною в два рази шириною між рядами відносно 37,5 см – ширини міжрядь кукурудзи.

Принцип розділеної технології передбачає певну гнучкість при виборі сівалки, в тому числі можливість використання традиційної сівалки.

В цілому при посіві зернових здійснюється спроба ширину міжрядь просапних культур 35 - 75 см скоротити до більш вузьких значень.

В Англії також проводяться дослідні випробування по вирощуванню зернових за один технологічний прохід. Для суцільної передпосівної обробки ґрунту використовуються машини тільки для неглибокої обробки, наприклад, штригельну борону.

Кількість робочих органів посівних машин для роботи з смуговою технологією значно менше, ніж на машинах вищевказаних виробників. На даних машинах використаний принцип роботи машин фірми HORSCH: формування смуг, внесення добрив і здійснення посіву за один технологічний прохід. При здійсненні смугового обробітку ґрунту і внесення добрив ширина між рядами вузька – 33 см. При висіві насіння використовують сошник стрічкового посіву і скорочують відстань необроблених міжрядь ще до 12 см.

Висновки і завдання досліджень

На підставі проведеного аналізу встановлено:

1. Технологія смугової обробки ґрунту є перспективним напрямком розвитку зберігаючого землеробства, що дозволяє істотно знизити інтенсивність техногенного впливу на ґрунт, тим самим зберегти або підвищити ґрунтову родючість у багаторічній перспективі.

2. Застосування смугової технології забезпечує скорочення енерговитрат на ґрунті, підвищує продуктивність МТА і знижує витрату палива на одиницю обробленої площі, в порівнянні з суцільною обробкою.

3. При обґрунтуванні технології смугової обробки ґрунту найважливішими питаннями є раціональні параметри машин і їх агрегування, параметри обробки і застосування добрив з урахуванням умов використання.

Для досягнення мети роботи поставлені наступні завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих ґрунтообробних машин для реалізації технології смугового обробітку ґрунту;

- обґрунтувати глибину смугового обробітку ґрунту і дозу внесення мінеральних добрив при вирощуванні соняшнику;

- обґрунтувати раціональні склади і режими роботи комбінованого агрегату для смугової обробки ґрунту і дати економічну оцінку пропонуваним рішенням.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Моделювання роботи ґрунтообробних агрегатів

Обробіток ґрунту є однією з найбільш енергоємних технологічних операцій в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. На її частку припадає до 30% витрат [13].

В сучасних технологіях вирощування зернових культур все більше застосування знаходять комбіновані ґрунтообробні агрегати. Переваги їх впровадження очевидні і підтверджені дослідженнями багатьох вчених і практиків. Це і висока продуктивність, економія палива, зниження техногенного впливу на ґрунт, скорочення витрат і ін.

Спектр продукції техніки виробництва, що випускається досить широкий і виникає необхідність теоретичного узгодження параметрів тракторів і ґрунтообробних машин з точки зору раціонального агрегування і особливостей умов експлуатації.

Найбільш правильним підходом при виборі параметрів машин в складі МТА є комплексний ймовірісно-статистичний метод [14].

Процес функціонування машинно-тракторного агрегату (МТА) розглядається як реакція на зовнішні впливи, у вигляді складної динамічної системи, що здійснює перетворення за типом «вхід-вихід».

В якості вхідних змінних приймаються характеристики умов роботи агрегатів, а вихідними є сукупність параметрів, що визначають агротехнічні, енергетичні та техніко-економічні показники.

Розрахункова схема ґрунтообробного посівного агрегату має вигляд:

$$F = \{f_1(t), \dots, f_i(t), \dots, f_n(t)\},$$

$$Y = \{Y_1(t), \dots, Y_j(t), \dots, Y_m(t)\},$$

(2.1)

де F – вектор збурюючих впливів;

Y – вектор вихідних змінних.

Число компонент n і m залежить від ступеня обліку сукупності експлуатаційних факторів. Незважаючи на відмінності конструкцій ґрунтообробних агрегатів їх розрахункові моделі можуть бути ідентичні.

Процеси окремих підсистем поділяються на дві групи: одні з них обумовлені заздалегідь відомими факторами, і їх перебіг прогнозуємо по детермінованим функціям зв'язку (зовнішні умови і властивості самої системи розглядаємо як цілком певні з взаємно однозначною відповідністю реалізацій вхідних і вихідних процесів), а інші відрізняються тим, що їх реалізації є випадковими в ймовірнісно-статистичному сенсі. Цей факт враховується для підвищення достовірності отриманих результатів.

Відмінною особливістю функціонування сільськогосподарських агрегатів є наявність великої кількості вхідних і вихідних змінних, їх мінливість під часу або не стаціонарність.

Процеси роботи ґрунтообробних агрегатів є випадковими в ймовірнісно-статистичному сенсі [10, 15]. Головна причина, яка обумовлює зміну вихідних показників роботи агрегатів в експлуатації – коливальний характер зовнішніх впливів.

В якості вхідного впливу, що збурює досліджувану систему «ґрунт-знаряддя-трактор» прийнята величина приведенного до постійної робочої швидкості руху тягового опору агрегату, закон розподілу якого прийнято нормальним на підставі аналізу численних реалізацій процесів.

Для оцінки законів розподілів вхідних і вихідних змінних використовуємо числові характеристики: математичні очікування і дисперсії:

$$m_y = \int y \cdot \varphi(y) dy = \int f(x) \cdot \varphi(x) dx, \quad (2.2)$$

$$D_y = \int [f(x) - m_y]^2 \cdot \varphi(x) dx, \quad (2.3)$$

де $\varphi(y)$, $\varphi(x)$ – щільності розподілу ймовірностей відповідно вхідного і вихідного показників;

$y = f(x)$ – детермінована функція зв'язку.

При агрегуванні трактора в різних умовах експлуатації виникає необхідність оцінки вихідних показників агрегатів у всьому робочому діапазоні завантаження по тязі, який визначається не тільки мінливістю агрофізичних властивостей ґрунтів по полях регіону експлуатації, але і параметрами машин-знарядь і режимами роботи МТА.

Зміна поточних математичних очікувань тягового зусилля на гаку трактора в залежності від робочої швидкості руху при агрегуванні з різними машинами виражаємо рівнянням другого порядку:

$$P_{кр} = P_0 \cdot [1 + \varepsilon_0 \cdot (V_p^2 - V_0^2)], \quad (2.4)$$

де $P_{кр}$, P_0 – відповідно математичні очікування тягового зусилля на гаку трактора при швидкостях руху V_p^2 і V_0 ;

ε_0 – коефіцієнт, що враховує приріст тягового опору при збільшенні робочої швидкості руху МТА.

Величина тягового зусилля трактора при швидкості приведення V_0 визначається за виразом:

$$P_0 = K_0 \cdot B_p, \quad (2.5)$$

де K_0 – питомий тяговий опір агрегату при швидкості приведення V_0 (в розрахунках для сучасних швидкісних агрегатів приймається $V_0 = 1,94$ м/с) визначається за результатами апроксимації даних динамометрування агрегатів;

B_p – робоча ширина захвату МТА.

Робоча ширина захвату визначається як добуток ширини захвату одного робочого органу на їх кількість:

$$B_p = b_{1p} \cdot n_p, \quad (2.6)$$

де b_{1p} – ширина захвату одного робочого органу, м;

n_p – кількість робочих органів, шт.

Математичні очікування робочої швидкості руху трактора в залежності від коефіцієнта використання зчипно] ваги та інших параметрів з високим ступенем точності визначаються шляхом апроксимації експлуатаційних значень швидкостей руху по передачах [5].

Після узагальнення отриманий вираз буде мати вигляд:

$$V_p = \frac{N_H \cdot \lambda_N \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_\delta}{G_3 \cdot (\varphi + f)}, \quad (2.7)$$

де N_H , λ_N – відповідно номінальна потужність тракторного двигуна і коефіцієнт її використання в експлуатації;

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора;

φ – математичне очікування коефіцієнта використання зчипної ваги трактора, $\varphi = P_{кр} / G_e$;

G_e – експлуатаційна вага трактора;

η_δ – коефіцієнт опору коченню трактора;

f – ККД буксування рушіїв трактора.

Величина ККД буксування рушіїв трактора визначається дослідним шляхом в залежності від коефіцієнта використання зчипної ваги трактора на різних ґрунтових фонах і апроксимується рівнянням другого порядку:

$$\eta_\delta = A_0 + A_1 \cdot \left(\frac{P_{кр}}{G_3}\right) + A_2 \cdot \left(\frac{P_{кр}}{G_3}\right)^2 \quad (2.9)$$

де A_0, A_1, A_2 – коефіцієнти апроксимації для визначення ККД буксування рушіїв по різних ґрунтових фонам.

Спільне рішення рівнянь (2.5) - (2.9) буде визначати взаємозв'язок поточних значень математичних очікувань вихідних показників. Рішення системи рівнянь виконується ітераційним методом.

В якості обмежень використовуємо максимальні значення математичного очікування коефіцієнта використання зчіпної ваги трактора, буксування рушіїв, а також діапазону математичних очікувань робочих швидкостей руху по агротехнічним вимогам. Визначення їх виробляється згідно виразів:

$$[\varphi_{\text{макс}}] \geq \varphi_{\text{макс}} \cdot (1 - c \cdot V), \quad (2.10)$$

$$[\delta_{\text{макс}}] \geq \delta_{\text{макс}} \cdot (1 - c \cdot V), \quad (2.11)$$

де $[\varphi_{\text{макс}}]$ – максимально допустиме математичне очікування коефіцієнта використання зчіпної ваги трактора;

V – коефіцієнт варіації математичних очікувань навантаження на гаку трактора;

$[\delta_{\text{макс}}]$ – максимально допустиме математичне очікування величини буксування рушіїв трактора;

$\varphi_{\text{макс}}, \delta_{\text{макс}}$ – відповідно максимальні значення коефіцієнта використання зчіпної ваги трактора і буксування рушіїв, які регламентуються для відповідних ґрунтових фонів і моделей тракторів [16].

Діапазон математичних очікувань робочих швидкостей руху МТА визначається за результатами агротехнічної оцінки з урахуванням вимог якості виконання технологічного процесу.

Значення математичного очікування секундної витрати палива двигуна в робочому діапазоні завантаження трактора по тязі на сукупності робочих передач визначиться як:

$$G_T = G_{TH} \cdot \lambda_{GT}, \quad (2.12)$$

де G_{TH} , λ_{GT} – відповідно номінальна витрата палива тракторного двигуна і коефіцієнт його використання в експлуатації.

Зв'язок між номінальною витратою палива двигуна і його номінальною потужністю представимо у вигляді:

$$G_{TH} = g_{eH} \cdot N_H, \quad (2.13)$$

де g_{eH} – питома витрата палива двигуна при номінальній потужності.

Математичні очікування чистої продуктивності МТА (W_q) і витрати палива (за площею) (G_{Ga}) визначаються відповідно до відомих виразів [4]:

$$W_q = B_p \cdot V_p, \quad (2.14)$$

$$G_{Ga} = \frac{G_T}{W_q}, \quad (2.15)$$

При визначенні змінної продуктивності МТА враховується величина коефіцієнта використання часу зміни, значення якого найбільш істотно залежить від кінематичних характеристик агрегатів і оброблюваних полів. У розрахунках також враховується як час розворотів МТА, так і довжина гону поля. Решта складових часу зміни приймаються усередненими за результатами хронометражних спостережень.

Наведена математична модель може бути успішно реалізована при обґрунтуванні раціональних складів і режимів роботи причіпних машино-тракторних агрегатів, тому що на вході розглядається величина наведеного тягового опору агрегату. Причому це пов'язано зі значними витратами праці і коштів на реалізацію дослідів по динамометруванні машин-знарядь і агрегатів (потрібна спеціальна дорога апаратура для отримання вихідної інформації) і рішення оптимізаційних завдань.

2.2. Методика дослідження продуктивності і паливної економічності агрегату

Одними з найважливіших показників функціонування агрегату є продуктивність і паливна економічність. На підставі прийнятої розрахункової моделі роботи МТА і отриманої вихідної інформації, визначені значення чистої продуктивності і витрати палива на одиницю обробленої площі від робочої ширини захвату знаряддя під час різної глибини обробітку ґрунту.

Зміна ширини захвату виконувалася поступово, з урахуванням ширини міжрядь при смуговій обробці 0,75 м. Розрахунок вихідних показників агрегатів виконуємо на базі агрегату з трактором ХТЗ-242К.

Методика розрахунків наступна. Для кожного рівня глибини обробітку ґрунту (0,17 м, 0,22 м, 0,27 м, 0,32 м) і заданої агротехнічно робочої швидкості руху агрегату 1,67-2,22 м/с на основі моделі визначаємо значення діапазону робочої ширини захвату машини з урахуванням максимального завантаження двигуна трактора. В отриманому діапазоні з інтервалом ширини міжрядь обробітку соняшнику (0,75 м) формується типорозмірний ряд ґрунтообробних машин.

Висновки

Рішення поставлених завдань щодо обґрунтування параметрів раціонального комбінованого агрегату може бути істотно спрощено, якщо за основу в проведених дослідженнях прийняти іншу енергетичну величину – витрата палива тракторного двигуна на реалізацію технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Удосконалена модель комбінованого ґрунтообробного агрегату

Аналіз численних результатів тензометрування машин-знарядь з тракторами різних тягових класів дозволив виявити загальні закономірності зміни енергетичних характеристик МТА в умовах функціонування. На основі цього запропонована математична модель ґрунтообробного агрегату, що дозволяє визначати математичні очікування вихідних показників, оптимізувати їх параметри і режими роботи з урахуванням вимог технологічного процесу обробки ґрунту [17].

На вході в даній системі взаємодій «ґрунт – знаряддя – трактор» приймаємо величину енерговитрат на обробку ґрунту, зміна яких відбувається не тільки за рахунок різних ґрунтових умов (типу ґрунту, його щільності, вологості та інших характеристик стану), але і в силу варіації технологічної глибини обробітку ґрунту, робочої ширини захвату і швидкості руху, а також типів застосовуваних робочих органів машин-знарядь і їх характеристик.

Як вихідні показники роботи агрегатів розглядаємо математичні очікування годинної витрати палива тракторного двигуна, чистої продуктивності МТА і витрати палива на одиницю обробленої площі.

При виборі раціональних параметрів і режимів роботи агрегатів основне завдання полягає у визначенні необхідної і достатньої маси трактора і машини-знаряддя, а також потужності двигуна, що забезпечують по можливості більше механічної енергії в одиниці маси і необхідне підведення

її до ґрунту конкретними робочими органами для створення певної структури оброблюваного горизонту.

Важливою умовою ефективного використання МТА є правильний вибір агротехнічно допустимих робочих швидкостей руху для конкретних прийомів обробітку ґрунту з урахуванням його вихідного стану і найбільш повної реалізації номінальної потужності двигуна трактора.

У загальному випадку енергетична потужність агрегату пропорційна добутку тягового зусилля на робочу швидкість руху. Кількість же маси, що бере участь в процесі, безперервно змінюється, впливає на завантаження робочих органів і визначає величину сили опору обробці.

Внаслідок динамічного впливу робочих органів машин-зрядь з ґрунтом його кінцевій масі m_n за час t передається швидкість руху V . Тоді можна записати:

$$P \cdot \Delta t = \Delta m_n \cdot V. \quad (3.1)$$

Звідси середня величина тягового опору P буде пропорційна квадрату швидкості руху, так як маса ґрунту, що піддається впливу робочого органу в одиницю часу, пропорційна швидкості руху. За умови сталої роботи агрегату, коли швидкість руху змінюється від 0 до V поступово, а ґрунт проходить через робочий орган безперервно, рівняння руху буде мати вигляд:

$$P = \Delta m_n \cdot \frac{dV}{dt}. \quad (3.2)$$

З урахуванням цього будемо мати такий вираз для визначення витрат потужності на обробку ґрунту:

$$N = P \Psi = \Delta m_n \Psi \frac{dV}{dt} = \Delta m_n \Psi \frac{V^2}{2}. \quad (3.3)$$

Для певного періоду на ділянці шляху рівняння (3.3) набуде вигляду:

$$N = Dm_n \cdot \frac{V^2}{2\eta D}. \quad (3.4)$$

Математичні очікування робочої швидкості руху трактора в залежності від коефіцієнта використання зчіпної ваги та інших параметрів з високим ступенем точності можна визначити шляхом узагальнення експлуатаційних значень швидкостей руху по передачах (3.3).

Тоді, спільне рішення рівнянь (3.1-3.3) і буде відображати фізичну сутність процесу обробки ґрунту.

Однак, з впровадженням високо енергонасичених тракторів, машин-знарядь, що мають велику вагу на одиницю ширини захвату і по відношенню до трактора (особливо комбінованих ґрунтообробних посівних агрегатів), слід враховувати дані співвідношення при визначенні паливно-економічних показників і вирішенні оптимізаційних задач.

В якості основного оціночного показника використовуємо величину математичного очікування витрати палива тракторного двигуна, визначальну необхідний рівень потужності для заданого технологічного процесу обробки ґрунту.

Численними результатами випробувань агрегатів встановлено, що відносно до реальних умов роботи МТА витрата палива тракторного двигуна є функцією зв'язку від ширини захвату агрегату, глибини обробітку ґрунту і швидкості руху [26]. Рівняння апроксимації має вигляд:

$$G_T = G_{T0} + E_0 \cdot B_p \cdot h \cdot V_p^2, \quad (3.5)$$

де G_{T0} – математичне очікування витрати палива на самопересування агрегату і втрат в передавальних механізмах системи, г/с;

h – математичне очікування глибини обробітку ґрунту, м;

E_0 – коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив стану ґрунту, параметрів трактора і типу робочих органів машин-знарядь на інтенсивність приросту витрати палива двигуна від збільшення B_p , V_p і h .

Отриманий вираз являє собою енергетичну характеристику агрегату в цілому при впливі його на ґрунт.

Сукупні витрати палива двигуна можна розділити на дві частини:

1) не продуктивні – включають втрати на самопересування агрегату і в передавальних механізмах системи;

2) продуктивні – обумовлені зазначеними вище факторами і витрачаються на вчинення корисної роботи.

Величина першої складової визначиться як:

$$G_{T0} = c_0 \cdot f_a \cdot (G_3 + G_M), \quad (3.6)$$

де c_0 – коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив сили опору коченню агрегату на величину витрат палива для його переміщення;

f_a – коефіцієнт опору коченню агрегату;

G_M – експлуатаційна вага машини-знаряддя.

Друга складова являє витрати палива на переміщення ґрунту і пропорційна величині її обсягу і отриманому прискоренню:

$$G_{TP} = E_0 \cdot B_p \cdot h \cdot S \cdot \frac{V_p}{t} = E_0 \cdot V_n \cdot a_n = E_0 \cdot P \cdot \frac{V_n}{m_n}, \quad (3.7)$$

де V_n , m_n – відповідно величина обсягу і маси обробленого ґрунту;

a_n – величина прискорення, одержуваного ґрунтом при обробці.

На підставі аналізу виразів приходимо до висновку, що величина непродуктивних енерговитрат на обробку ґрунту пропорційна

експлуатаційній масі агрегату в цілому, а витрати палива на вчинення корисної роботи пропорційні тяговому опору, віднесеному до щільності ґрунту при обробці.

Тоді, спільне рішення рівнянь і буде представляти узагальнену характеристику МТА стосовно заданих умов експлуатації.

Робоча ширина захвату машини-знаряддя для агрегування з трактором визначиться відповідно до:

$$B_p = \frac{G_{Tmax} - G_{T0}}{E_0 \cdot h \cdot V_{Pmax}^2}, \quad (3.8)$$

Аналіз рівняння свідчить, що її величина прямо пропорційна витратам палива на вчинення агрегатом корисної роботи і обернено пропорційна коефіцієнту інтенсивності приросту витрати палива, глибині обробітку ґрунту і квадрату робочої швидкості руху МТА.

Тоді, після перетворення, отримаємо вираз для визначення математичного очікування чистої продуктивності агрегату у вигляді:

$$W_q = \frac{G_{Tmax} - G_{T0}}{E_0 \cdot h \cdot V_{Pmax}}, \quad (3.9)$$

Витрата палива агрегату на одиницю обробленої площі:

$$g_{ra} = \frac{G_{T0}}{B_p \cdot V_p} + E_0 \cdot h \cdot V_p. \quad (3.10)$$

З рівнянь випливає, що пріоритетними шляхами підвищення продуктивності і зниження витрати палива на одиницю обробленої площі є зменшення витрат палива на самопересування агрегату, глибину обробітку

грунту і застосування робочих органів машин-знарядь з меншим питомим тяговим опором, а також збільшення завантаження тракторів по тязі за допомогою збільшення ширини захвату при зниженні робочих швидкостей руху агрегатів.

В якості оціночного показника проєктованих МТА пропонується використовувати значення коефіцієнта корисної дії агрегату, що характеризує частку енерговитрат, затрачену агрегатом на вчинення корисної роботи, від загальної величини.

Чисельні значення ККД агрегату визначаються згідно виразу:

$$\eta_a = \frac{G_T - G_{T0}}{G_{TH}} = \frac{E_0 \cdot B_p \cdot h \cdot V_p}{G_{TH}} \quad (3.11)$$

Аналіз рівняння дозволяє отримати кількісну оцінку впливу основних факторів на ефективність використання потенційних можливостей тягового засобу з енергетичної точки зору.

Підвищення ККД агрегату буде виправданим лише в тому випадку, якщо збільшення ширини захвату, глибини обробки ґрунту і швидкості руху призводять до поліпшення показників якості обробки ґрунту.

Використовуючи отримані залежності, представляється можливим виконати аналіз використання тягових агрегатів на базі тракторів з різними параметрами при виконанні обробки ґрунту стосовно до реальних умов експлуатації, оцінити ступінь досконалості конструкцій машин-знарядь і тракторів, розробити практичні рекомендації по їх використанню і намітити перспективні напрямки розвитку техніки.

При обґрунтуванні параметрів тракторів важливе значення належить застосовуванню технологіям вирощування сільськогосподарських культур, тому що в залежності від глибини обробки ґрунту, ширини захвату агрегату і робочих органів машин-знарядь, швидкості руху, будуть змінюватися

агрофізичні властивості ґрунту, ґрунтова структура, і, в кінцевому рахунку, врожайність.

Тому критерії ефективності ґрунтообробних агрегатів повинні враховувати взаємозв'язки зазначених вище факторів.

Це дозволить проектувати машинно-тракторні агрегати дійсно з позицій енергоресурсозбереження та досягнення максимальної віддачі гектара ріллі.

3.2. Визначення енергетичних показників комбінованого агрегату

Вихідні дані для практичного вирішення поставлених завдань проведені для агрегату в складі трактора New Holland і комбінованого агрегату для технології Strip-Till шириною захвату 5,6 м (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Агрегат Strip-Till

Програма експерименту включала дослідження впливу робочої швидкості руху агрегату (6 рівнів в діапазоні 1,36-2,86 м/с) і глибини

обробки (4 рівня в діапазоні 0,168-0,307 м) на величину питомої погектарної витрати палива.

Отримані дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку годинної витрати палива

h , м	V_5	G_T	V_6	G_T	V_7	G_T	V_8	G_T	V_9	G_T	V_{10}	G_T
0,168	5,2	34,4	6,0	36,4	6,8	37,3	7,8	40,6	9,0	42,3	10,3	53,1
0,224	5,0	38,6	5,8	41,9	6,7	45,8	7,5	50,4	8,7	60,4	9,8	74,6
0,262	4,9	37,9	5,1	37,1	5,8	40,9	6,8	46,5	7,6	53,2	8,7	68,2
0,307	4,9	38,9	5,0	36,9	5,7	41,2	6,4	46,9	7,2	54,0	8,0	68,1

Експериментальні залежності годинної витрати палива від робочої швидкості руху при різній глибині обробки показані на рисунку 3.2.

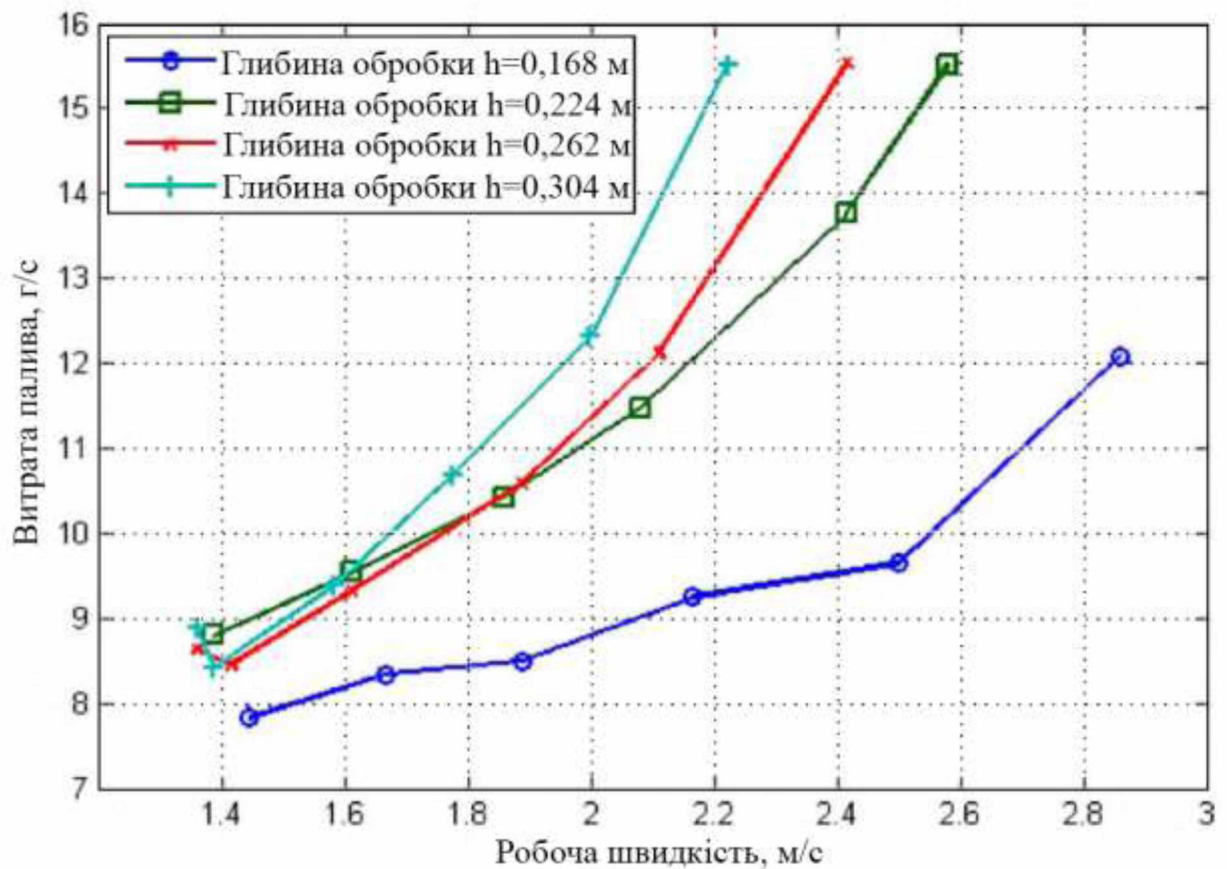


Рисунок 3.2 – Залежність витрати палива від швидкості руху МТА при різній глибині обробітку ґрунту

Отримані дані були оброблені в програмі Statistica 6.0. В результаті отримано рівняння, яке встановлює зв'язок між секундною витратою палива тракторного двигуна, шириною захвату машини-знаряддя, глибиною обробки і робочою швидкістю руху:

$$G_T = 5,24 + 1,09 \cdot B_p \cdot h \cdot V_p^2, R^2 = 0,95 \quad (3.12)$$

Отримане рівняння є основою для обґрунтування раціональних параметрів машинно-тракторного агрегату для смугової обробки ґрунту. Переймаючись максимальною витратою палива, при якому забезпечується найбільша величина використання потужності тракторного двигуна і максимальна сила тяги на гаку при робочій швидкості руху 1,67-2,22 м/с (за вимогами до машини), обчислюємо максимальну і мінімальну ширину захвату машини при різній глибині обробки ґрунту.

Результати розрахунку представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку робочої ширини захвату

$h, \text{ м}$	$B_p^{\min}, \text{ м} (V_p = 1,67 \text{ м/с})$	$B_p^{cp}, \text{ м} (V_p = 1,94 \text{ м/с})$	$B_p^{\max}, \text{ м} (V_p = 2,22 \text{ м/с})$
0,168	12,7	16,1	21,9
0,224	9,3	12,1	16,5
0,262	7,9	10,4	14,1
0,307	6,8	8,8	12,0

Як показує аналіз, глибина обробки ґрунту і робоча швидкість руху агрегату є високо значущими факторами, що визначають раціональну робочу ширину захвату машини-знаряддя для агрегування з трактором. Діапазон її зміни при глибині обробки 0,168 м і зміні робочої швидкості руху в діапазоні 1,67-2,22 м/с знаходиться в межах 10,3-18,3 м, а при глибині обробки 0,307 м – від 5,7 м до 10,1 м. Аналогічно, при швидкості руху 1,67 м/с і зміні глибини

обробки від 0,168 м до 0,307 м цей діапазон становить 18,3-10,1 м, а при швидкості руху 2,22 м/с – від 10,3 м до 5,7 м.

Підвищення робочих швидкостей руху на енергоємних операціях обробки ґрунту призводить до істотного зростання енерговитрат, що диктує необхідність зниження робочої ширини захвату машин, якщо вони агрегатуються з конкретним трактором.

Тому дуже важливо обґрунтувати граничні значення швидкостей руху агрегатів на конкретних видах польових робіт з точки зору якості виконання технологічного процесу, а потім технологічну глибину обробки в конкретних умовах застосування, що забезпечують підвищення врожаю вирощуваних культур і в цілому ефективності обробки ґрунту. Рекомендації заводу-виробника за швидкостями руху знаряддя для смугової обробки ґрунту 1,67-2,22 м/с.

3.3. Дослідження впливу ширини захвату, глибини обробки ґрунту і робочої швидкості руху на продуктивність і паливну економічність

Залежність продуктивності від ширини захвату при різній глибині обробки показана на рисунку 3.3.

Аналіз показує, що для кожного рівня глибини обробки можливі 7 варіантів ширини захоплення машин. Причому, чим вище глибина обробки, тим вже діапазон робочої ширини захоплення. Так, при глибині обробки ґрунту 0,17 м робочий діапазон ширини захоплення знаряддя становить від 7,5 м до 12,75 м, а при глибині 0,32 м від 3,75 м до 6,75 м. При цьому чистий продуктивність МТА зі збільшенням глибини обробки з 0,17 м до 0,32 м істотно знижується: з 16,73-21,81 м² / с до 8,62-11,57 м² / с.

Залежність витрати палива від ширини захвату при різній глибині обробки показана на рисунку 3.4.

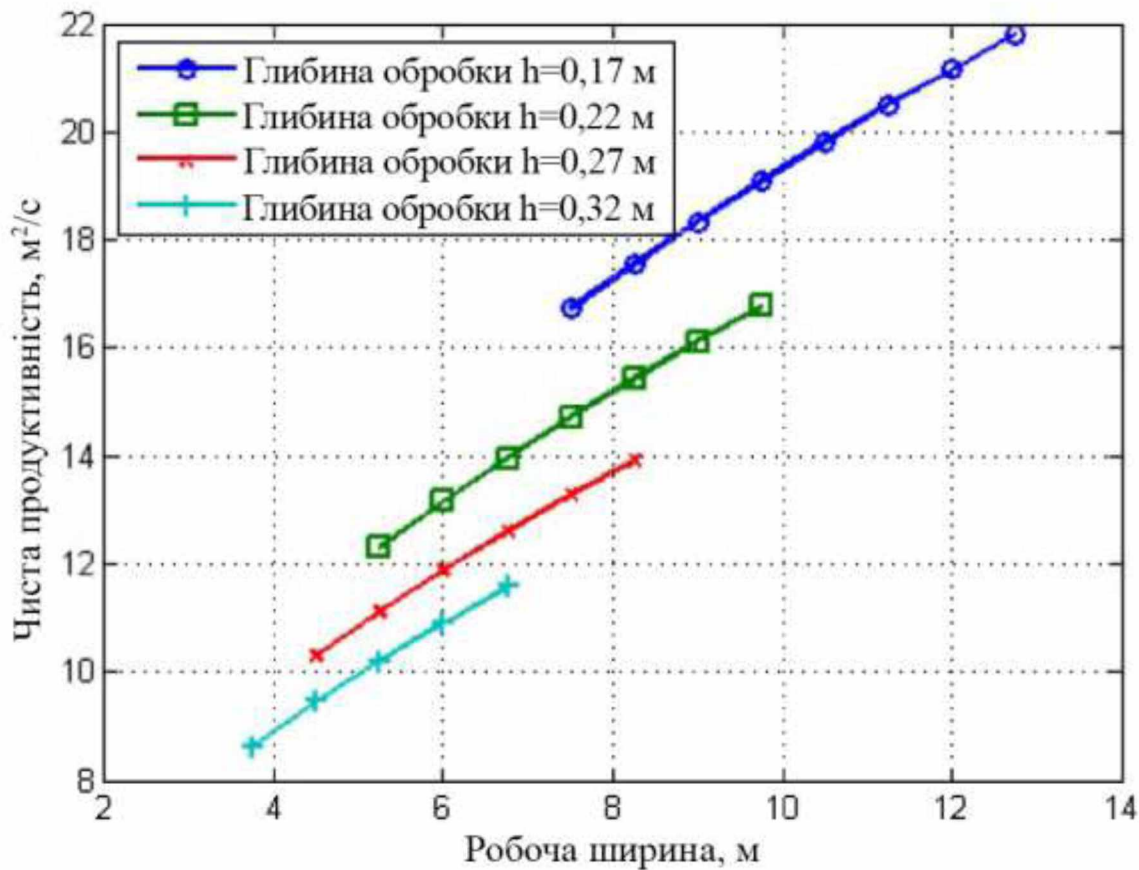


Рисунок 3.3 – Залежність продуктивності від ширини захвату при різній глибині обробки

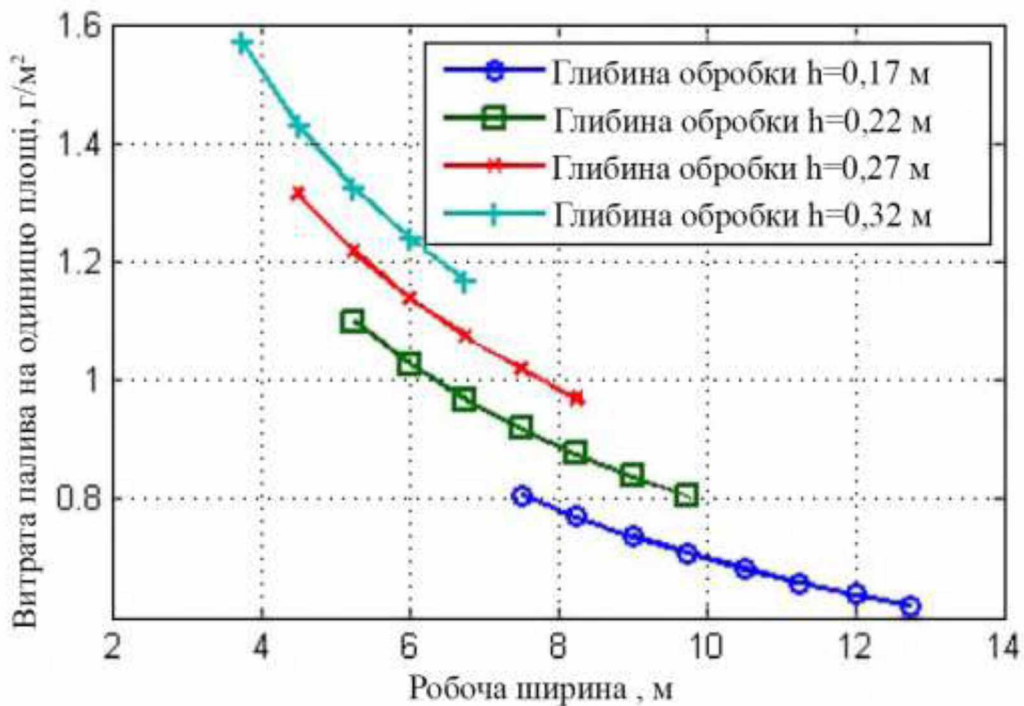


Рисунок 2.4 – Залежність витрати палива від ширини захвату при різній глибині обробки

Витрата палива на одиницю обробленої площі при збільшенні глибини обробітку ґрунту з 0,17 м до 0,32 м зростає з 0,81-0,62 г/м² до 1,56-1,17 г/м². Слід звернути увагу на те, що є значні перекарття по робочій ширині захвату знаряддя під час певного поєднання глибини обробітку ґрунту і робочої швидкості руху. Тому типорозмірний ряд машин-знарядь повинен будуватися виходячи з агротехнічно заданих швидкостей руху та технологічно обґрунтованих значень глибини обробітку ґрунту на основі багаторічних даних польових досліджень та випробувань.

3.4. Раціональні параметри комбінованого агрегату для смугової обробки ґрунту

При обґрунтуванні раціональних параметрів комбінованого агрегату для смугової обробки ґрунту керуємося рекомендаціями заводу-виробника за робочим швидкостям руху (1,67-2,22 м/с). Глибину обробітку ґрунту будемо обґрунтовувати на підставі реалізованого 3-х річного польового дослідження.

Результати розрахунків вихідних показників роботи МТА для трьох рівнів робочих швидкостей руху і 4-х рівнів глибини обробітку ґрунту наведені в таблицях 3.2-3.4.

Таблиця 3.2 – Вихідні показники МТА при швидкості 6 км/год.

h , м	V_p , м/с	B_p^{teor} , м	n , шт.	B_p^{fact} , м	W_u , м ² /с	G_T , г/м ²
0,17	1,67	13,4	17	12,75	21,29	0,63
0,22	1,67	10,4	13	9,75	16,28	0,83
0,27	1,67	8,5	11	8,25	13,78	0,98
0,32	1,67	7,2	9	6,75	11,27	1,20

Таблиця 3.3 – Вихідні показники МТА при швидкості 7 км/год.

h , м	V_p , м/с	B_p^{teor} , м	n , шт.	B_p^{fact} , м	W_u , м ² /с	G_T , г/м ²
0,17	1,94	9,9	13	9,75	18,92	0,71
0,22	1,94	7,7	10	7,5	14,55	0,93
0,27	1,94	6,3	8	6,0	11,64	1,16
0,32	1,94	5,3	6	5,25	8,73	1,55

Таблиця 3.4 – Вихідні показники МТА при швидкості 8 км/год.

h , м	V_p , м/с	B_p^{teor} , м	n , шт.	B_p^{fact} , м	W_u , м ² /с	G_T , г/м ²
0,17	2,22	7,6	10	7,5	16,65	0,81
0,22	2,22	5,9	7	5,25	11,66	1,16
0,27	2,22	4,8	6	4,5	9,99	1,35
0,32	2,22	4,0	5	3,75	8,33	1,62

Так, наприклад, при середній робочій швидкості руху 1,94 м/с (7 км/год.) і глибині обробітку ґрунту 0,17-0,32 м розрахунковий діапазон робочої ширини захвату складе 5,2-9,9 м. Отримані значення заокруглюємо кратно ширині міжрядь.

В результаті маємо 4 рівня ширини захвату знаряддя, відповідні глибини обробітку ґрунту від 0,17 м до 0,32 м: 9,75 м; 7,5 м; 6,0 м і 4,5 м відповідно. Значення чистої продуктивності МТА і витрати палива на одиницю обробленої площі будуть перебувати в межах 18,92-8,73 м²/с і 0,71-1,55 г/м².

Залежність робочої ширини захвату МТА від глибини обробітку ґрунту при різних робочих швидкостях руху (6,0, 7,0 і 8,0 км/год.) наведені в графічному вигляді на рисунку 3.5.

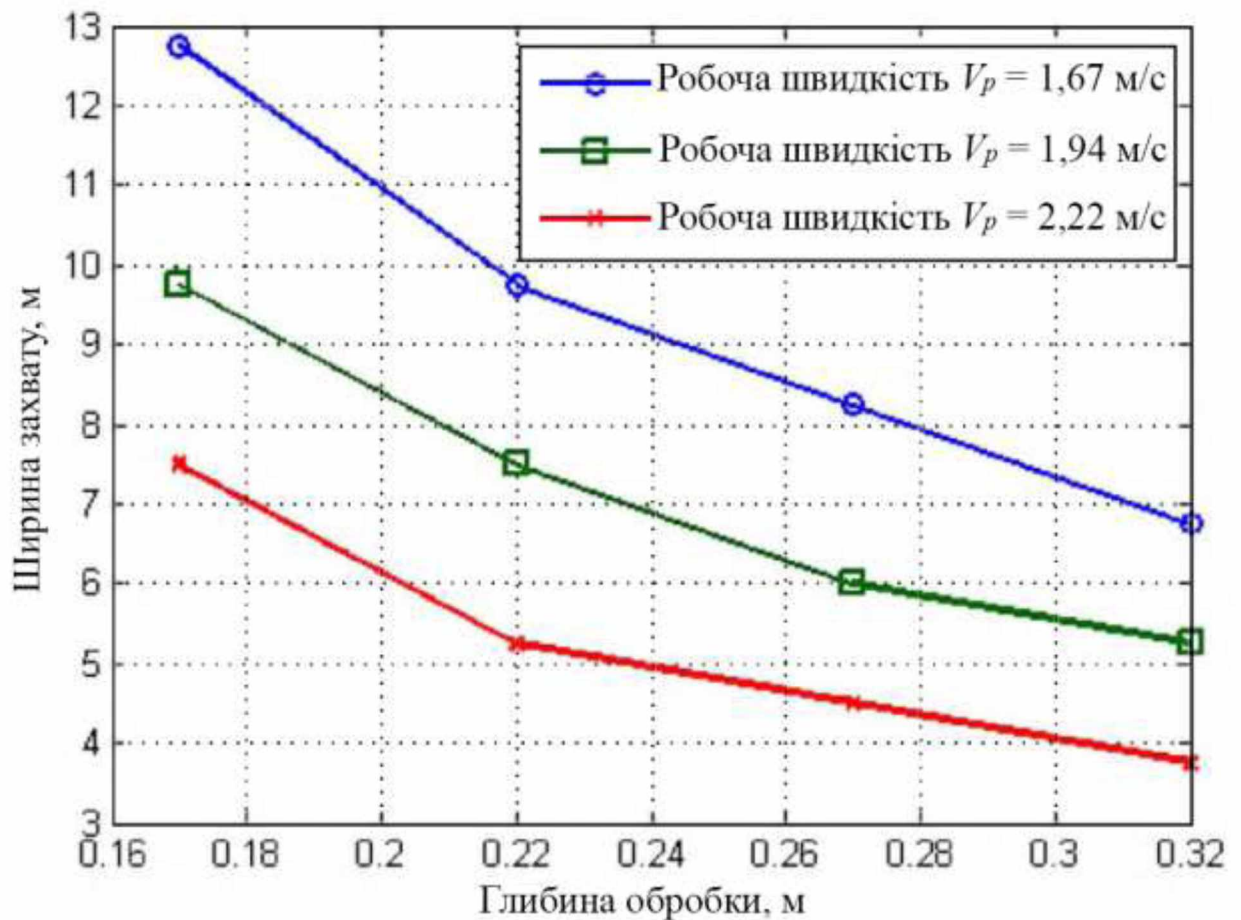


Рисунок 3.5 – Залежність робочої ширини захвату від глибини смугового обробітку ґрунту при русі на різних швидкостях

Слід зазначити, що робоча ширина захвату 7,5 м забезпечить роботу агрегату в діапазоні швидкостей руху 1,67-2,22 м/с і глибини обробітку ґрунту від 0,17 м до 0,30 м, а ширина захвату 6,75 м в діапазоні глибини 0,19-0,32 м, тобто дані варіанти охоплюють практично весь досліджуваний діапазон глибини обробітку ґрунту і швидкостей руху і є раціональними з точки зору завантаження трактора і виконання робіт стосовно до даних умов.

Але останній варіант краще з урахуванням можливостей роботи на велику глибину і отримання більшої врожайності.

Якщо ж застосовувати існуюче знаряддя з робочою шириною захвату 6,0 м (яке випускається підприємством виробником), то воно забезпечить роботу агрегату в діапазоні заданих швидкостей руху при глибині обробки від 0,20 м до 0,34 м. До того ж під дане знаряддя виробляється сівалка EDX 6000 з шириною захвату 6,0 м, яка дозволяє висівати насіння навесні в оброблені восени смуги. А застосування агрегату з шириною захвату 6,75 м потребує модернізації сівалки для забезпечення якісного посіву по обробленим з осені смугам.

Таким чином, застосовувана модель дозволяє виконувати розрахунки раціональних складів агрегатів на базі різних тракторів з урахуванням технологічних значень глибини обробки ґрунту і агротехнічних робочих швидкостей руху.

Висновки

1. Удосконалена математична модель дозволяє на основі результатів енергооцінки МТА по витраті палива встановлювати раціональні склади і режими роботи агрегатів для смугової обробки ґрунту.

2. Глибина обробки ґрунту і робоча швидкість руху агрегату є високо значущими факторами, що визначають раціональну робочу ширину захвату машини-знаряддя для агрегування з трактором. При глибині обробки ґрунту 0,17 м робочий діапазон ширини захвату знаряддя під час агрегування з трактором ХТЗ-242К становить від 7,5 м до 12,75 м, а при глибині 0,32 м від 3,75 м до 6,75 м.

3. Робоча ширина захвату 7,5 м забезпечить роботу агрегату в діапазоні швидкостей руху 1,67-2,22 м/с і глибини обробки ґрунту від 0,17 м до 0,30 м, а ширина захвату 6,75 м в діапазоні глибини 0,19-0,32 м, тобто дані варіанти охоплюють практично весь досліджуваний діапазон глибини обробки ґрунту і швидкостей руху і є раціональними з точки зору

завантаження трактора і виконання робіт відповідно до даних умов. Але останній варіант краще з урахуванням можливостей роботи на велику глибину і отримання більшої врожайності.

4. Застосування існуючого знаряддя з робочою шириною захвату 6,0 м (яке випускається підприємством виробником) забезпечить роботу агрегату в діапазоні заданих швидкостей руху при глибині обробки від 0,20 м до 0,34 м. До того ж під дане знаряддя виробляється сівалка EDX 6000 з шириною захвату 6,0 м, яка дозволяє висівати насіння навесні в оброблені восени смуги. А застосування агрегату з шириною захвату 6,75 м потребує модернізації сівалки для забезпечення якісного посіву по обробленим з осені смугам.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з

урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

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

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

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

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

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

травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

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

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

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

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

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Розрахункові значення вихідних показників МТА і витрат на обробку ґрунту з різною глибиною наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку витрат

Показник	Глибина обробки			
	0,17 м	0,22 м	0,27 м	0,32 м
Робоча швидкість руху, м/с	1,94	1,94	1,94	1,94
Чиста продуктивність, м ² /с	13,10	10,19	8,73	7,28
Питома витрата палива, г/м ²	1,03	1,33	1,55	1,86
Експлуатаційні витрати всього, грн./га	1156,2	1312,7	1479,5	1759,4
- ПММ	210,34	275,51	343,65	459,19
- заробітна плата	19,58	25,46	31,82	42,43
- амортизація	437,56	472,58	510,39	573,43
- технічне обслуговування і ремонт	488,74	539,14	593,59	684,36

Як показує аналіз, зі збільшенням глибини обробки ґрунту від 0,17 м до 0,32 м експлуатаційні витрати на його обробку збільшуються з 1156,2 грн./га до 1759,4 грн./га. Вибір глибини обробки ґрунту і дози внесення мінеральних добрив буде визначатися співвідношенням зниженням (надбавкою) врожаю і витрат на її досягнення.

Результати розрахунку експлуатаційних витрат для різної глибини обробки представлені на рис. 4.3.

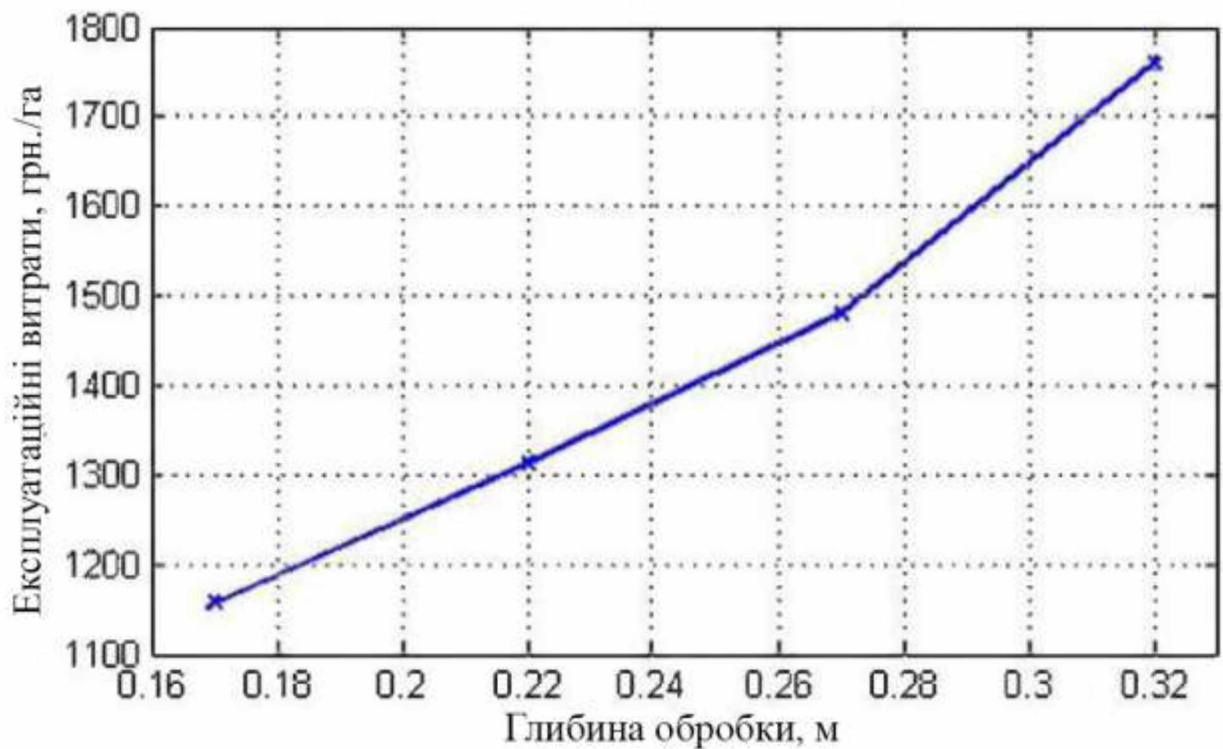


Рисунок 4.3 – Залежність експлуатаційних витрат від глибини МТА при різній глибині обробки

Оцінку ефективності обробки ґрунту на різну глибину визначали по співвідношенню величини виходу продукції (врожаю соняшнику) і експлуатаційних витрат на обробку ґрунту в грошовому еквіваленті.

Коефіцієнт ефективності витрат обчислювався за формулою [27]:

$$K_E = \frac{E_T \text{ ЧП}}{K_B + B + D}, \quad (4.1)$$

де E_T – врожайність соняшнику, ц/га;

P – ціна одного центнера реалізованої продукції, грн.;

K_B – базові експлуатаційні витрати на реалізацію технології обробітку соняшнику (без осінньої обробки ґрунту), грн./га;

B – експлуатаційні витрати на осінню обробку ґрунту, грн./га.

D – витрати, пов'язані з придбанням добрив.

Для порівняння ефективності експлуатаційних витрат при різній глибині обробки з формули визначимо величину базових витрат і прирівняємо їх для різних варіантів:

$$K_B = \frac{E_T^1 \text{ ЧП}}{KE_1} - (B_1 + D_1) = \frac{E_T^n \text{ ЧП}}{KE_n} - (B_n + D_n), \quad (4.2)$$

де E_T^1, KE_1, B_1, D_1 – врожайність, коефіцієнт ефективності витрат, експлуатаційні витрати і витрати на добрива базового варіанту глибини обробки (0,17 м);

E_T^n, KE_n, B_n, D_n – врожайність, коефіцієнт ефективності витрат, експлуатаційні витрати і витрати на добрива оцінюваного варіанту обробки (0,22 м, 0,27 м, 0,32 м);

Провівши перетворення виразу (4.2) і вивівши коефіцієнт ефективності експлуатаційних витрат оцінюваного варіанту отримаємо:

$$K_E = \frac{E_T^n \text{ ЧП} \text{ Ч} KE_n}{E_T^1 \text{ ЧП} - (DB + DD) \text{ Ч} KE_1}, \quad (4.3)$$

де $DB = B_n - B_1$ – зміна експлуатаційних витрат, грн.

$DD = D_n - D_1$ – зміна витрат на добрива, грн.

Беручи $K_E = 1$ для базового варіанту обробки ґрунту, отримаємо коефіцієнт ефективності експлуатаційних витрат:

$$K_E^1 = \frac{E_T^n \text{ЧР}}{E_T^1 \text{ЧР} - (DB + DD)}, \quad (4.4)$$

Розрахункові значення коефіцієнту ефективності експлуатаційних витрат в залежності від глибини обробки і дози внесення добрив в графічному вигляді представлені на рис. 4.4.

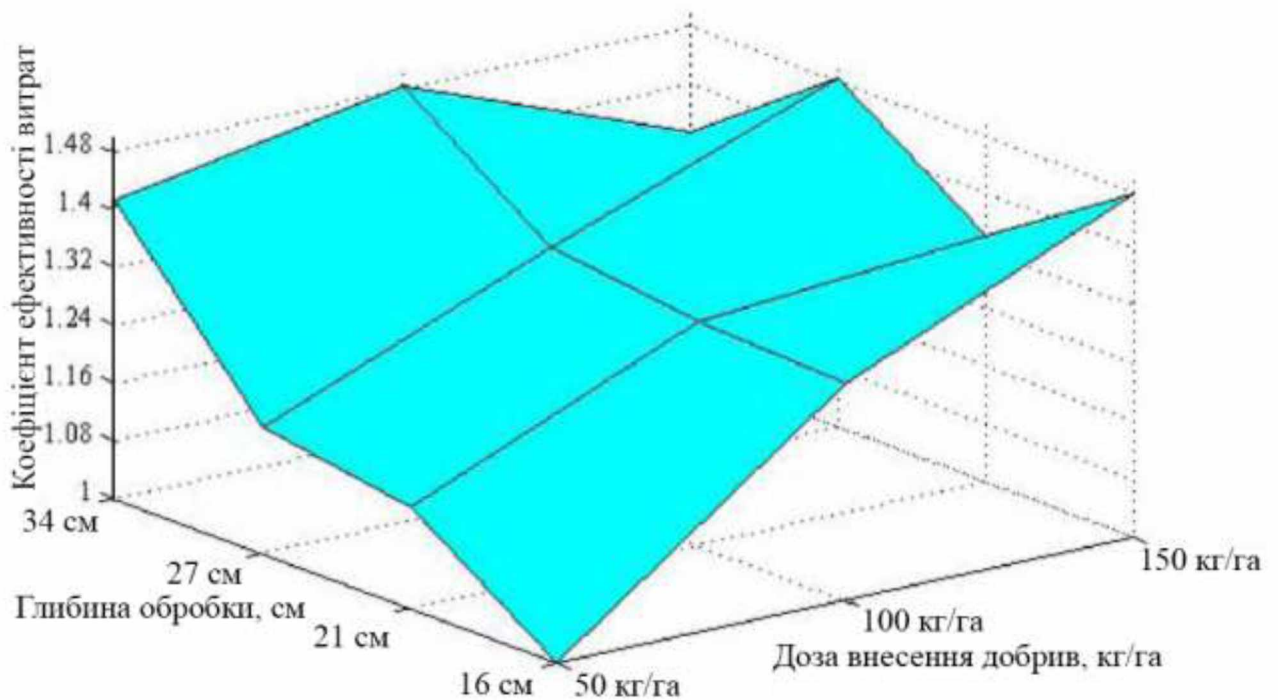


Рисунок 4.4 – Залежність коефіцієнту ефективності експлуатаційних витрат при реалізації смугової технології від глибини обробки ґрунту і дози внесення добрив

В результаті оцінки ефективності витрат встановлено, що найбільш ефективним ($K = 1,485$) є варіант смугової обробки з глибиною обробки 0,32 – 0,34 м і дозою внесення добрив 100 кг/га. Подібні до цього варіанту є варіанти з глибиною 0,27 м і дозою внесення добрив 15 кг/га і з глибиною 0,17 м і дозою внесення 150 кг/га ($K = 1,477$).

Висновки

1. Зі збільшенням глибини обробки ґрунту від 0,17 м до 0,32 м експлуатаційні витрати на її обробку збільшуються з 1156,2 грн./га до 1759,4 грн./га.

2. Отримані результати показують, що найбільш раціональним є варіант технології з глибиною обробки 0,32 – 0,34 м і дозою внесення 100 кг/га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз технологій смугового обробітку ґрунту і ґрунтообробних машин вказує на перспективність даного напрямку, що дозволяє істотно знизити інтенсивність техногенного впливу на ґрунт, тим самим зберегти або підвищити ґрунтову родючість у багаторічній перспективі, а також значно підвищити продуктивність МТА і знизити витрату палива на одиницю обробленої площі.

2. Удосконалено математичну модель обґрунтування раціональних складів і режимів роботи МТА шляхом введення коефіцієнтів ефективності глибини обробітку ґрунту і дози внесення мінеральних добрив.

3. Робоча ширина захвату 7,5 м забезпечить роботу агрегату в діапазоні швидкостей руху 1,67-2,22 м/с і глибини обробітку ґрунту від 0,17 м до 0,30 м, а ширина захвату 6,75 м в діапазоні глибини 0,19-0,32 м, тобто дані варіанти охоплюють практично весь досліджуваний діапазон глибини обробітку ґрунту і швидкостей руху, і є раціональними з точки зору завантаження трактора і виконання робіт відносно до даних умов. Але останній варіант краще з урахуванням можливостей роботи на велику глибину і отримання більшої врожайності.

4. Отримані результати показують, що найбільш раціональним є варіант технології з глибиною обробки 0,32 - 0,34 м і дозою внесення добрив 100 кг/га.