

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 20 р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
Андрій ВОЙТІК
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи «ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯРУСНОГО
ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ПОШАРОВИМ ОБРОБІТКОМ ґРНТУ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Квітко Д.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та
ініціали)

м. Умань – 2023 рік

РЕФЕРАТ

Квітко Д.А. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ярусного глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 68 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 20 рисунків, 8 таблиць, 23 джерела літератури).

Застосування правильних науково обґрунтованих способів обробітку ґрунту – основа ефективного землеробства, а також можливість покращення родючості ґрунту. Рациональна система обробітку ґрунту є складовою частиною науково обґрунтованих зональних систем землеробства без застосування яких неможливе одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур. Тому, дослідження щодо глибокого обробітку ґрунту на сьогодні є актуальними.

Метою дипломної роботи є підвищення якості глибокого розпушування ґрунту шляхом створення в ґрунтовому середовищі енергоощадних деформацій за рахунок обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів глибокорозпушувача з пошаровим обробітком зрошуваних та важких богарних ґрунтів.

Об'єкт дослідження – процес глибокого пошарового розпушування ґрунту та технічні засоби для його реалізації.

Предмет дослідження – залежність показників якості глибокого пошарового розпушення ґрунту і енергетичних витрат від конструктивно-технологічних параметрів запропонованого багатоярусного розпушувача у відповідності із властивостями ґрунтового середовища.

Ключові слова: ОБРОБІТОК ГРУНТУ, РОЗПУШУВАННЯ ГРУНТУ, ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧ, КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ	9
1.1. Аналіз впливу глибокого обробітку ґрунту на властивості ґрунту	9
1.2. Аналіз впливу глибокого обробітку ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур.....	11
1.3. Огляд методів і засобів для глибокого обробітку ґрунту	15
1.4. Обґрунтування мети та завдання досліджень.....	21
Висновки по розділу.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ПОШАРОВИМ ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ.....	24
2.1. Опис технологічної схеми глибокорозпушувача.....	24
2.2. Обґрунтування робочої поверхні лапи глибокорозпушувача.....	26
2.3. Обґрунтування розміщення робочих органів по довжині на рамі знаряддя.....	29
2.4. Обґрунтування розміщення робочих органів по ширині на рамі знаряддя.....	35
Висновки по розділу.....	37
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗТАШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ПОШАРОВИМ ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ.....	38
3.1. Методика експериментальних досліджень знаряддя для глибокого обробітку ґрунту.....	38
3.2. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на показник якості розпушування ґрунту.....	42
3.3. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на середнє значення тягового опору.....	44

3.4. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на середньоквадратичне відхилення тягового опору.....	46
3.5. Раціоналізація геометричних параметрів розташування робочих органів глибокорозпушувача.....	48
Висновки по розділу.....	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	51
4.1. Організація умов та заходів з охорони праці на виробництві.....	51
4.2. Логіко-імітаційне моделювання процесів виникнення травм при роботі із сільськогосподарською технікою.....	53
Висновки по розділу.....	55
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО ЯРУСНОГО ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА.....	56
5.1. Розрахунок собівартості розробленого ярусного глибокорозпушувача...	56
5.2. Техніко-економічна ефективність застосування ярусного глибокорозпушувача.....	60
Висновки по розділу.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

На сьогодні кожному рівню розвитку продуктивних сил суспільства відповідають конкретні системи землеробства, які в кінцевому рахунку і визначають рівень забезпеченості населення продуктами харчування, а промисловість – сировиною. Невпинний ріст енергонасиченості сільськогосподарського виробництва, з одного боку, створив реальні можливості для інтенсифікації механічного обробітку ґрунту, а з другого – привів до його суттєвої агрофізичної деградації, пов'язаної з ростом швидкості розкладання гумусу.

При інтенсивному землеробстві відбуваються зміни фізичного стану ґрунту, інтенсивність та хід хімічних, біологічних процесів, хід руйнування та накопичення гумусу тощо. Зміна фізичних умов проявляється насамперед у руйнуванні структурних агрегатів великими масами крапельної води, що призводить до запливання ґрунту, утворення кірки, зменшення його водопроникності й повітроємності, що призводить до зміни властивостей ґрунту за шарами.

Тому розробка ефективних технічних засобів пошарового обробітку ґрунту в умовах інтенсивного землеробства має велике значення і є актуальною.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1. Аналіз впливу глибокого обробітку ґрунту на властивості ґрунту

Фізична деградація ґрунтів, як наслідок їхнього інтенсивного механічного обробітку та зниження вмісту органічної речовини, практично охопила всю ріллю України. Вона проявляється у знеструктуренні верхнього шару, брилистості після оранки, кіркоутворенні, наявності плужної підшви, переущільненні орного та підорного шару ґрунту.

Проблема переущільнення ґрунтів – здавна відома в Україні, що супроводжується несприятливими екологічними наслідками і значними економічними збитками. За прогнозом уразливості ґрунтів до переущільнення (Рис. 1.1), малу небезпеку становлять ґрунти легкого гранулометричного складу з високими параметрами вихідної щільності й зниженою вологістю. Висока уразливість відзначається в глинистих ґрунтах з низькою рівноважною щільністю і вологістю, що дорівнює або вище вологості фізичної спільності. Реальна небезпека переущільнення існує майже на 22 млн. га ріллі [4, 20].

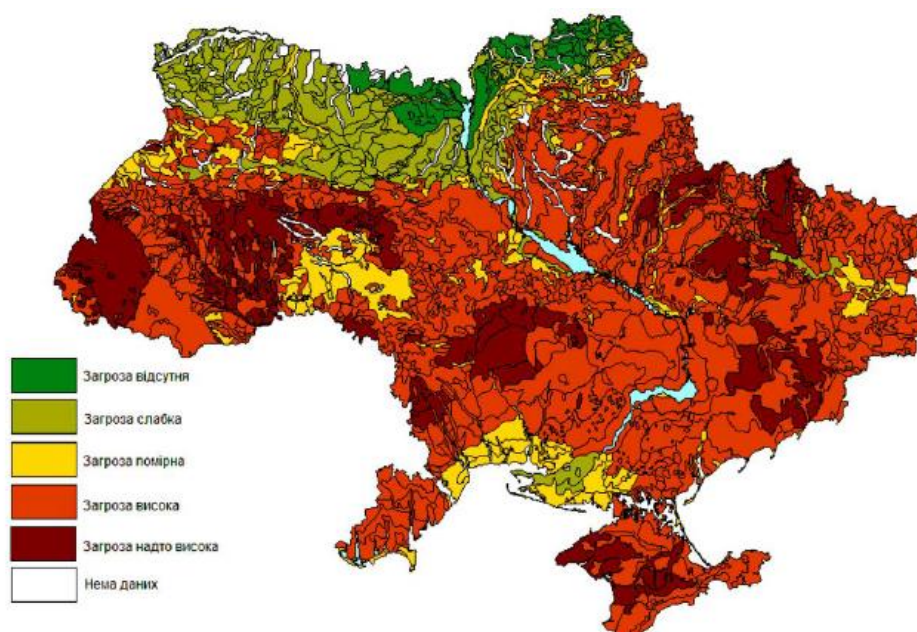


Рисунок 1.1 – Загрози переущільнення ґрунтів України

У даний час відбувається подальше посилення техногенного фактора: важкі сільськогосподарські машини і трактори, зайві проходи МТА полем,

недостатнє внесення органічних добрив в ґрунт, неправильна сівозміна. Кожна додаткова операція, додатковий прохід трактора по полю порушує структуру ґрунту. За даними багаторічних досліджень ґрунтові деформації розповсюджуються на глибину до 2 м під колесами трактора, порушення структури при цьому відбивається на урожайності сільськогосподарських культур, яка зменшується в деяких випадках до 30-60% [3]. Дослідженнями в нашій країні і за кордоном [1, 2] встановлено, що в результаті інтенсивної дії сільськогосподарської техніки на ґрунт погіршуються найважливіші агрофізичні і агрохімічні показники: руйнується структура, збільшуються щільність і твердість ґрунтів в орному та підорному шарах ґрунту, що веде до зменшення водо й повітропроникності, а в кінцевому результаті до зниження урожаю сільськогосподарських культур й підвищення витрат на наступні обробітки ґрунту [6, 8].

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур, базуючись на багаторазових проходах все більш важких машинно-тракторних агрегатів, прийшли в протиріччя з природоохоронними процесами. Це спонукало до пошуку нових інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, направлених на оптимізацію взаємодії системи «машина-ґрунт-рослина», зменшення залежності урожаю від погодних умов, збереження і підвищення родючості ґрунту, зниження енергетичних і трудових затрат [12].

Рациональний обробіток ґрунту є важливою ланкою в системі заходів щодо забезпечення високої культури землеробства. Відомо, що необхідними умовами для росту і розвитку рослин є нормальний водно-повітряний режим ґрунту, його оптимальна щільність і структура. Нині основним способом створення сприятливих для сільськогосподарських рослин властивостей ґрунту є його механічний обробіток. Застосування різних прийомів обробітку ґрунту має бути диференційованим, з урахуванням місцевих особливостей ґрунтів і погодних умов.

Підвищення щільності ґрунту призводить до збільшення його твердості й неоднорідності, що є причиною поганого проростання насіння. Зміна властивостей ґрунту залежить від початкового його стану: щільності і вологості під час проходження техніки, її одиничної маси, конструкції ходової системи, контактної тиску на ґрунт, кратності дії. Порушення структури ґрунту, збільшення щільності під дією сільськогосподарської техніки веде до зменшення як загальної, так і диференціальної шпаруватості. У першу чергу зменшується між агрегатна волого-повітропровідна шпаруватість, потім – внутрішньоагрегатна шпаруватість, яка визначає в основному водоутримуючу здатність ґрунтів.

При щорічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину більше 50% староорних земель піддаються ще ущільненню підорного горизонту безпосередньо робочими органами ґрунтообробних знарядь. Залежно від конструкції робочих органів, ваги знаряддя, кількості операцій на одну і ту ж глибину, механічного складу ґрунту, товщина ущільненого шару – «плужної підшви» – може складати 12-17 см [1].

Вибір способів обробітку ґрунту повинен забезпечувати рішення загальних проблем сучасного землеробства, найбільш актуальними з яких є переущільнення ґрунту сільськогосподарськими машинами і висока енергоємність його обробітку. Як показують дослідження вітчизняних і зарубіжних учених, ці проблеми взаємозв'язані.

Застосування правильних науково обґрунтованих способів обробітку ґрунту – основа ефективного землеробства, а також можливість покращення родючості ґрунту.

1.2. Аналіз впливу глибокого обробітку ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур

Одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур неможливе без широкого застосування науково обґрунтованих зональних систем

землеробства, складовою частиною яких є раціональна система обробітку ґрунту.

Головною метою зонального підходу є науково обґрунтована тактика та агротехнічна політика вибору таких технологій і прийомів, що найбільшою мірою враховують конкретні ґрунтово-кліматичні та економічні умови ведення господарства і дають максимально можливий ефект.

Основні принципи зональних систем землеробства полягають, насамперед, у всебічному аналізі та обліку природно-кліматичних і ґрунтових умов з метою отримання стійких врожаїв, незалежно від погодних явищ. При цьому необхідно зберегти і розширити відтворення родючості ґрунтів, звести до мінімуму негативний вплив антропогенних і техногенних факторів на ґрунт, не порушуючи в такий спосіб екологічної рівноваги.

На основі вищевикладеного можна сказати, що зональні системи землеробства вимагають розробки зональних енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту, задачею яких є:

- створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин при раціональному використанні природних ресурсів, з метою одержання максимально можливого врожаю сільськогосподарських культур у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах;

- збереження і відтворення родючості ґрунту;

- зниження енергоємності обробітку ґрунту.

Переуцільнення ґрунтів сільськогосподарською технікою розглядається, як найважливіший чинник деградації агрофізичного їх стану і родючості. Вказана проблема спонукала ряд учених на вивчення питання про поповнення гумусу в ґрунті і залежність вмісту його від механічного обробітку. Результати досліджень наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вміст гумусу при полицевому і безполицевому обробітку ґрунту

Глибина, см	Вміст гумусу		Різниця вмісту гумусу
	Оранка з перевертанням скиби ґрунту	Плоскорізний обробіток ґрунту	
0-10	3,81	4,14	0,33
10-20	3,84	4,05	0,21
20-30	3,80	3,95	0,15
30-40	3,49	3,57	0,08

З наведеної таблиці 1.1 випливає, що процес накопичення гумусу при обробітку ґрунту без перевертання скиби ґрунту відбувається швидше, ніж при звичайній оранці.

Однією з важливих задач обробітку ґрунту є створення і підтримання його щільності в межах, які б забезпечили сприятливі умови для протікання біологічних, фізико-механічних і біохімічних процесів, що проходять в ґрунті, і покращення його теплового, повітряного та режиму живлення з метою отримання максимальних урожаїв.

Дані багатьох досліджень свідчать, що кожному виду сільськогосподарської культури для отримання високих урожаїв відповідають певні значення щільності ґрунту. В середньому ці значення знаходяться в межах 1,10-1,26 г/см³ [23]. Якщо щільність ґрунту зміниться в сторону збільшення чи зменшення від оптимальної (0,1-0,3 г/см³), то це призводить до втрати урожайності до 40 % [15].

Щільність ґрунту є найбільш істотною характеристикою, яка обумовлює його склад, водно-фізичні властивості й біологічну активність. Водний, повітряний, тепловий та поживний режими життєдіяльності ґрунтової флори і фауни цілком залежать від величини щільності ґрунту.

Рослини однаково погано реагують, як на ґрунти з високою щільністю, так і з низькою. У щільних ґрунтах порушується повітро- і газообмін, підвищується вміст недоступної вологи й різко скорочується місце для доступної. А розпушений ґрунт не здатний утримувати вологу, що не забезпечує контакт ґрунтових часток з насінням, а при просіданні порушує

кореневу систему рослин, яка починає розвиватися. Отже, для повноцінного розвитку рослин необхідні умови для підтримання оптимальної щільності ґрунту, що одержало назву “оптимальна щільність ґрунту”, причому різним ґрунтам і різним сільськогосподарським культурам відповідає своє визначене значення оптимальної щільності.

Для характеристики умов роботи техніки для обробітку ґрунту та вимог вирощуваних сільськогосподарських культур необхідно мати ще й оцінку вологості ґрунту у момент проведення його механічного обробітку і протягом вегетації сільськогосподарської культури.

Інтегральним показником фізичних властивостей ґрунту є водопроникливість. По ній можна робити аналіз щодо величини щільності ґрунту, його структури, механічного складу.

Останні 40-50 років в нашій країні та за кордоном для основного обробітку ґрунту почали застосовуватися розпушувачі чизельного типу. Робота цих знарядь полягає в тому, що вони розпушують шар ґрунту однаково на усю глибину розпушування зі збереженням стерні, витримуючи при цьому задану глибину обробітку залежно від їх конструктивних особливостей [13].

Аналіз літературних джерел підтверджує ефективність застосування глибокого розпушування ґрунту на переущільнених ґрунтах та ґрунтах зрошувального землеробства. Одним з основних завдань зрошувального землеробства, є обробіток ґрунту, який би сприяв вирішенню питання недостатку ґрунтової вологи для формування повноцінних врожаїв сільськогосподарських культур [16].

Із досліджень науковців визначено, що спущування ґрунту сприяло більшому накопиченню вологи. В середньому запасів вологи при глибокому спущенні було на 49,5 %, більше ніж при оранці.

Залежно від способу обробітку ґрунту змінювалось пошарове формування кореневої системи озимої пшениці. Наприклад, на оранці в шарах ґрунту 0-25, 25-45, 45-60 см містилось коренів озимої пшениці відповідно 70%,

20%, 8% і 2%, в той час як на ділянці з глибоким обробітком (в тих же шарах ґрунту) містилось 55%, 30%, 10% і 5% коренів [19].

Таким чином, проведення якісного глибокого розпушування сприяє кращому накопиченню вологи в ґрунті, що в свою чергу позитивно впливає на приріст урожайності сільськогосподарських культур. На глибокий обробіток в перші роки відзиваються просапні культури, кукурудза, соняшник, які мають міцну кореневу систему, що дає можливість використовувати ґрунтову вологу з нижніх шарів ґрунту.

1.3. Огляд методів і засобів для глибокого обробітку ґрунту

Розушільнення підорного горизонту є важливою умовою підвищення урожайності сільськогосподарських культур. У даний час як в нашій державі, так і за кордоном широке застосування знайшли глибокорозпушувачі та чизельні плуги. У багатьох країнах світу, відбувається поступове збільшення площ, на яких застосовується глибокий обробіток ґрунту, на важких ґрунтах та в умовах зрошуваного землеробства. Це викликано інтенсивністю виробництва сільськогосподарських культур, що призводить до збільшення кількості операцій, пов'язаних з роботою тракторних агрегатів на полі, в зв'язку з чим переушільнюються, як орні, так і підорні шари ґрунту. На сьогоднішній день нараховується велика кількість різноманітних машин і знарядь для глибокого обробітку ґрунту, здатних виконувати його обробіток на глибину до 0,8 м.

Необхідність застосування глибокого обробітку супроводжується рядом кліматичних, ґрунтових, морфологічних та інших факторів, в сукупності з якими даний вид обробітку був би найефективнішим у порівнянні з іншими. За твердженням ґрунтознавців, велику увагу слід приділяти важким переушільненим ґрунтам з метою збільшення ґрунтової вологи та перезволоженим ґрунтам, які потребують відведення надлишку вологи.

Важливим фактором є якість проведення глибокого обробітку. Для цього необхідно не тільки правильний підбір ґрунту для обробітку відповідним

способом, але й підбір ґрунтообробного знаряддя. Ці дві умови є головними, які визначають ефективність обробітку ґрунту.

На сьогодні найпоширенішим методом глибокого обробітку ґрунту є механічна дія за допомогою ґрунтообробних машин для глибокого обробітку ґрунту.

Машини для глибокого обробітку ґрунту можна розділити на дві групи:

- машини, які здатні виконувати обробіток ґрунту на глибину до 0,4 м;
- машини, які здатні виконувати обробіток ґрунту на глибину до 0,8 м.

Технологічна операція глибокого обробітку ґрунту є складною і характеризується значними енергетичними показниками, в зв'язку з чим перевагу одержали знаряддя, які відносяться до першої групи. Знаряддя другої групи, які характеризуються значною глибиною обробітку, застосовуються рідко або у випадку необхідності.

У перші роки для глибокого розпушування нижнього шару ґрунту використовувались звичайні тракторні плуги зі знятими полицями. У подальшому був впроваджений обробіток ґрунту плугом з вирізними ґрунтопоглиблюючими корпусами на глибину 0,30-0,32м. Під час технологічної операції біля 20% підорного шару ґрунту переміщалося в верх по лемішу і змішувалося з основною масою і частково виносилося на поверхню. Мала швидкість виконання технологічної операції спричиняла погіршення якості обробітку шару ґрунту.

Машини для глибокого обробітку ґрунту за конструктивними особливостями поділяють на розпушувачі з:

- активними робочими органами;
- пасивними робочими органами;
- пристосуванням для внесення хімічних меліорантів.

Розпушувачі активної дії WS-1, WS-2, ВРН.80.3, VP-500, VH-500GN (Рис. 1.2) відрізняються тим, що мають вібраційне долото, яке забезпечує йому здатність працювати на глибинах до 0,8 м. Додатково за рахунок активності вдається зменшити тяговий опір. Якість розпушування із-за великої глибини

незадовільна, тому такі машини використовують лише з метою меліорації. Можуть додатково комплектуватись бункером для глибокого внесення добрив в садах і виноградниках.



Рисунок 1.2 – Технічні засоби для обробітку ґрунту:
а) розпушувач активної дії VP-500; б) розпушувач активної дії VP-500 GN

Ґрунтообробні машини для глибокого обробітку з пасивними робочими органами застосовуються майже у всіх країнах світу, відрізняються вони простотою конструкції та надійністю.

Пасивні робочі органи монтуються на рамі машини за допомогою пружних та жорстких стійок. Пружні стійки дозволяють одержати більш інтенсивне розпушування при менших енергозатратах завдяки виникненню вібрації під час технологічної операції. Із збільшенням глибини обробітку ґрунту, вібрації гнучких стійок згасають і відмінності при роботі жорстких і гнучких стійок в такому випадку не спостерігається [7, 9].

До машини глибокого обробітку ґрунту з пружними стійками можна віднести чизельні плуги різного роду, наприклад: Stubblemaster (виробник фірма Harword Bagshaw, Hectavator фірми Browns) [2], M27-7B, 80B-11B фірми Soil Sover, Cult flex, Cultiflex R фірми Huard та ін. Вони відрізняються конфігурацією стійок, різномовидністю лап (наявність долота чи стрілкової лапи), а також використання додаткових гнучких елементів.

Глибкорозпушувач Artiglio з подрібненням ґрунту від італійської фірми Gas-pardo призначений для підготовки ґрунту під сівбу. Агрегат забезпечує

обробіток ґрунту на глибину від 0,3 до 0,65м з одночасним подрібненням, перемішуванням та частковим ущільненням ґрунту. Використовується як альтернатива плугу при безвідвальному обробітку ґрунту. Конструкція агрегату дозволяє руйнувати підшву, яка утворилася після роботи плуга, а також подрібнювати ґрунт та рослинні рештки (Рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Глибокорозпушувач Artiglio із зубчастим котком

Глибокорозпушувачі серії XS/XXS (Рис. 1.4) мають таку конструктивну особливість – як двохбалкова рама з великим переходом, чим гарантується при великій глибині розпушування робота зі збереженням рослинних залишків, положення лап забезпечує якісне розпушування ґрунту крильчастими робочими органами, що є важливою умовою покращення дренажу дощових вод і кращого розвитку кореневої системи рослин.



Рисунок 1.4 – Глибокорозпушувач серії Terra Dig SSD
та серії Terra Dig XXS

Робочі органи машини комплектуються змінними ножами. Від перевантаження лап і рами захищає механічний розривний болт, або гідравлічна система «нон-стоп» захисту. Додатково глибокорозпушувач комплектують зубчастим чи трубчастим котком для подрібнення значних ґрунтових фракцій на поверхні.

Поширення в Україні глибокорозпушувачів вимагає відповідних знань про систему обробітку, яка передбачає збереження і накопичення вологи за рахунок ефектів наявності замульчованої поверхні, здібності розпушування шару ґрунту з розвиненою мережею тріщин.

Аналіз конструкцій відомих машин для глибокого обробітку ґрунту показує, що всі вони зводяться до двох конструктивних схем: з одним або двома стояками. Обидва ці напрямки є базовими, від яких побудовано ряди робочих органів, що мають різний ступінь впливу на ґрунт за інтенсивністю.

Використання чизельних плугів і глибокорозпушувачів для розуцілення підорних горизонтів призвело до виникнення поняття «критична глибина» обробітку ґрунту для пасивних робочих органів.

Критична глибина різання є границею зон змінення процесу різання з відділенням стружки і зминання ґрунту клином. Різання ґрунту нижче критичної глибини супроводжується значним збільшенням тягового опору робочого органу по відношенню до дійсного кришення ґрунту і залежить від геометричних параметрів робочого органу та властивостей ґрунту. Одержання гарних показників якості обробітку з найменшими енергетичними показниками можливе при умові, коли задана глибина обробітку не перевищує значення критичної глибини різання [13].

Одним із способів усунення «критичної глибини» при обробітку ґрунту є пошарове розпушування. З цією метою випускаються знаряддя для пошарового обробітку Level Life subsoil Tine та Gigant Grumber фірмою Cousins, також ЯР-70, комбінований агрегат КАО-10-35.

Ярусний розпушувач ЯР-70 має два ряди стояків, які йдуть слід у слід. Таким чином вони виконують пошаровий обробіток. Особливістю конструкції є

те, що опo-рне колесо має ширину, що дорівнює ширині захвату агрегату. Завдяки підвищеній площі опорної поверхні колеса питомий тиск на ґрунт не перебільшує тиск, який мають котки. Таким чином, опорне колесо виконує роль котка: кришить грудки ґрунту, вирівнює поверхню (Рис. 1.5).

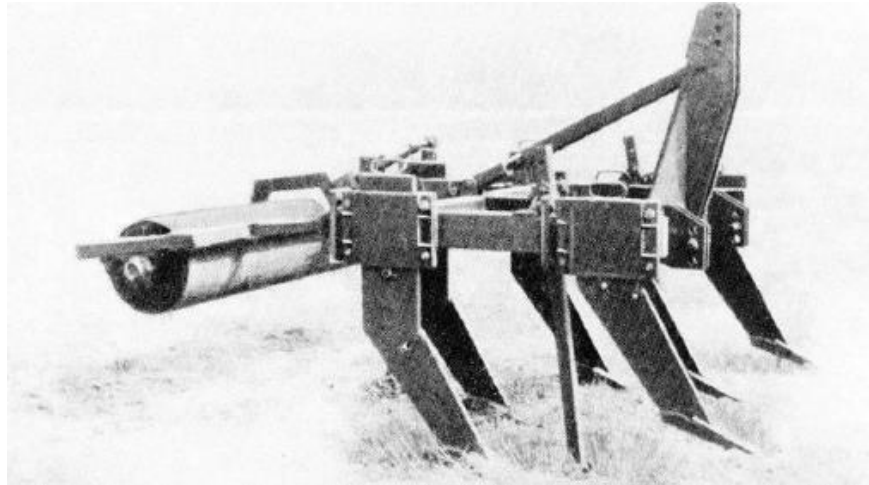


Рисунок 1.5 – Ярусний розпушувач ЯР-70

Розробка нових знарядь для глибокого обробітку ґрунту в основному супроводжується двома критеріями:

- зниження тягового опору знаряддя;
- підвищення показника якості обробітку ґрунту.

У даний час існує ряд машин для пошарового обробітку ґрунту, але більшість з них є комбінованими (Рис. 1.6), які виконують основний обробіток з поглибленням орного шару.



Рисунок 1.6 – Комбінований агрегат для пошарового обробітку ґрунту,
дисколапова борона AGROLAND B20

На показники якості технологічного процесу обробітку ґрунту впливає величина глибини обробітку. Одержати кращі показники якості глибокого обробітку можна двома шляхами:

- встановлення додаткових пристосувань, приставок;
- розробка знарядь з пошаровим обробітком ґрунту, які б дозволяли інтенсивно кришити ґрунт.

В якості додаткових пристосувань можуть бути використані фрези, сепаратори ґрунту, диски, штангова приставка та ін.

1.4. Обґрунтування мети та завдання досліджень

Однією із основних задач землеробства є обробіток ґрунту, який би сприяв вирішенню питання недостатку ґрунтової вологи для формування повноцінних врожаїв сільськогосподарських культур. Відповідно обробіток ґрунту в таких умовах повинен бути орієнтований на створення умов для накопичення і збереження вологи в ньому.

Обробітком ґрунту, який сприяє збільшенню вологонакопичення і вологозбереження, є глибоке розпушування. Але застосування серійних глибокорозпушувачів, які характеризуються значними енергетичними показниками, для обробітку важких, переущільнених, пересушених ґрунтів зрошуваного землеробства призводять до одержання низької якості кришення ґрунту, високої гребнистості оброблюваного шару. Характерною рисою таких знарядь є і те, що вони розпушують ґрунт із недорізом по ширині захоплення, при цьому над дном борозни залишаються незруйновані гребені.

Висота зруйнованих гребнів над дном борозни оброблюваного шару ґрунту залежить не тільки від глибини обробітку але і від ширини міжсліддя робочих органів й ширини їх захвату. Із збільшенням ширини міжсліддя робочих органів знаряддя, істотно зростає не тільки висота гребеня, на дні борозни, але і ширина в його основи [1].

Розроблені в останні роки знаряддя для глибокого обробітку покращують деякі з показників обробітку ґрунту, але в загальному вони не повністю

відповідають вимогам, які до них ставляться. Зокрема, характеризуються значними енергетичними показниками, що в свою чергу має відображення на якісних показниках технологічного процесу.

Таким чином, із вищенаведеного для зниження енергетичного показника глибокого обробітку ґрунту робочі органи ґрунтообробного знаряддя мали б працювати в умовах напіввільного і деблокованого різання.

Метою роботи є підвищення якості глибокого розпушування ґрунту шляхом створення в ґрунтовому середовищі енергоощадних деформацій за рахунок обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів глибокорозпушувача з пошаровим обробітком зрошуваних та важких богарних ґрунтів.

Умова пошарового обробітку пропонується для зниження енергоємності технологічного процесу шляхом зменшення впливу критичної глибини різання ґрунту та створення умов роботи робочих органів у напіввільному і деблокованому різанні ґрунту в поздовжньо-вертикальній площині.

У відповідності з метою роботи необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз впливу глибокого обробітку на властивості ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур, здійснити огляд засобів для проведення глибокого обробітку ґрунту;

- розробити методику та провести багатofакторний експеримент із визначенням впливу розташування визначених робочих органів на рамі знаряддя на показник якості роботи глибокорозпушувача;

- дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів глибокорозпушувача на показник якості роботи знаряддя, обґрунтувати їх раціональні значення, здійснити оцінку відповідності експериментальних даних результатам теоретичних досліджень;

- визначити економічну ефективність процесу глибокого пошарового розпушування ґрунту у виробничих умовах.

Висновки по розділу

В даному розділі представлено аналіз впливу глибокого обробітку ґрунту на властивості ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур. Проведено огляд існуючих сільськогосподарських агрегатів для пошарового обробітку ґрунту.

Також визначено мету та завдання досліджень дипломної роботи, де визначено, що для підвищення якості глибокого розпушування ґрунту та для зниження енергетичного показника глибокого обробітку ґрунту робочі органи ґрунтообробного знаряддя мали б працювати в умовах напіввільного і деблокованого різання.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ПОШАРОВИМ ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ

2.1. Опис технологічної схеми глибокорозпушувача

Показники роботи машини для глибокого обробітку ґрунту повинні відповідати вимогам, що висуваються з боку сільськогосподарських рослин (покращення водно-фізичних показників важких та переущільнених ґрунтів) з позиції одержання максимально можливого врожаю в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [18].

У технологічну схему глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту (Рис. 2.1) входять наступні елементи: жорстка рама 1, робочі органи 2, 3, 4, опорні колеса 5.

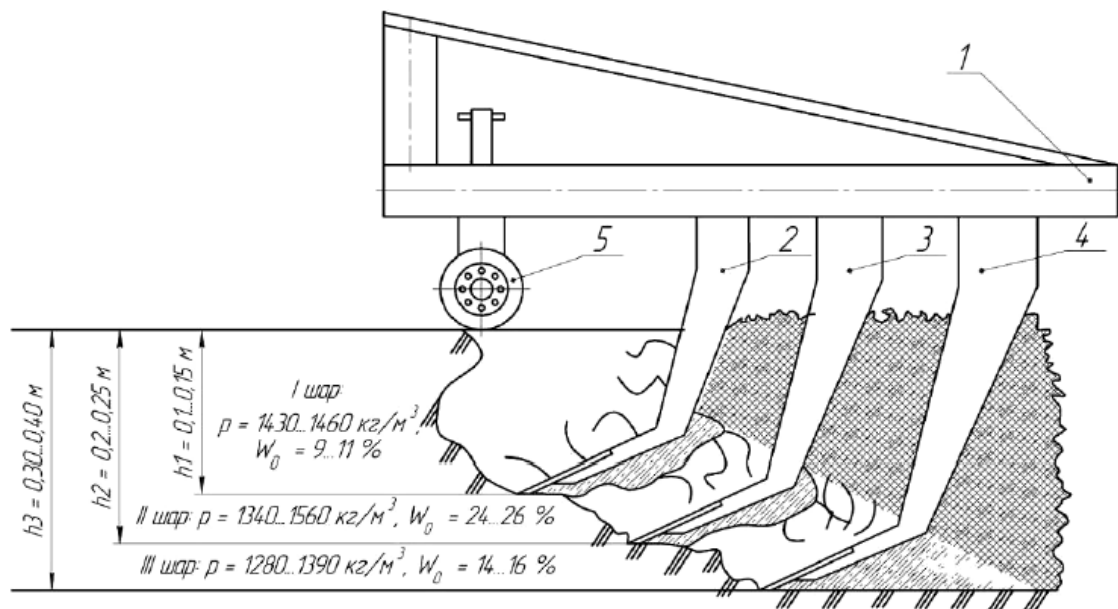


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема глибокорозпушувача для пошарового деблокованого обробітку ґрунту:

1 – жорстка рама; 2, 3, 4 – робочі органи; 5 – опорні колеса

Глибокорозпушувач для пошарового деблокованого обробітку ґрунту працює наступним чином: рама 1 приєднується до трактора, встановлюється

потрібна глибина обробітку опорно-регулювальним механізмом з гвинтом. Під час технологічного процесу передній ряд робочих органів 2 зминає певний об'єм ґрунту на глибині 10-15 см, після цього в процесі сколу шару ґрунту залишається вільний простір, який заповнюється об'ємом ґрунту, що деформований робочими органами другого ряду 3, що зміщені відносно робочих органів першого 2 ряду і третього 4 у повздовжньо-вертикальній площині. Другий ряд робочих органів 3 у той же час зминає об'єм ґрунту на глибині 20-25 см, в процесі сколу шару ґрунту утворюється аналогічний вільний простір, який заповнюється об'ємом ґрунту, що деформований робочими органами третього ряду 4, які працюють на глибині 30-40 см [17].

Ефективне розташування робочих органів 2, 3, 4 забезпечує задньому (другий ряд робочих органів по відношенню до першого ряду і третій по відношенню до другого) ряду робочих органів умову деблокованого різання і в той же час за рахунок взаємовпливу зон деформації ґрунту знижується показник тягового опору. Це відбувається у тому випадку, коли зона деформації ґрунту задніх робочих органів буде знаходитись в «тіні» зони деформації передніх робочих органів. При цьому зусилля на зминання і руйнування ґрунту робочими органами другого 3 і третього ряду 4 знижується як за рахунок зменшення об'єму деформованого шару, так і за рахунок відсутності протидії цьому шару зі сторони попереднього, тобто робочі органи працюють в умові деблокованого різання ґрунту. Максимальне утворення вільної зони за робочими органами переднього ряду відбувається в момент сколу блоку ґрунту. Відстань між робочими органами 2, 3, 4 при виконанні технологічного процесу в умові деблокованого різання ґрунту відповідає довжині граничного шляху зминання ґрунту.

У процесі теоретичних розрахунків необхідно обґрунтувати конструктивні параметри глибокорозпушувача для пошарового деблокованого обробітку ґрунту з врахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов його застосування (розміщення робочих органів по ширині та довжині на рамі знаряддя).

2.2. Обґрунтування робочої поверхні лапи глибокорозпушувача

У робочих органів розпушувачів основними є дві поверхні – бокова і поперечна, які впливають як на якість обробітку ґрунту, так і на тяговий опір знаряддя.

У більшості наукових робіт [5] поверхня ґрунтообробних робочих органів розглядається з точки зору найменшого їх тягового опору. Найбільш близькими до взаємозв'язку бокового профілю лапи з якістю обробітку ґрунту, А.П. Осадчого [21]. Спираючись на експериментальні дослідження Буромського, вони встановили що добре кришіння пласта спостерігалось у культурних корпусів плуга в тому випадку, коли область сходження елементарних сил знаходилась у верхній частині пласта в безпосередній близькості до поверхні.

Уперше показники якості роботи ґрунтообробних робочих органів були обрані визначальними критеріями при проектуванні поверхні лапи розпушувача А.В. Бауковим [5], під керівництвом А.С. Кушнар'ова. У подальшому А.С. Кушнар'овим була розроблена теорія технологічного впливу ґрунтообробних робочих органів на ґрунт на основі принципів і методів механіки суцільних середовищ із дослідженням і використанням реологічних властивостей ґрунту [12].

У вищезазначених роботах були визначені і обґрунтовані умови руйнування ґрунту перед робочим органом і на основі цього запропонована бокова і поперечна поверхня робочого органу в зоні контакту з середовищем.

На основі теоретичних і експериментальних дослідженнях цих авторів в основі бокової поверхні робочого органа повинна лежати ввігнута логарифмічна крива вигляду:

$$r_i = r_0 e^{\pm \theta_i \operatorname{tg} \psi}, \quad (2.1)$$

де r_i – поточний радіус-вектор, м;

r_0 – початковий радіус-вектор логарифмічної кривої, м;

θ_i – поточний кут, рад.;

На основі проведених досліджень А.С. Кушнар'ов запропонував методику побудови логарифмічної кривої даного виду в основі бокового профілю лапи [12].

Для побудови (Рис. 2.2) логарифмічної кривої (1) необхідно визначити початковий радіус вектор r_0 із співвідношення:

$$r_0 = \frac{h}{e^{\theta_n \tan \psi} \cos \theta_n},$$

де h – глибина обробітку ґрунту, м.

У рівнянні (2.1) знак «+» приймається для значень θ_i в області θ_n , знак «-» – в області θ_v . Кути θ_n і θ_v визначаються з формул:

$$\theta_n = \frac{3}{2}\psi - \frac{\pi}{4},$$

$$\theta_v = \frac{\pi}{2} - \psi.$$

Повний кут, що визначає логарифмічну частину бокового профілю, що переходить до вертикальної стійки, дорівнює сумі кутів θ_n і θ_v :

$$\theta = \theta_n + \theta_v = \frac{\pi}{4} + \psi.$$

Ці кути залежать тільки від кута внутрішнього тертя. Поліс логарифмічної кривої (О) приймається на денній поверхні.

Використовуючи наведену вище методику побудови поверхні робочого органа, отримуємо таблицю геометричних розмірів (радіуси і відповідні для них кути) лапи глибокорозпушувача залежно від глибини обробітку ґрунту (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Геометричні розміри (радіуси і відповідні для них кути) робочих органів глибокорозпушувача залежно від глибини обробітку ґрунту

Кут θ , °	Глибина обробітку ґрунту h , см		
	30-40 см	20-25 см	10-15 см
	Радіус r , мм		
-45	158,6	111	63,4
-40	173,1	121,2	69,3
-35	188,4	132,2	75,5

Продовження таблиці 2.1

-30	206,1	144,4	82,4
-25	224,9	157,4	89,9
-20	245,4	171,8	98,1
-15	267,7	187,4	107,1
-10	292,1	204,5	116,9
-5	318,8	223,2	127,5
0	347,9	243,5	139,1
5	379,6	265,7	151,8
10	414,2	289,9	165,7
15	452	316,4	180,8
20	493,2	345,2	197,3
22,5	515,2	360,6	206,1

2.3. Обґрунтування розміщення робочих органів по довжині на рамі знаряддя

У результаті взаємодії робочих органів глибокорозпушувача (чизелів) з ґрунтом виникають сили опору, які впливають на положення основної рами. У зв'язку з тим, що робочі органи жорстко зв'язані з основою рами, зміна її положення приведе до зміни глибини ходу та опору їх. Тому коливання рами глибокорозпушувача під час роботи будуть сприяти погіршенню якості обробітку ґрунту та підвищенню тягового опору машини у цілому [19]. Для визначення впливу параметрів глибокорозпушувача та конструкції на величину коливань рами і значення сили її опору складемо розрахункову модель функціонування глибокорозпушувача. При цьому приймаємо, що трактор переміщується прямолінійно з постійною швидкістю, а глибокорозпушувач переміщується прямолінійно в горизонтальній площині. Конструкція з'єднання глибокорозпушувач з трактором забезпечує коливання її у вертикальній площині відносно точки з'єднання причепа глибокорозпушувача та нижніх тяг механізму навіски трактора. Глибокорозпушувач розглядаємо як систему твердих тіл. На еквівалентній схемі (Рис. 2.3) приводимо місця розміщення центру мас та точки прикладання приведених рівнодіючих сил опору ґрунту робочим органам машини.

Вибираємо нерухому декартову систему відрахування системи XOZ (рис. 2.3). Для спрощення перетворень під час складання розрахункової моделі приймаємо додаткову рухому декартову систему координат $X_1O_1Z_1$, центр якої розташований в точці з'єднання причепа машини з трактором і горизонтальна вісь якої пов'язана з коливальною основною рамою машини. Приведені рівнодіючі будемо розглядати через їх проекції на вісі рухомої системи координат.

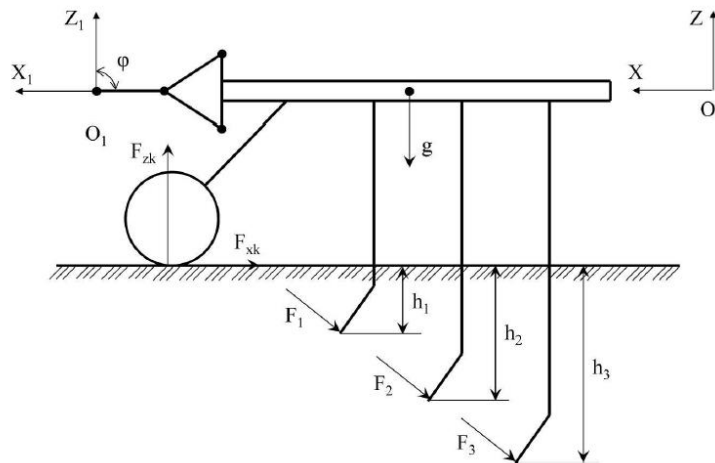


Рисунок 2.3 – Еквівалентна схема глибокорозпушувача

При таких умовах система має одну ступінь вільності руху, а відповідно і одну узагальнену координату. В якості останньої зручно прийняти кут повороту рами відносно точки кріплення машини до трактора. Тоді диференціальне рівняння Лагранжа 2-го роду має вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \phi} = Q_{\phi}, \quad (2.2)$$

де T – кінетична енергія системи твердих тіл, Дж;

Q_{ϕ} – узагальнена сила (момент сили), Н·м;

ϕ – узагальнена координата (кут повороту рами відносно точки кріплення глибокорозпушувача до трактора), рад.

Кінетична енергія системи твердих тіл визначається:

$$T = \frac{1}{2} M_c (\dot{X}_c^2 + \dot{Z}_c^2) + \frac{1}{2} I_{O_1} \dot{\phi}^2, \quad (2.3)$$

де M_c – маса системи твердих тіл, кг;

$\dot{X}_c, \dot{Z}_c$ – швидкість руху центра мас системи в проекціях на вісі координат, м/с;

I_{01} – момент інерції системи твердих тіл відносно центру її обертання, кг·м².

Використовуючи формули переходу координат з однієї системи до другої отримаємо:

$$X_c = X_{1c} \cdot \cos \varphi - Z_{1c} \cdot \sin \varphi + V t, \quad (2.4)$$

$$Z_c = X_{1c} \cdot \sin \varphi + Z_{1c} \cdot \cos \varphi, \quad (2.5)$$

де V – поступова швидкість агрегату, м/с.

Після диференціювання рівнянь (2.4) і (2.5) за часом будемо мати:

$$\dot{X}_c = -X_{1c} \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi - Z_{1c} \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi + V, \quad (2.6)$$

$$\dot{Z}_c = X_{1c} \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi - Z_{1c} \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi. \quad (2.7)$$

Момент інерції системи відносно вісі її обертання визначається:

$$I_{01} = \sum_{i=1}^N I_i + \sum_{i=1}^N [M_i (X_{cli}^2 + Z_{cli}^2)], \quad (2.8)$$

де M_i – маса елементів машини, кг;

X_{cli}, Z_{cli} – координати центра мас елементів машини в проекціях на вісі координат, м;

N – кількість елементів машини;

I_i – момент інерції системи елементів машини відносно центру її обертання, кг·м².

З урахуванням рівнянь (2.3), (2.6), (2.7), (2.8) будемо мати формулу для визначення кінетичної енергії системи:

$$T = \frac{1}{2} \left\{ M_c \left[V^2 - 2V \dot{\varphi} (X_{1c} \sin \varphi + Z_{1c} \cos \varphi) + \dot{\varphi}^2 (X_{1c}^2 + Z_{1c}^2) \right] + I_{01} (\dot{\varphi})^2 \right\}. \quad (2.9)$$

Тоді

$$\frac{dT}{d\dot{\varphi}} = M_c \left[\dot{\varphi} (X_{1c}^2 + Z_{1c}^2) - V (X_{1c} \sin \varphi + Z_{1c} \cos \varphi) \right] + I_{01} \dot{\varphi}, \quad (2.10)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = \ddot{\varphi} [M_c (X_{1c}^2 + Z_{1c}^2) + I_{01}] - V M_c \dot{\varphi} (X_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi), \quad (2.11)$$

$$\frac{dT}{d\varphi} = -V M_c \dot{\varphi} (X_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi). \quad (2.12)$$

З урахуванням останнього отримаємо:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = \dot{\varphi} [M_c (X_{1c}^2 + Z_{1c}^2) + I_{01}]. \quad (2.13)$$

Узагальнююча сила визначається:

$$Q_{\varphi} = -F_{x1}Z_{1a1} + F_{z1}X_{1a1} - F_{x2}Z_{1a2} + F_{z2}X_{1a2} - F_{x3}Z_{1a3} + F_{z3}X_{1a3} + \\ + M_c g (X_{1c} \cos \varphi - Z_{1c} \sin \varphi) - F_{zk}Z_{1k} - F_{zk}X_{1k}, \quad (2.14)$$

де $F_{x1}, F_{z1}, F_{x3}, F_{z3}$ – проекції сил опору на вісь X_1, Z_1 , Н;

$F_{z1}, F_{z1}, F_{z3}, F_{zk}$ – проекції сил опору на вісь Z_1, Z_1 , Н;

$X_{1a1}, X_{1a2}, X_{1a3}, X_{1k}$ – проекції на вісь O_1X_1 прямих з'єднуючих шарнір O_1 , і точки прикладання рівнодіючих сил, м;

$Z_{1a1}, Z_{1a2}, Z_{1a3}, Z_{1k}$ – проекції на вісь O_1Z_1 прямих, з'єднуючих шарнір і точки прикладення рівнодіючих сил, м.

Проекції рівнодіючих сил на вісь X_1 і Z_1 знаходяться:

$$F_{\varphi j} = F_j (\sin \alpha_j + f \cos \alpha_j), \\ F_{\varphi j} = F_j (\cos \alpha_j - f \sin \alpha_j), \quad j = \overline{1,3}, \quad (2.15)$$

де F_j – рівнодіюча приведена сила опору ґрунту переміщенню робочого органу, Н;

f – коефіцієнт тертя ґрунту по металу, $f = \tan \psi$;

α_j – кут кришіння ґрунту робочим органом в точці прикладання рівнодіючої, рад.

Значення рівнодіючих сил приймаємо пропорційними глибинам ходу робочих органів в ґрунті:

$$F_1 = K(h_3 + \varphi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2}), \\ F_2 = K(h_2 + \varphi \sqrt{X_{1a2}^2 + Z_{1a2}^2}), \\ F_3 = K(h_3 + \varphi \sqrt{X_{1a3}^2 + Z_{1a3}^2}), \quad (2.16)$$

$$F_{zk} = C_{\pi} \cdot \varphi \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2},$$

$$P_{zk} = C_{\pi} \cdot \varphi \cdot f_{\pi} \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2},$$

де C_{π} – жорсткість ґрунту, Н/м;

f_{π} – коефіцієнт тертя кочення, м;

h_1, h_2, h_3 – задана глибина обробітку ґрунту лапами робочих органів, м;

K – питомий опір лап робочих органів, Н/м.

Враховуючи рівняння вище, маємо силу опору деформації ґрунту робочим органом:

$$\begin{aligned}
 Q_{\phi} = & \sigma_1 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_1} t \cdot (h_1 + \phi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2}) \times \\
 & \times [(\cos \alpha_1 - f \sin \alpha_1) X_{1a1} - (\sin \alpha_1 + f \cos \alpha_1) Z_{1a1}] + \\
 & + \sigma_2 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_2} t \cdot (h_2 + \phi \sqrt{X_{2a2}^2 + Z_{2a2}^2}) \times \\
 & \times [(\cos \alpha_2 - f \sin \alpha_2) X_{2a2} - (\sin \alpha_2 + f \cos \alpha_2) Z_{2a2}] + \\
 & + \sigma_3 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_3} t \cdot (h_3 + \phi \sqrt{X_{3a3}^2 + Z_{3a3}^2}) \times \\
 & \times [(\cos \alpha_3 - f \sin \alpha_3) X_{3a3} - (\sin \alpha_3 + f \cos \alpha_3) Z_{3a3}] + \\
 & + M_c g (X_{1c} \cos \phi - Z_{1c} \sin \phi) - C_{\pi} \cdot \phi \cdot \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (f_{\pi} Z_{1k} + X_{1k}).
 \end{aligned} \tag{2.17}$$

Для спрощення наступних перетворень введемо позначення:

$$(\cos \alpha_i - \operatorname{tg} \psi \cdot \sin \alpha_i) X_{1ai} - (\sin \alpha_i + \operatorname{tg} \psi \cdot \cos \alpha_i) Z_{1ai} = A_i, \quad i = \overline{1,3} \tag{2.18}$$

Тоді

$$\begin{aligned}
 Q_{\phi} = & A_1 \cdot \sigma_1 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_1} t \cdot (h_1 + \phi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2}) + \\
 & + A_2 \cdot \sigma_2 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_2} t \cdot (h_2 + \phi \sqrt{X_{2a2}^2 + Z_{2a2}^2}) + \\
 & + A_3 \cdot \sigma_3 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_3} t \cdot (h_3 + \phi \sqrt{X_{3a3}^2 + Z_{3a3}^2}) + \\
 & + M_c g (X_{1c} \cos \phi - Z_{1c} \sin \phi) - C_{\pi} \cdot \phi \cdot \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (f_{\pi} Z_{1k} + X_{1k}).
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

З врахуванням рівняння (2.2), (2.13) і (2.19) отримаємо диференціальне рівняння моделі функціонування ґрунтообробної машини:

$$\begin{aligned}
 \ddot{\phi} [M_c (X_{1c}^2 + Z_{1c}^2) + I_{01}] = & A_1 \cdot \sigma_1 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_1} t \cdot (h_1 + \phi \sqrt{X_{1a1}^2 + Z_{1a1}^2}) + \\
 & + A_2 \cdot \sigma_2 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_2} t \cdot (h_2 + \phi \sqrt{X_{2a2}^2 + Z_{2a2}^2}) + \\
 & + A_3 \cdot \sigma_3 \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \sin \frac{V}{l_3} t \cdot (h_3 + \phi \sqrt{X_{3a3}^2 + Z_{3a3}^2}) + \\
 & + M_c g (X_{1c} \cos \phi - Z_{1c} \sin \phi) - C_{\pi} \cdot \phi \cdot \sqrt{X_{1k}^2 + Z_{1k}^2} (f_{\pi} Z_{1k} + X_{1k})
 \end{aligned} \tag{2.20}$$

Враховуючи фізико-механічні властивості ґрунту і прийняті конструктивно-технологічні параметри глибокорозпушувача, рішенням

диференційного рівняння (2.20), яке вирішено чисельними методами з використанням програмного пакету Mathcad, є функції, графіки яких зображені на Рис. 2.4.

Характеристикою стабільності коливання кута рами машини є його амплітуда. Побудуємо графік залежності амплітуди коливань кута рами машини від відстані (по довжині) між робочими органами глибокорозпушувача (Рис. 2.5):

$$\begin{aligned}x_3 &= X_{la2} - X_{la1}, \\x_4 &= X_{la3} - X_{la2}, \\ \varphi &= 4,4 - 19,9 \cdot x_3 + 93,3 \cdot x_3^2 - 8,3 \cdot x_4 - 48,3 \cdot x_3 \cdot x_4 + 24,9 \cdot x_4^2, \quad (2.21)\end{aligned}$$

де x_3 – розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині рами, м;

x_4 – розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині рами, м.

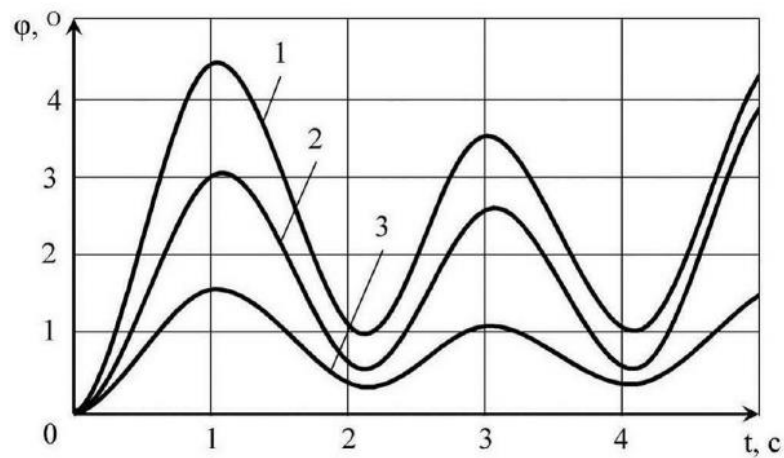


Рисунок 2.4 – Коливання кута рами машини залежно від розміщення робочих органів:

1 – $x_3 = 0,15\text{м}$, $x_4 = 0,25\text{м}$; 2 – $x_3 = 0,2\text{м}$, $x_4 = 0,6\text{м}$; 3 – $x_3 = 0,35\text{м}$, $x_4 = 0,45\text{м}$

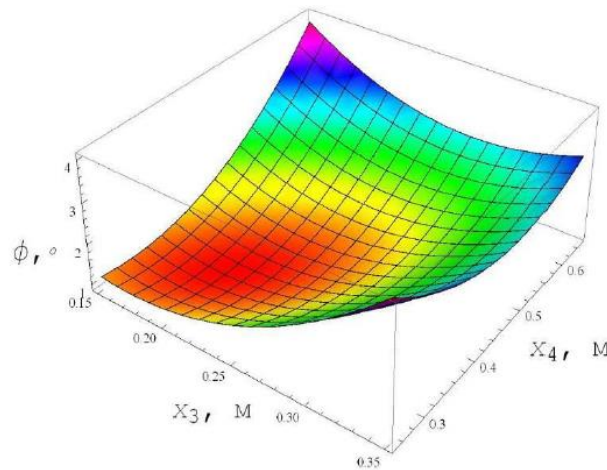


Рисунок 2.5 – Графік залежності амплітуди коливань кута рами машини від відстані (по довжині) між робочими органами глибокорозпушувача

Провівши аналіз рисунка 2.5 і рівняння (2.21), було виявлено, що найменша амплітуда коливань кута рами машини спостерігається при наступному розташуванні робочих органів по довжині рами: $x_3 = 0,18-0,22\text{м}$, $x_4 = 0,33-0,37\text{м}$ [14].

2.4. Обґрунтування розміщення робочих органів по ширині на рамі знаряддя

В завдання робочих органів комбінованої машини входить розпушування ущільненого ґрунту, яке проходить в результаті дії на нього наральників робочих органів глибокорозпушувача. Енергомісткість та якість роботи робочих органів значною мірою визначається глибиною обробітку ґрунту та відстанню між ними. Деформація ґрунту під дією наральників розповсюджується в сторони під кутом, тому такі параметри як глибина обробітку та відстань між стійками робочих органів глибокорозпушувача є взаємопов'язаними. Збільшення глибини обробітку сприяє підвищенню витрат енергії та погіршенню кришіння ґрунту. Зменшення глибини обробітку ґрунту приводить до необхідності зменшення відстані між робочими органами глибокорозпушувача та виключення огріхів, між ними, що також небажане з

точки зору витрат енергії на обробіток і забивання робочих органів рослинними рештками.

На рисунку 2.6 показана схема розповсюдження деформації в ґрунті під дією робочих органів глибокорозпушувача.

Зі схеми видно, що відстань між робочими органами глибокорозпушувача визначається згідно формули:

$$x_1 = \frac{B_{H1} + B_{H2}}{2} + (h_1 + h_2 - 2h_{\pi}) \operatorname{ctg} \beta, \quad (2.22)$$

де x_1 – відстань між ножами робочих органів першого і другого рядів, м;

B_{H1} , B_{H2} – ширина наральника робочого органу першого і другого рядів відповідно, м;

h_1 , h_2 – глибина ходу робочих органів першого і другого ряду відповідно, м;

h_{π} – глибина посівного шару ґрунту, м;

β – кут розповсюдження деформацій в ґрунті під дією робочого органу.

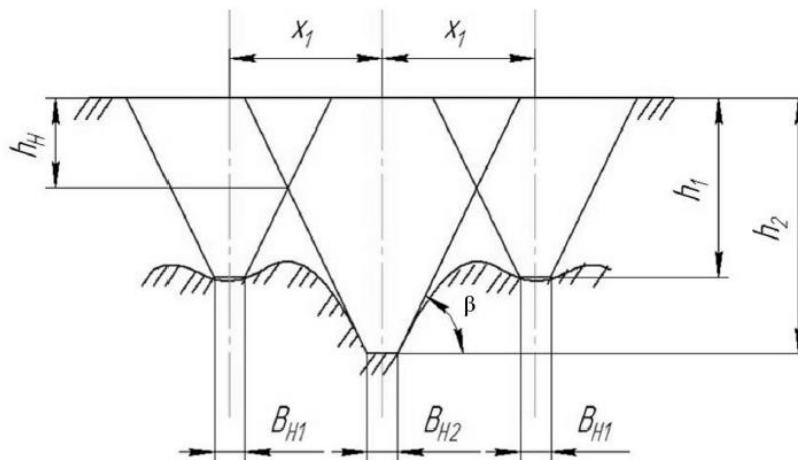


Рисунок 2.6 – Схема розповсюдження деформації в ґрунті під дією першого і другого ряду робочих органів глибокорозпушувача

Виходячи з того, що наральник робочого органу першого ряду глибокорозпушувача має ширину 0,33м, а другого – 0,06, глибина посівного шару ґрунту знаходиться у межах 0,05-0,06м, кут розповсюдження деформацій визначено експериментально і він знаходиться у межах $45-55^{\circ}$, при глибині ходу робочих органів 0,1-0,15м і 0,2-0,25м відстань між ними становить 0,45-0,51м.

Висновки по розділу

В даному розділі здійснено наступне:

Побудована математична модель функціонування глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту, дослідження якої дозволили визначити розміщення робочих органів глибокорозпушувача по довжині на рамі знаряддя, при яких амплітуда коливань кута повороту рами відносно точки кріплення глибокорозпушувача до трактора є найменшою: відстань між робочими органами першого і другого рядів $x_3 = 0,18-0,22\text{м}$, відстань між робочими органами другого і третього рядів $x_4 = 0,33-0,37\text{м}$.

Обґрунтована відстань між робочими органами глибокорозпушувача, яка забезпечує обробіток ґрунту без огріхів. При глибині ходу робочих органів першого $h_1 = 0,1-0,15\text{м}$ і другого $h_2 = 0,2-0,25\text{м}$ рядів відстань між ним повинна бути $x_1 = 0,45-0,51\text{м}$.

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗТАШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З ПОШАРОВИМ ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ

3.1. Методика експериментальних досліджень знаряддя для глибокого обробітку ґрунту

Роботу будь-якого ґрунтообробного знаряддя оцінюють за його показником якості. Внаслідок цього дослідження ґрунтувалися на вивченні впливу геометричних параметрів розташування робочих органів на рамі знаряддя та глибини обробітку, зокрема – міжстійкової відстані робочих органів першого і другого ряду (x_1) за шириною знаряддя, глибини обробітку ґрунту робочими органами другого ряду (x_2), розташування другого ряду робочих органів від першого за довжиною машини знаряддя (x_3), розташування третього ряду робочих органів від другого за довжиною машини знаряддя (x_4), на основні показники якості роботи (Рис. 3.1).

Відповідно, при експериментальних дослідженнях цього процесу необхідно виходити з технологічних можливостей зміни параметрів, а це потребує проведення великої кількості дослідів. Для скорочення числа дослідів при збереженні достовірності інформації про технологічний процес скористаємося методами теорії планування експериментів.

На основі запропонованої і обґрунтованої технологічної схеми ярусного глибокорозпушувача, параметрів розташування робочих органів виготовлено дослідний зразок машини для глибокого обробітку ґрунту.

У процесі проектування методики польового експерименту велике значення приділялось вибору і підготовці ділянки, оцінці агротехнічних показників роботи глибокорозпушувача.

Агрофон – стерня озимої пшениці.

Тип ґрунту – темно-каштановий середньосуглинний.

Швидкість агрегату – 1,67-3,33 м/с.

Глибина обробітку – 40 см.

Параметрами оптимізації в дослідях є:

K – коефіцієнт якості розпушування ґрунту, %;

R_x – середнє значення тягового опору робочих органів, кН;

σ_R – середньоквадратичне відхилення тягового опору робочих органів, кН.

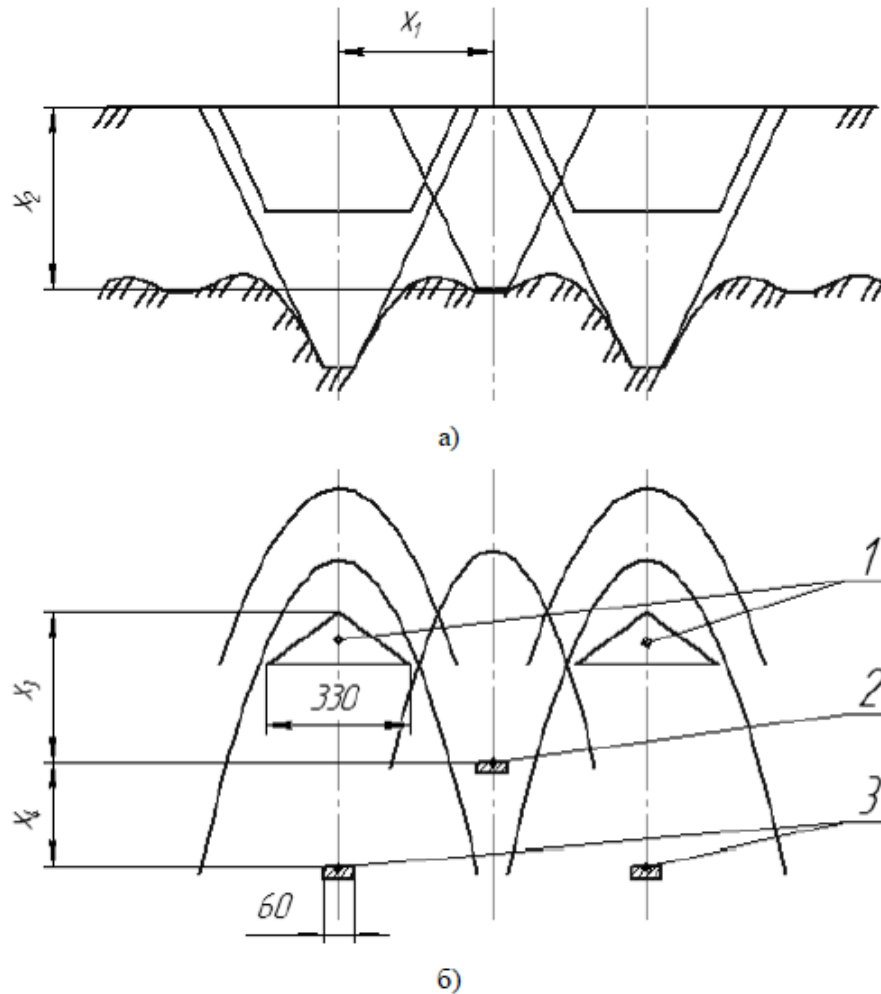


Рисунок 3.1 – Схема розташування чизельних робочих органів і розповсюдження деформації в ґрунті під їх дією: а – вид спереду, б – вид зверху, 1 – перший ряд робочих органів, 2 – другий ряд робочих органів, 3 – третій ряд робочих органів

Досліджувані параметри та діапазони їх варіювання наведені в табл. 3.1.

Найбільш точно процес глибокого обробітку ґрунту можна залежно звузити від зміни параметрів (факторів) відображають D-оптимальні плани, що

дозволило одержати математичну модель, яка з достатньою точністю описує вплив факторів на технологічний процес [16].

Таблиця 3.1 – Параметри, що варіювалися в експерименті по визначенню їх впливу на показники якості роботи глибокорозпушувача

Назва фактора	Позначення фактора	Рівень факторів			Інтервали варіювання
		-1	0	+1	
Міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (x_1) за шириною, м	X_1	0,35	0,50	0,65	0,15
Глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду (x_2)	X_2	0,20	0,30	0,40	0,10
Розташування робочих органів першого ряду відносно другого за довжиною машини (x_3), м	X_3	0,15	0,25	0,35	0,10
Розташування робочих органів третього ряду відносно другого за довжиною машини (x_4), м	X_4	0,25	0,45	0,65	0,20

З огляду на велику трудомісткість виготовлення кожного робочого органу-аналізатора доцільним було використання чотирьохфакторного насиченого D-оптимального плану другого порядку. При цьому кількість варіантів робочих органів-аналізаторів становило $n = 15$.

Матриця D-оптимального чотирьох факторного плану другого порядку наводиться в табл. 3.2.

У ході реалізації експерименту для кожного варіанта сполучення варійованих параметрів агрегат проходив відстань не меншу за 100 м. Забір проб виконувався у відповідності з ГОСТ 20915-75 «Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов випробовування» і ОСТ 70.4.1-80 «Випробування сільськогосподарської техніки. Машини та знаряддя для глибокого обробітку ґрунту».

Таблиця 3.2 – Матриця планування та параметри ярусного
глибокорозпушувача в експериментальних дослідженнях

Позначення	Фактори				Варіанти геометричних параметрів розміщення робочих органів та глибини обробітку			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	+1	-1	0	-1	0,650	0,200	0,250	0,250
2	-1	+1	-1	-1	0,350	0,400	0,150	0,250
3	-1	-1	+1	-1	0,350	0,200	0,350	0,250
4	-0,25	+1	+0,25	-0,25	0,463	0,400	0,275	0,400
5	-1	+1	+1	-1	0,350	0,400	0,350	0,250
6	0	-0,25	-1	-1	0,500	0,275	0,150	0,250
7	0	-1	+1	+1	0,500	0,200	0,350	0,650
8	+1	+1	-1	+0,5	0,650	0,400	0,150	0,550
9	-1	+1	+1	+1	0,350	0,400	0,350	0,650
10	+1	-0,25	+1	0	0,650	0,275	0,350	0,450
11	-1	-0,25	0	+1	0,350	0,275	0,250	0,650
12	+1	-1	-1	+1	0,650	0,200	0,150	0,650
13	-1	-1	-1	0	0,350	0,200	0,150	0,450
14	-0,5	+1	-1	+1	0,425	0,400	0,150	0,650
15	+1	+1	+0,5	+1	0,650	0,400	0,300	0,650

Експериментальна установка складалася з дослідного глибокорозпушувача, паралелограмної рамки з тензовимірювальною ланкою і реєструючої апаратури (Рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної установки

В умовах зрошуваного землеробства основним технологічним показником глибокого обробітку є глибина спущення. Для забезпечення глибокого спущування ґрунту вивчалася висота нерівності дна борозни між проходами стійок, якість обробітку ґрунту.

3.2. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на показник якості розпушування ґрунту

Дослідження проводились із застосуванням методу математичного планування багатофакторного експерименту, який дозволяє визначити математичні моделі процесів у вигляді рівнянь регресії. Згідно поставлених задач було обрано D-оптимальний план другого порядку для 4 факторів. Факторами експерименту були обрані міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині) – X_1 , глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду – X_2 , розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини – X_3 , розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини – X_4 . Критеріями оптимізації є коефіцієнт якості розпушування ґрунту – Y_1 , середнє значення тягового опору робочих органів – Y_2 і його середньоквадратичне відхилення – Y_3 .

Згідно результатів досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на показник якості розпушування ґрунту.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на коефіцієнт якості розпушування ґрунту мала вигляд:

$$\begin{aligned} Y_1 = & 79,01 - 3,73 \cdot X_1 - 5,65 \cdot X_1^2 + 4,08 \cdot X_2 - 1,74 \cdot 10^{-14} \cdot X_1 \cdot X_2 - \\ & - 5,10 \cdot X_2^2 + 4,08 \cdot X_3 + 2,25 \cdot 10^{-14} \cdot X_1 \cdot X_3 + 1,04 \cdot 10^{-14} \cdot X_2 \cdot X_3 - \\ & - 5,10 \cdot X_3^2 - 3,97 \cdot X_4 - 3,05 \cdot 10^{-16} \cdot X_1 \cdot X_4 + 1,09 \cdot 10^{-14} \cdot X_2 \cdot X_4 + \\ & + 5,60 \cdot 10^{-15} \cdot X_3 \cdot X_4 - 5,29 \cdot X_4^2. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Для цього рівняння на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні значення критерію Кохрена $G = 0,145 < G_{0,05}(4, 15) = 0,3645$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад} = 0,0522$; дисперсія похибки дослідів $S_y = 0,0521$; значення критерію Фішера $F = 2,04 < F_{0,05}(4, 15) = 3,055$; модель адекватна на будь-якому рівні довірчої ймовірності.

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стьюдента незначущими на рівні довірчої ймовірності більше 95% є коефіцієнти при таких членах рівняння: $X_1 \cdot X_2$, $X_1 \cdot X_3$, $X_2 \cdot X_3$, $X_1 \cdot X_4$, $X_2 \cdot X_4$, $X_3 \cdot X_4$.

На основі цього рівняння регресії (3.1) прийме вигляд:

$$Y_1 = 79,01 - 3,73 \cdot X_1 - 5,65 \cdot X_1^2 + 4,08 \cdot X_2 - 5,10 \cdot X_2^2 + 4,08 \cdot X_3 - 5,10 \cdot X_3^2 - 3,97 \cdot X_4 - 5,29 \cdot X_4^2. \quad (3.2)$$

У розкдованому вигляді модель (3.2) має вигляд:

$$K_p = -89,11 + 225,00 \cdot x_1 - 250,00 \cdot x_1^2 + 346,94 \cdot x_2 - 510,20 \cdot x_2^2 + 295,92 \cdot x_3 - 510,20 \cdot x_3^2 + 99,17 \cdot x_4 - 132,23 \cdot x_4^2, \quad (3.3)$$

де K_p – коефіцієнт якості розпушування ґрунту, %;

x_1 – міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині), м;

x_2 – глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду, м;

x_3 – розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини, м;

x_4 – розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини, м.

Аналізуючи рівняння (3.3), можна стверджувати, що на коефіцієнт якості розпушування ґрунту впливають всі вищезгадані фактори. При цьому при варіюванні значень факторів у заданому діапазоні коефіцієнт якості розпушування ґрунту має оптимум (максимальне значення):

$$K(x_1 = 0,45 \text{ м}; x_2 = 0,34 \text{ м}; x_3 = 0,29 \text{ м}; x_4 = 0,375 \text{ м}) = 82,0 \%. \quad (3.4)$$

Графічну інтерпретацію попарних взаємодій залежності (3.3) при фіксованих оптимальних значеннях представлено на рисунку 3.3.

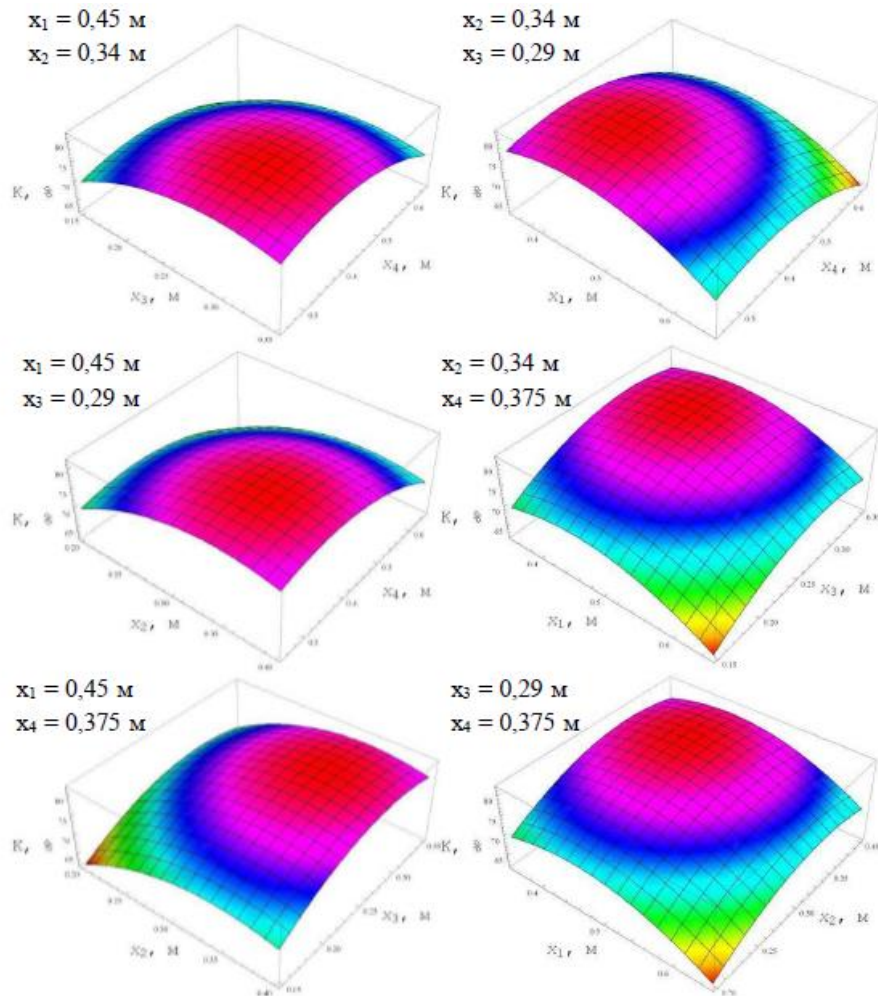


Рисунок 3.3 – Вплив факторів на коефіцієнт якості розпушування ґрунту K

3.3. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на середнє значення тягового опору

Згідно результатів досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на середнє значення тягового опору робочих органів.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на середнє значення тягового опору робочих органів мала вигляд:

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & 19,0156 - 0,929399X_1 + 1,74699X_1^2 - 1,14286X_2 + \\
 & + 7,95068 \cdot 10^{-16}X_1X_2 + 1,42857X_2^2 + 1,3125X_3 + 5,25388 \cdot 10^{-15}X_1X_3 - \\
 & - 2,06898 \cdot 10^{-15}X_2X_3 + 1,09375X_3^2 + 1,19857X_4 - 5,48231 \cdot 10^{-15}X_1X_4 - \\
 & - 1,0625 \cdot 10^{-14}X_2X_4 - 1,59187 \cdot 10^{-15}X_3X_4 + 1,33175X_4^2
 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Для цього рівняння на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні значення критерія Кохрена $G = 0,0211 < G_{0,05}(50, 15) = 0,0411$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад} = 0,01529$; дисперсія похибки дослідів $S_y = 0,348$; значення критерію Фішера $F = 1,044 < F_{0,05}(50, 15) = 2,177$; модель адекватна на будь-якому рівні довірчої ймовірності.

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стюдента незначущими на рівні довірчої ймовірності більше 95% є коефіцієнти при таких членах рівняння: $X_1 \cdot X_2$, $X_1 \cdot X_3$, $X_2 \cdot X_3$, $X_1 \cdot X_4$, $X_2 \cdot X_4$, $X_3 \cdot X_4$.

На основі цього рівняння регресії (3.5) прийме вигляд:

$$Y_2 = 19,0156 - 0,929399X_1 + 1,74699X_1^2 - 1,14286X_2 + 1,42857X_2^2 + 1,3125X_3 + 1,09375X_3^2 + 1,19857X_4 + 1,33175X_4^2 \quad (3.6)$$

У розкдованому вигляді модель (3.6) має вигляд:

$$R_x = 58,5376 - 83,7673x_1 + 77,5623x_1^2 - 74,2857x_2 + 142,857x_2^2 - 41,5625x_3 + 109,375x_3^2 - 23,9715x_4 + 33,2937x_4^2 \quad (3.7)$$

де R_x – середнє значення тягового опору робочих органів, кН;

x_1 – міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині), м;

x_2 – глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду, м;

x_3 – розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини, м;

x_4 – розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини, м.

Аналізуючи рівняння (3.7), можна стверджувати, що на тяговий опір робочих органів впливають всі вищезгадані фактори. При цьому при варіюванні значень факторів у заданому діапазоні середнє значення тягового опору робочих органів має оптимум (мінімальне значення):

$$R_x(x_1 = 0,54 \text{ м}; x_2 = 0,26 \text{ м}; x_3 = 0,19 \text{ м}; x_4 = 0,36 \text{ м};) = 18,05 \text{ кН}. \quad (3.8)$$

Графічну інтерпретацію попарних взаємодій залежності (3.7) при фіксованих оптимальних значеннях представлено на рисунку 3.4.

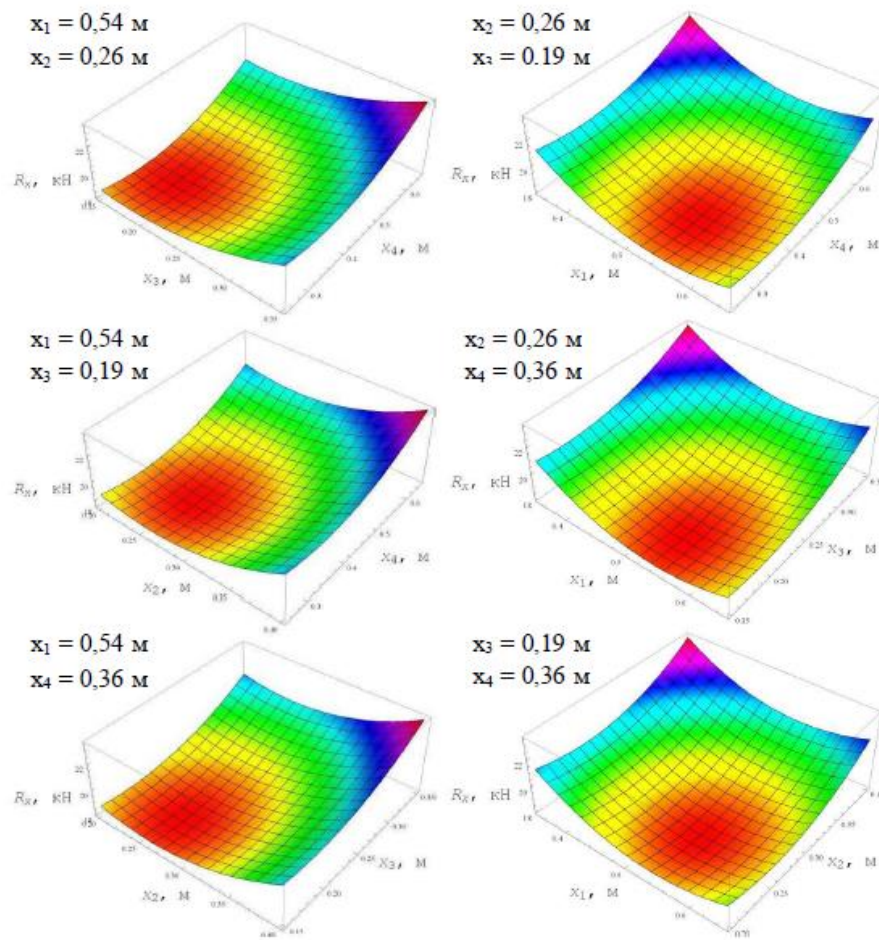


Рисунок 3.4 – Вплив факторів на середнє значення тягового опору R_x

Як видно з рисунку 3.4 факторами, які найбільше впливають на середнє значення тягового опору є розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини і розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини. В свою чергу міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині) і глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду менше впливають на зазначений критерій.

3.4. Вплив геометричних параметрів розташування робочих органів на середньоквадратичне відхилення тягового опору

Згідно результатів досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на середньоквадратичне відхилення тягового опору.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на середньоквадратичне відхилення тягового опору робочих органів мала вигляд:

$$\begin{aligned} Y_3 = & 0,592934 - 0,167087X_1 + 0,201007X_1^2 + 0,0998884X_2 - \\ & 0,0239842X_1X_2 + 0,126133X_2^2 + 0,168577X_3 - 0,0269324X_1X_3 - \\ & 0,00829859X_2X_3 + 0,0405199X_3^2 + 0,170553X_4 + 0,0433383X_1X_4 + \\ & 0,025574X_2X_4 + 0,0272111X_3X_4 + 0,0712354X_4^2 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Для цього рівняння на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, значення критерія Кохрена $G = 0,0343 < G_{0,05}(50, 15) = 0,0411$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад} = 0,002589$; дисперсія похибки дослідів $S_y = 0,0628$; значення критерію Фішера $F = 1,423 < F_{0,05}(50, 15) = 2,177$; модель адекватна на будь-якому рівні довірчої ймовірності.

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стьюдента не значущими на рівні довірчої ймовірності більше 95% є коефіцієнти при таких членах рівняння X_2 , $X_1 \cdot X_2$, $X_1 \cdot X_3$, $X_2 \cdot X_3$, $X_1 \cdot X_4$, $X_2 \cdot X_4$, $X_3 \cdot X_4$.

На основі цього рівняння регресії (3.9) прийме вигляд:

$$\begin{aligned} Y_3 = & 0,592934 - 0,167087X_1 + 0,201007X_1^2 + 0,126133X_2^2 + \\ & + 0,168577X_3 + 0,0405199X_3^2 + 0,170553X_4 + 0,0712354X_4^2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

У розкодованому вигляді модель (3.10) має вигляд:

$$\begin{aligned} \sigma_R = & 4,15173 - 9,76906x_1 + 8,93363x_1^2 + 12,6133x_2^2 + \\ & + 0,194233x_3 + 4,05199x_3^2 - 2,19608x_4 + 1,78089x_4^2 \end{aligned} \quad (3.11)$$

де σ_R – середньоквадратичне відхилення тягового опору, кН;

x_1 – міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині), м;

x_2 – глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду, м;

x_3 – розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини, м;

x_4 – розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини, м.

Аналізуючи рівняння (3.11), можна стверджувати, що на середньоквадратичне відхилення тягового опору робочих органів впливають всі

вищезгадані фактори. При цьому при варіюванні значень факторів у заданому діапазоні тяговий опір робочих органів має оптимум (мінімальне значення):

$$\sigma_R (x_1 = 0,56 \text{ м}; x_2 = 0,27 \text{ м}; x_3 = 0,15 \text{ м}; x_4 = 0,25 \text{ м};) = 0,34 \text{ кН}. \quad (3.12)$$

Графічну інтерпретацію попарних взаємодій залежності (3.11) при фіксованих оптимальних значеннях представлено на рисунку 3.5.

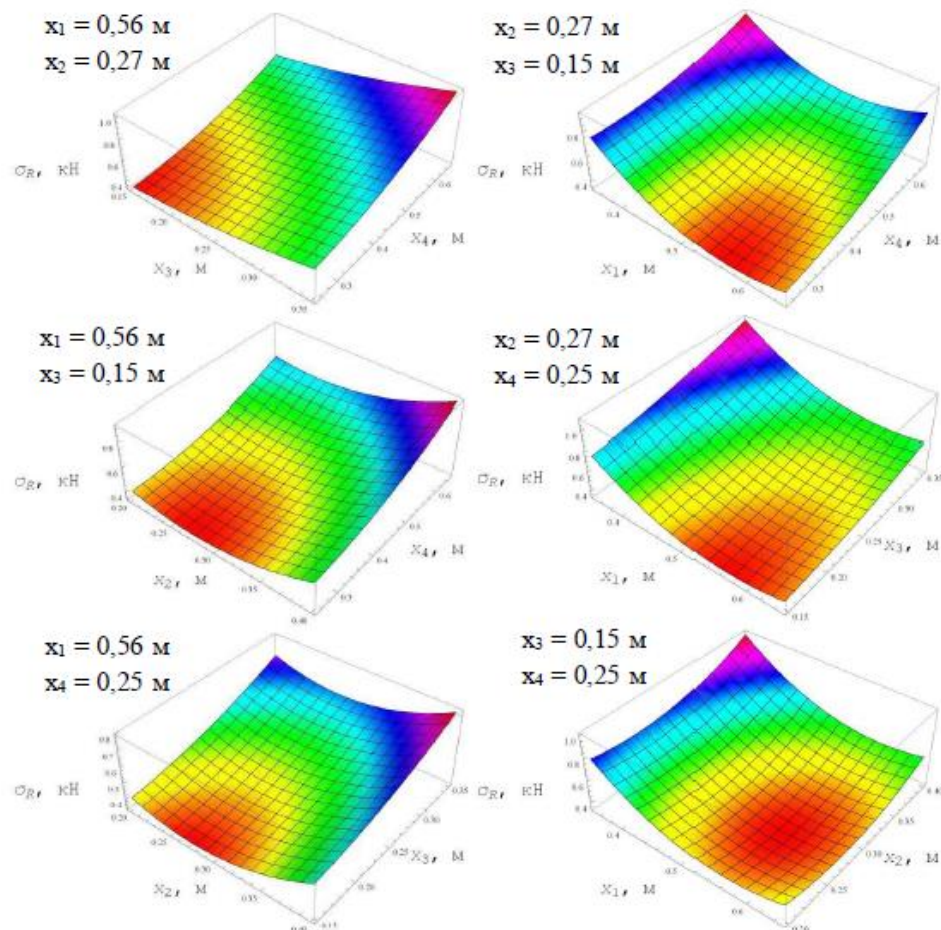


Рисунок 3.5 – Вплив факторів на середньоквадратичне відхилення тягового опору робочих органів σ_R

3.5. Рационалізація геометричних параметрів розташування робочих органів глибокорозпушувача

Аналізуючи вирази (3.4), (3.8), (3.12), видно, що оптимуми за критеріями: коефіцієнт якості розпушування ґрунту, середнє значення та середньоквадратичне відхилення тягового опору не співпадають. Отже, для знайдення оптимальних значень факторів необхідно вирішення компромісної задачі пошуку оптимуму для

двох критеріїв. Завданням вирішення компромісної задачі була мінімізація середнього значення та середньоквадратичного відхилення тягового опору при максимальному коефіцієнту якості розпушування ґрунту, тобто:

$$\begin{cases} R_x(x_1, x_2, x_3, x_4) \rightarrow \min; \\ \sigma_R(x_1, x_2, x_3, x_4) \rightarrow \min; \\ K(x_1, x_2, x_3, x_4) \rightarrow \max; \\ 0,35 \leq x_1 \leq 0,65; \\ 0,2 \leq x_2 \leq 0,4; \\ 0,15 \leq x_3 \leq 0,35; \\ 0,25 \leq x_4 \leq 0,65. \end{cases} \quad (3.13)$$

Взявши відношення добутку середнього значення та середньоквадратичного відхилення тягового опору до максимального коефіцієнта якості розпушування ґрунту, перетворимо поставлену задачу (3.13) до вигляду:

$$\frac{R_x(x_1, x_2, x_3, x_4) \cdot \sigma_R(x_1, x_2, x_3, x_4)}{K(x_1, x_2, x_3, x_4)} \rightarrow \min. \quad (3.14)$$

Вирішення задачі (3.14) за допомогою програмного пакету «Mathematica» привело до раціональних геометричних параметрів розташування робочих органів глибокорозпушувача:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0,49 \dots 0,50 \text{ м}; x_2 = 0,24 \dots 0,25 \text{ м}; x_3 = 0,19 \dots 0,20 \text{ м}; x_4 = 0,37 \dots 0,38 \text{ м}; \\ K &= 71,5 \dots 80,1 \%; R_x = 18,4 \dots 19,1 \text{ кН}; \sigma_R = 0,330 \dots 0,372 \text{ кН}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Результати порівняння отриманих теоретичних і експериментальних даних (3.15) приведені на рисунку 3.6. З рисунку 3.6 видно, що експериментальні дані лежать в довірчому діапазоні теоретичних – цей факт підтверджує адекватність проведених досліджень.

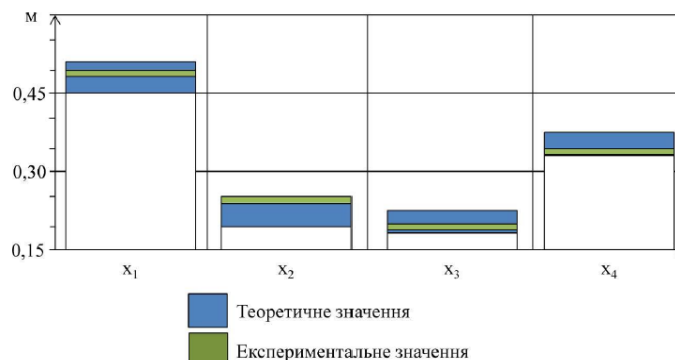


Рисунок 3.6 – Порівняння отриманих теоретичних і експериментальних даних

Висновки по розділу

На основі проведених експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні положення, а саме зменшення амплітуди коливань кута повороту рами відносно точки кріплення глибокорозпушувача до трактора приводить до зменшення середньоквадратичного відхилення його тягового опору.

У результаті багатофакторного досліду були встановлені залежності геометричних параметрів розташування робочих органів агрегату на коефіцієнт якості розпушування ґрунту, середнє значення та середньоквадратичне відхилення тягового опору.

За результатами вирішення компромісної задачі, завданням якої є мінімізація середнього значення та середньоквадратичного відхилення тягового опору при максимальному коефіцієнту якості розпушування ґрунту, були отримані раціональні геометричні параметри розташування робочих органів глибокорозпушувача:

- міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині) $x_1 = 0,49-0,50\text{м}$;
- глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду $x_2 = 0,24-0,25\text{м}$;
- розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини $x_3 = 0,19-0,20\text{м}$;
- розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини $x_4 = 0,37-0,38\text{м}$.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація умов та заходів з охорони праці на виробництві

Організація охорони праці на виробництві – це цілісна система прав, обов’язків та повноважень суб’єктів виробничого процесу, процедур, спрямованих на дотримання безпечного рівня виробництва, правил та нормативних вимог, які регулюють питання найманої праці.

Організація роботи по охороні праці полягає у виборі та формуванні такої структури управління охороною праці на виробництві, яка найповніше відповідала б меті створення безпечних і сприятливих умов праці.

Об’єктом управління охороною праці є діяльність функціональних служб та структурних підрозділів підприємства щодо забезпечення безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, виробничих ділянках, у цехах та підприємстві в цілому.

Організація й координація робіт у галузі охорони праці повинні передбачати формування органів управління охороною праці, встановлення обов’язків і порядку взаємодії осіб, які беруть участь в управлінні, а також у прийнятті та реалізації управлінських рішень. Управління охороною праці на підприємстві здійснює власник підприємства (роботодавець), а у структурних підрозділах – відповідні керівники підрозділів.

Зобов’язання, права та відповідальність посадових осіб за виконання покладених на них функцій щодо питань охорони праці розглядаються в посадових інструкціях, форма яких розроблена Держнаглядохоронпраці. Згідно зі ст. 13 Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов’язаний створити в кожному структурному підрозділі та на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити додержання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці. З цією метою він забезпечує функціонування системи управління охороною праці, для чого:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують функціонування системи охорони праці;
- розробляє за участю сторін колективного договору й реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує прогресивні досягнення з охорони праці;
- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, і виконання профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування;
- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства;
- здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил та вимог щодо охорони праці;
- організовує пропаганду безпечних методів праці й співробітництво з працівниками у галузі охорони праці.

У випадку відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, власник зобов'язаний вжити заходів, що забезпечать безпеку працівників.

У разі виникнення на підприємстві надзвичайних ситуацій і нещасних випадків роботодавець зобов'язаний вжити термінових заходів для допомоги потерпілим, залучити за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування.

У колективному договорі (угоді, трудовому договорі) сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та

виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійним захворюванням і аваріям.

4.2. Логіко-імітаційне моделювання процесів виникнення травм при роботі із сільськогосподарською технікою

Використовуючи метод логічного моделювання можна передбачити протікання будь-якої травматичної ситуації і, відповідно, вжити заходів до її попередження. Першочергово це завдання покладається на керівників виробничих підрозділів або спеціалістів. При цьому, проведення заходів попередження виробничого травматизму дозволить уникнути їм відповідальності за нещасні випадки що стались з їхніми підлеглими.

Проте, основним при застереженні травм залишається сам працівник, так як саме він є безпосереднім учасником процесу формування небезпечної ситуації і йому найлегше їй запобігти. Згідно статистичних даних близько половини всіх нещасних випадків відбуваються з вини самих потерпілих через нехтування правилами безпеки праці. Керівник повинен, окрім забезпечення безпечних умов праці, виховувати у підлеглих розуміння необхідності уникати допущення небезпечних ситуацій [22].

Побудуємо логіко-імітаційну модель процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі механізованого обробітку ґрунту та складемо перелік базових подій. Кожній події (пункту) присвоїмо певне значення ймовірності його виникнення:

1. Відсутність елементів системи $P_6 = 0,14$;
2. Професійний рівень комбайнера $P_1 = 0,21$;
3. Наявність дефектів $P_8 = 0,15$;
4. Підвищений люфт в рульовому керуванні $P_7 = 0,09$;
5. Досвід роботи $P_2 = 0,13$;
6. Пошкодження елементів системи $P_5 = 0,15$;
7. Психо-фізіологічний стан комбайнера $P_3 = 0,09$.

Складені події дають можливість побудувати матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами.

Отже, розглядаємо травмонебезпечну ситуацію, що можлива виникнути за умови роботи машинотракторного агрегату на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до його перекидання, а також зробимо розрахунок ймовірності виникнення подій, що формують логікоімітаційну модель процесу механізованого скошування у валки [22].

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо так:

Ймовірність виникнення події P_5 визначаємо наступним чином:

$$P_9 = P_1 + P_2 + P_3; P_9 = 0,21 + 0,13 + 0,09 = 0,43;$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо:

$$P_{11} = P_6 \cdot P_5; P_{11} = 0,14 \cdot 0,15 = 0,021$$

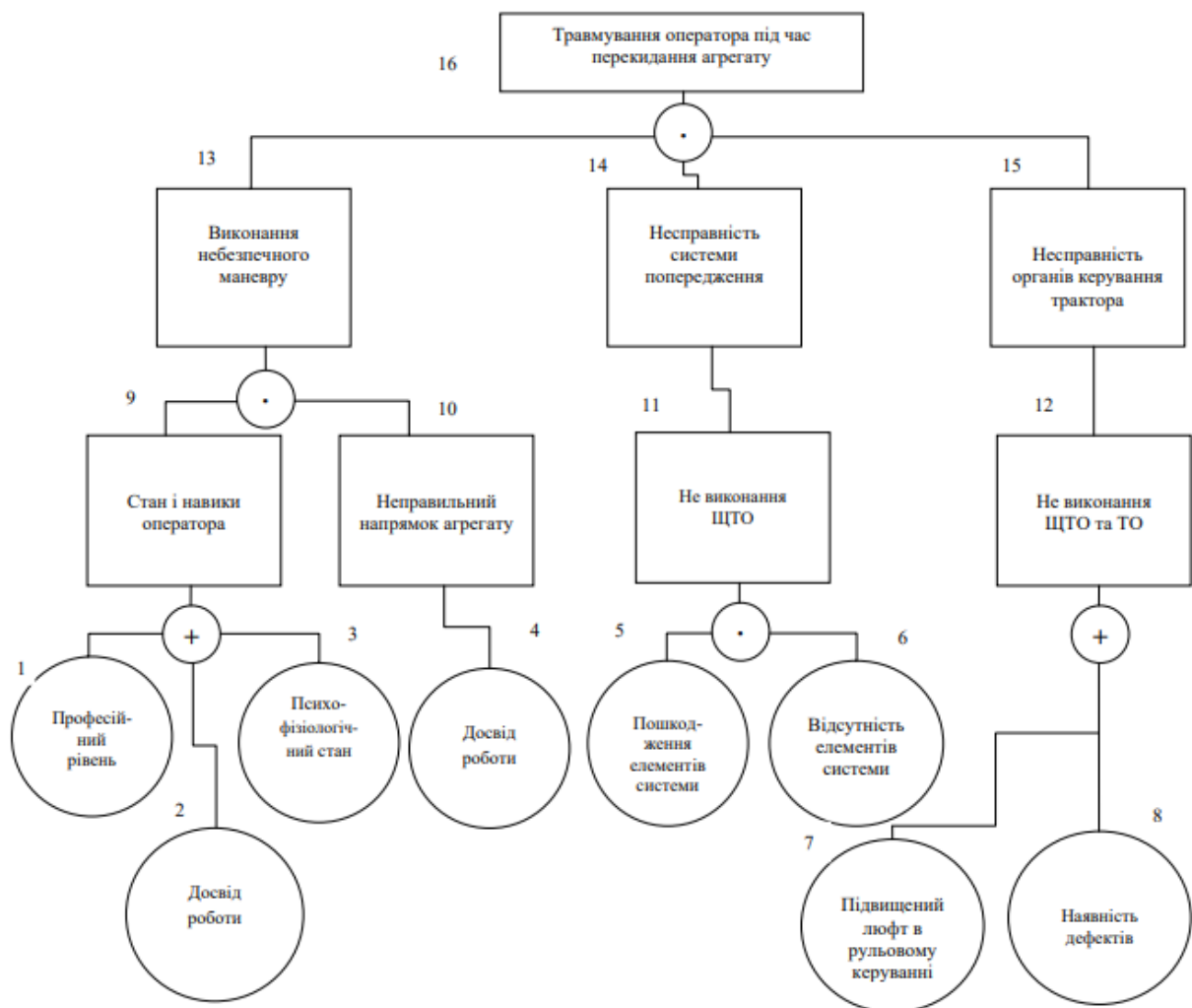


Рисунок 4.1 – Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації

Ймовірність виникнення події P_{12} визначаємо так:

$$P_{12} = P_7 + P_8; P_{12} = 0,09 + 0,15 = 0,24;$$

Ймовірність події P_{13} :

$$P_{13} = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot P_4; P_{13} = (0,21 + 0,13 + 0,09) \cdot 0,13 = 0,0559;$$

Ймовірність події P_{16} :

$$P_{16} = P_{13} \cdot P_{14} \cdot P_{15}; P_{16} = 0,0559 \cdot 0,021 \cdot 0,24 = 0,00282;$$

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми оператора під час перекидання машинотракторного агрегату є досить мала і становить $P_{16} = 0,00282$.

Висновки по розділу

В основі методики оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується. За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми оператора під час перекидання машинотракторного агрегату є досить мала і становить $P_{16} = 0,00282$.

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОГО ЯРУСНОГО ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА

5.1. Розрахунок собівартості розробленого ярусного глибокорозпушувача

Економічний ефект від використання ярусного глибокорозпушувача обумовлений зниженням питомого тягового опору з одночасним підвищенням якості обробітку ґрунту. У результаті зменшуються приведені витрати на 1 га оброблюваної площі [14].

Для визначення економічної ефективності ярусного глибокорозпушувача ЯГР в якості базового знаряддя використовувалась рама ГУН-4, переобладнана для кріплення робочих органів дослідного знаряддя (Рис. 5.1). Технічна характеристика дослідного ЯГР-2 представлена в таблиці 5.1.



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд дослідного ярусного глибокорозпушувача

В якості порівняльного знаряддя було обрано плуг чизельний ПЧ-2,5, технічна характеристика якого представлена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика глибокорозпушувачів

Показники	ПЧ-2,5	Дослідний ЯГР-2
Кількість робочих органів, шт.	5	8
Ширина захвату, м	2,5	2
Глибина обробітку, см	40	40
Робоча швидкість, км/год	До 8	До 8
Коефіцієнт розпушування ґрунту, %	35,5...42,3	71,5...80,1
Тяговий опір, кН	32,7...34,2	27,4...28,1
Маса, кг	950	1230
Агрегатується з трактором	Клас 3	Клас 3

Для визначення економічної ефективності розроблених робочих органів необхідно знати їх галузеву собівартість.

Витрати на виготовлення робочих органів визначимо за формулою:

$$B_{PO} = B_{OD} + B_{ПВ} + B_{ЗПК}, \quad (5.1)$$

де B_{OD} – вартість виготовлення оригінальних деталей, грн.;

$B_{ПВ}$ – вартість виробів що закупляються, грн.;

$B_{ЗПК}$ – повна заробітна плата з врахуванням робочих, що зайняті на збиранні конструкції, грн.

Знаходимо затрати на виготовлення оригінальних деталей за формулою:

$$B_{OD} = B_{МЗ} + B_{ЗОД}, \quad (5.2)$$

де $B_{МЗ}$ – вартість матеріалу заготовки, грн.;

$B_{ЗОД}$ – заробітна плата робочих, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.

Вартість матеріалу заготовки для виготовлення оригінальних деталей знаходимо за формулою:

$$B_{МЗ} = B_3 \cdot Q_3, \quad (5.3)$$

де B_3 – ціна 1 кг матеріалу заготовок, грн.;

Q_3 – маса заготовок, кг.

Заробітна плата робочих, що зайняті на виготовленні оригінальних деталей:

$$B_{ЗОД} = B_O + B_D + B_{СОЦ}, \quad (5.4)$$

де B_O і B_D – основна і додаткова заробітна плата робочих, грн.;

$V_{\text{соц}}$ – нарахування по соціальному страхуванню, грн.

$$V_o = t_{\text{ср}} \cdot C_{\Gamma} \cdot K_d, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{ср}}$ – середня трудомісткість виготовлення окремих оригінальних деталей, люд.-год.;

C_{Γ} – часова ставка робочих, грн./год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує доплати.

Додаткову заробітну плату знаходимо за формулою:

$$V_d = (5 \dots 12) \cdot V_o / 100. \quad (5.6)$$

Знаходимо нарахування по соціальному страхуванню:

$$V_{\text{соц}} = R_{\text{соц}} \cdot (V_o + V_d) / 100, \quad (5.7)$$

де $R_{\text{соц}}$ – відсоток відрахувань від зарплати, $R_{\text{соц}} = 4,4\%$.

Заробітну плату робітників, зайнятих на збиранні конструкції, знаходимо за формулою:

$$V_{\text{зпк}} = V_{\text{озп}} + V_{\text{дзп}} + V_{\text{соц}}, \quad (5.8)$$

де $V_{\text{озп}}$ і $V_{\text{дзп}}$ – основна і додаткова заробітна плата робітників, зайнятих на складанні, грн.

Знаходимо основну заробітну плату робітників, зайнятих на збірці конструкції, за формулою:

$$V_{\text{озп}} = T_{\text{ск}} \cdot C_{\Gamma} \cdot K_d, \quad (5.9)$$

де $T_{\text{ск}}$ – нормативна трудомісткість складання, люд.-год.

$$T_{\text{ск}} = K_z \cdot E_{\text{тск}}, \quad (5.10)$$

де K_z – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом збірки;

$E_{\text{тск}}$ – сумарна трудомісткість складання складових частин конструкції, люд.-год.

Тоді вартість виготовлення комплекту робочих органів становитиме:

$$V_{\text{кпо}} = n \cdot V_{\text{ро}},$$

де n – кількість робочих органів на рамі знаряддя.

Знаходимо вартість модернізованої конструкції машини:

$$B_{\text{см}} = B_{\text{сб}} + V_{\text{кпо}}, \quad (5.11)$$

де B_{CB} – балансова вартість базової машини, грн.

Значення показників, що визначаються за формулами (5.1)-(5.11), представлено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок вартості дослідного ЯГР-2

Показник	Позначення	Значення
Вартість виробів що закупляються, грн.	$B_{ПВ}$	480
Ціна 1 кг матеріалу заготовок, грн.	B_3	27,20
Маса заготовок, кг	Q_3	40
Середня трудомісткість виготовлення окремих оригінальних деталей, люд.-год.	t_{CP}	31
Часова ставка робочих, грн./год.	$C_{Г}$	27,52
Коефіцієнт, що враховує доплати	$K_{Д}$	1,03
Відсоток відрахувань від зарплати, %	$R_{COЦ}$	4,40
Основна заробітна плата робітників, зайнятих на складанні, грн.	$B_{OЗП}$	352
Коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом збирання	K_3	1,08
Сумарна трудомісткість складання складових частин конструкції, люд.-год.	E_{TCK}	4,80
Кількість робочих органів на рамі знаряддя	n	8
Балансова вартість базової машини, грн.	B_{CB}	77600
Додаткова заробітна плата робітників, зайнятих на складанні, грн.	$B_{ДЗП}$	146,96
Нормативна трудомісткість складання, люд.-год.	T_{CK}	5,18
Основна заробітна плата робочих, грн.	B_O	876
Додаткова заробітна плата робочих, грн.	$B_{Д}$	105,44
Нарахування по соціальному страхуванню, грн.	$B_{COЦ}$	43,32
Вартість матеріалу заготовки, грн.	$B_{МЗ}$	1088
Заробітна плата робочих, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.	$B_{ЗОД}$	1024
Повна заробітна плата з врахуванням робочих, що зайняті на збиранні конструкції, грн.	$B_{ЗПК}$	540
Вартість виготовлення оригінальних деталей, грн.	$B_{ОД}$	2112
Витрати на виготовлення робочих органів, грн.	$B_{РО}$	3136
Вартість виготовлення комплекта робочих органів, грн.	$B_{КРО}$	25100
Вартість модернізованої конструкції машини, грн.	B_{CM}	102700

5.2 Техніко-економічна ефективність застосування ярусного глибокорозпушувача

Розрахунок економічної ефективності виконано відповідно до загально-відомих методик методом послідовного порівняння значень відповідних показників базового і порівнюваного варіантів згідно [11].

Річний економічний ефект (E_P) визначався як різниця наведених витрат за варіантами:

$$E_P = (U_B - U_H + D) \cdot W_T, \quad (5.12)$$

де U_B , U_H – наведені витрати на 1 га при базовому і проектному варіантах, грн./га;

W_T – річний виробіток агрегату, га;

D – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції, грн./га.

Наведені витрати на 1 га визначаються за формулою:

$$U = C + E \cdot K_{UD}, \quad (5.13)$$

де C – прямі експлуатаційні витрати, грн./га;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_{UD} – питомі капітальні вкладення, грн./га.

Прямі експлуатаційні витрати визначаються наступним чином:

$$C = Z + Z_T + A_T + A_{CM} + P_T + P_{CM}, \quad (5.14)$$

де Z – зарплата тракториста, грн./га;

Z_T – витрати на паливо та мастильні матеріали, грн./га;

A_T – амортизаційні відрахування на трактор, грн./га;

A_{CM} – амортизаційні відрахування на глибокорозпушувач, грн./га;

P_T – відрахування на ремонт і ТО трактора, грн./га;

P_{CM} – відрахування на ремонт і ТО глибокорозпушувача, грн./га;

Зарплата тракториста визначається за залежністю:

$$Z = T \cdot f_T; \quad (5.15)$$

де T – затрати праці на 1 га, люд.-год./га

$$T = N_T / W_E; \quad (5.16)$$

де N_T – кількість обслуговуючого персоналу;

W_E – експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год.

$$W_E = W_T \cdot \phi_E; \quad (5.17)$$

де W_T – технічна продуктивність агрегату, га/год.

$$W_T = W \cdot K_B; \quad (5.18)$$

де W – теоретична продуктивність агрегату, га/год.

$$W = 0,1B \cdot V_P; \quad (5.19)$$

де B – ширина захвату, м;

V_P – робоча швидкість, км/год.;

K_B – коефіцієнт використання ширини захвату;

ϕ_E – коефіцієнт використання експлуатаційного часу;

f_T – тарифна ставка тракториста, грн./год.;

Витрати на паливо та мастильні матеріали визначаються наступною формулою:

$$3T = G_{\text{ч}} \cdot \text{Ц}_T / W_E, \quad (5.20)$$

де $G_{\text{ч}}$ – часові витрати палива, кг/год.;

Ц_T – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

Амортизаційні відрахування на трактор можна знайти за виразом:

$$A_T = B_T \cdot a_T / (100 \cdot \Gamma_T \cdot W_E), \quad (5.21)$$

де B_T – ціна балансова трактора, грн.;

a_T – коефіцієнт амортизаційних відрахувань трактора;

Γ_T – річне завантаження трактора, год.

Амортизаційні відрахування на глибокорозпушувач:

$$A_{\text{СМ}} = B_{\text{СМ}} \cdot a_{\text{СМ}} / (100 \cdot \Gamma_{\text{СМ}} \cdot W_E), \quad (5.22)$$

де $B_{\text{СМ}}$ – ціна балансова глибокорозпушувача, грн.;

$a_{\text{СМ}}$ – коефіцієнт амортизаційних відрахувань глибокорозпушувача;

$\Gamma_{\text{СМ}}$ – річне завантаження глибокорозпушувача, год.

Відрахування на ремонт і ТО трактора знайдемо за залежністю:

$$P_T = B_T \cdot p_T / (100 \cdot \Gamma_T \cdot W_E), \quad (5.23)$$

де P_T – коефіцієнт відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора.

Відрахування на ремонт і ТО глибокорозпушувача визначимо:

$$P_{CM} = B_{CM} \cdot p_{CM} / (100 \cdot G_T \cdot W_E), \quad (5.24)$$

де P_{CM} – коефіцієнт відрахувань на ремонт і технічне обслуговування глибокорозпушувача.

Питомі капітальні вкладення визначаються:

$$K_{UD} = (B_T / G_T + B_{CM} / G_{CM}) / W_E, \quad (5.25)$$

Додатковий чистий дохід, що отриманий за рахунок збільшення кількості продукції, можна знайти за формулою:

$$D = C_B \cdot B \cdot k_B / 100, \quad (5.26)$$

де C_B – ціна 1 т зібраного врожаю, грн./т;

B – врожайність, т/га;

k_B – відсоток збільшення врожайності, %.

Термін окупності додаткових капіталовкладень визначається наступним чином:

$$T = (B_{CM} - B_{CB}) / E_P. \quad (5.27)$$

Вихідні дані та результати розрахунку економічних показників та економічної ефективності наведені в таблицях 5.3-5.4.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Позначення	Варіант	
		базовий (ПЧ-2,5)	проектний (ЯГР-2)
Річний виробіток агрегату, га	W_T	250,00	250,00
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	E	0,15	0,15
Тарифна ставка тракториста, грн./год.	f_T	35,28	35,28
Кількість обслуговуючого персоналу, чол	N_T	1,00	1,00
Ширина захвата, м	B	2,50	2,00
Робоча швидкість, км/год.	V_P	8,00	8,00
Коефіцієнт використання ширини захвату	K_B	0,97	0,97
Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	ϕ_E	0,78	0,78
Часові витрати палива, кг/год.	$G_{\text{ч}}$	27,00	18,00
Комплексна ціна 1 кг палива, грн.	Ц_T	54,79	54,79
Ціна балансова трактора, грн.	B_T	1140000	1140000
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань трактора	a_T	12,50	12,50

Продовження таблиці 5.3

Річне завантаження трактора, год.	G_T	1700,00	1700,00
Ціна балансова глибокорозпушувача, грн.	B_{CM}	77600	102700
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань глибокорозпушувача	a_{CM}	16,00	16,00
Річне завантаження глибокорозпушувача, год.	G_{CM}	200,00	200,00
Коефіцієнт відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора	p_T	10,00	10,00
Коефіцієнт відрахувань на ремонт і технічне обслуговування глибокорозпушувача	p_{CM}	11,00	11,00
Ціна 1 т зібраного врожаю, грн./т	C_B	7800	7800
Врожайність, т/га ²	B	3,40	3,40
Збільшення врожайності, %.	k_B	—	3,41

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку економічної ефективності

Показник	Позначення	Варіант	
		базовий (ПЧ-2,5)	проектний (ЯГР-2)
Експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год.	W_E	1,51	1,21
Технічна продуктивність агрегату, га/год.	W_T	1,94	1,55
Теоретична продуктивність агрегату, га/год.	W	2,00	1,60
Затрати праці на 1 га, люд.-год./га	T	0,66	0,83
Питомі капітальні вкладення, грн./га	$K_{уд}$	699,56	978,12
Зарплата тракториста, грн./га	$З$	717,09	896,67
Витрати на паливо та мастильні матеріали, грн./га	$З_T$	869,85	724,85
Амортизаційні відрахування на трактор, грн./га	A_T	55,40	86,55
Амортизаційні відрахування на глибокорозпушувач, грн./га	A_{CM}	51,30	84,85
Відрахування на ремонт і ТО трактора, грн./га	P_T	44,32	56,40
Відрахування на ремонт і ТО глибокорозпушувача, грн./га	P_{CM}	3,32	5,48
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	C	863,24	807,04
Наведені витрати на 1 га, грн./га	U	968,02	953,76
Додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції, грн./га	$Д$	—	754,16
Річний економічний ефект, грн.	E_P	—	153755,32
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	T	—	0,16

Висновки по розділу

Після проведення техніко-економічних розрахунків можна зробити наступні висновки:

Проведені порівняльні випробування дослідного ЯГР-2 і плуга чизельного ПЧ-2,5. За результатами випробувань встановлено, що якість розпушування ґрунту краща після проходження дослідним ЯГР-2 і складає 71,5-80,1 %, а тяговий опір – 27,4-28,1 кН.

Застосування дослідного ЯГР-2 для ярусного обробітку ґрунту дозволяє знизити витрати на паливно-мастильні матеріали скоротити на 16% в порівнянні з серійними робочими органами ПЧ-2,5.

Економічні розрахунки свідчать, що використання ярусного глибокорозпушувача ЯГР-2 для умов зрошуваного землеробства дає можливість отримати річний економічний ефект 153755,32 грн., а термін окупності його складає близько 1 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень в дипломній роботі можна зробити наступні висновки:

Визначено вплив техніко-технологічних параметрів ярусного глибокорозпушувача на агрофізичні показники ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур. Здійснено огляд технічних засобів для глибокого обробітку ґрунту.

Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему глибокорозпушувача для пошарового обробітку ґрунту, яка дозволяє реалізувати процес деблокованого деформування скиби розпушуваного ґрунту. Умова пошарового обробітку пропонується для зниження енергоємності технологічного процесу шляхом зменшення впливу критичної глибини різання ґрунту, та створення умов роботи робочих органів у напіввільному і деблокованому різанні ґрунту в поздовжньо-вертикальній площині.

Побудована математична модель функціонування глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту, дослідження якої дозволили визначити розміщення чизельних робочих органів по довжині на рамі знаряддя при яких амплітуда коливань кута повороту рами відносно точки кріплення глибокорозпушувача до трактора є найменшою: відстань між робочими органами першого і другого рядів $x_3 = 0,18-0,22\text{м}$, відстань між робочими органами другого і третього рядів $x_4 = 0,33-0,37\text{м}$. Обґрунтована відстань між чизельними робочими органами, яка забезпечує обробіток ґрунту без огріхів. При глибині ходу робочих органів першого $h_1 = 0,1-0,15\text{м}$ і другого $h_2 = 0,2-0,25\text{м}$ рядів відстань між ним повинна бути $x_1 = 0,45-0,51\text{м}$.

Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні положення, а саме – зменшення амплітуди коливань кута повороту рами відносно точки кріплення глибокорозпушувача до трактора призводить не тільки до зменшення середньоквадратичного відхилення його тягового опору, а, головне, і тягового опору знаряддя в цілому.

В результаті багатофакторного експерименту було встановлені залежності геометричних параметрів розташування робочих органів на коефіцієнт якості розпушування ґрунту, середнє значення та середньоквадратичне відхилення тягового опору. За результатами вирішення компромісної задачі, завданням якої є мінімізація середнього значення та середньоквадратичного відхилення тягового опору при максимальному коефіцієнті якості розпушування ґрунту, були отримані раціональні геометричні параметри розташування робочих органів глибокорозпушувача: міжстійкова відстань між робочими органами першого і другого ряду (по ширині) $x_1 = 0,49-0,50\text{м}$; глибина обробітку ґрунту робочими органами другого ряду $x_2 = 0,24-0,25\text{м}$; розташування робочих органів першого ряду відносно другого по довжині машини $x_3 = 0,19-0,20\text{м}$; розташування робочих органів третього ряду відносно другого по довжині машини $x_4 = 0,37-0,38\text{м}$.

Економічні розрахунки свідчать, що використання ярусного глибокорозпушувача ЯГР-2 для умов зрошуваного землеробства дає можливість отримати річний економічний ефект 153755,32 грн., а термін окупності його становить близько 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Araya K. Soil Failure by Introducing Air under Pressure. Trans of the ASAE . 1985. № 27. P. 49-57.
2. Armi I.G. Stubble mulch forming and mistere conservation on the Great Ploins. Maidenhead, Mc Craw-Hill. 1978.
3. Gill W.R. Soil dynamicy in tillage and traction. Agriculture hand-Book. Department of Agriculture, 1988. 316 S.
4. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. і ін.. Екологічний стан ґрунтів України. Український географічний журнал. 2012, № 2. С. 38-42.
5. Бауков А.Ф. Исследование и обоснование геометрических параметров формы рехлительных рабочих органов культиватора для почв юга Украины: дис. ... канд. тех. наук / А.Ф. Бауков. Мелитополь, 1968. 207с.
6. Бахтин П.У. Уплотнение почвы движателями тракторов и машин. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1981. №2. С. 34.
7. Бойко Ф.Ж., Даллен М.Е. Современные методы обработки почвы и орудия. ФАО / ЕЭК // AGRI / МЕСН. Доклад №101. Женева, 1984. 31 с.
8. Бондарев А.Г., Сапожников П.М., Уткаева В.Ф., Щепотьев В.Н. Изменение физических свойств почв под действием ходовых систем. Серые лесные почвы. Земледелие. 1987. №9. С.25-27.
9. Бурченко П.Н. Обработка почвы от В.П. Горячкина до наших дней. Техника в сельском хозяйстве. 1999. №6. С. 34-36.
10. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будьоний Є.П. Землеробство. Київ : Урожай, 1996. 384 с.
11. ДСТУ 4397:2005 Методики економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.
12. Кушнарєв А.С. Механико-технологические основы процесса воздействия рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий: дис... док. тех. наук. / А.С. Кушнарєв. Мелитополь, 1980. 329 с.

13. Лабатюк Ю.М. Обґрунтування ефективності застосування чизельного обробітку ґрунту. Праці ТДАТА. Вип. 28. Мелітополь, 2005. С. 185-190.
14. Лабатюк Ю.М. Техніко-економічна ефективність застосування ярусного глибокорозпушувача. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : КНТУ. Кіровоград, 2013. Вип. 43, Ч.1. С. 304-310.
15. Лабатюк Ю.М. Ефективність застосування глибокого розпушування на переущільнених ґрунтах та ґрунтах зрошувального землеробства. Матеріали ІХ-міжнародного форуму молодіжи. ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків, 2013. С. 5.
16. Левченко И.М. Влияние глубокой вспашки с почвоуглублением на накопление и сохранение влаги в почве в условиях южных черноземов: автореф. дис... канд. тех. наук / И.М. Левченко. Одесса, 1963. 19 с.
17. Лук'янчук О.П. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ярусного глибокорозпушувача: автореферат дис. канд. тех наук / О.П. Лук'янчук. Львів, 2005. 27 с.
18. Медведев В.В., Слободянюк П.И., Пащенко В.Ф. Использование агрофизических свойств черноземов при разработке почвообрабатывающих машин. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987. №3. С. 6-8.
19. Михайлын А.А. Глубокое чизелирование — основа высокого урожая. Земледелие. 2003. №1. С. 31.
20. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України : ТОВ «ВИК-ПРИНТ». Київ, 2010. С. 111.
21. Осадчий А.П. Об оптимальных величинах при смятие и крошение пласта. Земледельческая механика : Киев. 1966. С.37-89.
22. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. Зб. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79-86.
23. Рабочий И.С., Бахтин П.У., Гавалов И.В. и др. Уплотнение почвы ходовыми системами машин. Земледелие. 1978. № 5. С.74-77.