

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а  
до дипломної роботи  
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування параметрів протиерозійного комбінованого знаряддя з  
конусним ротаційним розпушувачем**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгАІ-3-24 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Десятерик Іван Сергійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Пономаренко Наталія

Олександрівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**Десятерик Іван Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» жовтня 2025 року №3182

**2. Строк подання студентом роботи** 22.11.2025 р.**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих засобів обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Основи ґрунтозахисних і вологозберігаючих технологій обробітку ґрунту. Обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту комбінованим знаряддям із конусним ротаційним розпушувачем та методика проведення досліджень. Результати експериментальних досліджень. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Економічна ефективність впровадження. Висновки. Список використаних джерел.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1, 2 Мета і задачі, об'єкт, предмет досліджень. 3. Огляд знарядь для протиерозійного обробітку ґрунту.. 4. Комбіноване знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту з конусним ротаційним розпушувачем . 5. Програма лабораторно-польових досліджень. 6. Результати експериментальних досліджень. 7. Техніко-економічні показники. 8. Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пономаренко Н.О.		
2	Пономаренко Н.О.		
3	Пономаренко Н.О.		
4	Пономаренко Н.О.		
5	Пономаренко Н.О.		
6	Пономаренко Н.О.		
нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 30.08.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.05.2025 р.	
2	Теоретичний	до 10.07.2025 р.	
3	Експериментальний	до 29.09.2025 р.	
4	Охорона праці	до 15.10.2025 р.	
5	Економічний	до 22.10.2025 р.	
6	Демонстраційна частина	до 29.10.2025 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Десятерик І.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Пономаренко Н.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі обґрунтовано технологічний процес протиерозійного обробітку ґрунту з одночасним руйнуванням плужної підшви. Виготовлено дослідний зразок комбінованого знаряддя. Поверхня поля після його обробітку стає гладкою, а ґрунтовий канал, утворений конусним ротаційним розпушувачем у плужній підшві сприяє аерації ґрунту та міграції по ньому вологи.

За результатами чисельного експерименту було обґрунтовано основні конструктивні параметри розпушувача: кількість витків на конусі розпушувача прийнято рівною 0,33, висота конуса  $z_0 = 0,15$  м; радіус основи конуса  $\rho_{oc} = 0,0175$  м; радіус гвинта  $\rho_0 = 0,07$  м. У польових дослідженнях виявлено раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні 2300 Н...2500 Н за таких значень його технологічних параметрів: кут нахилу розпушувача 40...50; швидкість пересування 2...2,5 м/с. Встановлено, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворює в ньому канал частково заповнений пухким ґрунтом із дрібногрудкуватою структурою густиною  $0,77...0,79 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів.

*Ключові слова: ґрунт, обробіток, розпушувач, тяговий опір, аерація, конструкція.*

## ЗМІСТ

Вступ	7
1. Основи ґрунтозахисних і вологозберігаючих Технологій обробітку ґрунту	9
1.1. Сучасний стан механізації обробітку ґрунту	9
1.2. Огляд знарядь для протиерозійного обробітку ґрунту	15
Висновки по розділу	19
2. Обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту комбінованим знаряддям із конусним ротаційним розпушувачем та методика проведення досліджень	21
2.1. Задачі технологічного розрахунку робочих органів комбінованого знаряддя	21
2.2. Програма лабораторно-польових досліджень	24
2.3. Методика визначення гребнистості поверхні ґрунту	27
3. Результати експериментальних досліджень	34
3.1. експериментальні дослідження з обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів	34
Висновки по розділу	47
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	48
4.1 дослідження та оцінка стану з охорони праці в пп «росток»	48
4.2 аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві	51
4.3. Заходи по поліпшенню умов праці	53
4.4 безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі	54
Висновки	54
5. Економічна ефективність впровадження запропонованого знаряддя у виробництво	55
Загальні висновки	61
Список використаних джерел	62

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Розвиток галузі рослинництва значною мірою залежить від розроблення й упровадження ґрунтозахисних і високоефективних технологій обробітку сільськогосподарських культур, що забезпечують збільшення їхньої врожайності й одержання екологічно чистої продукції з мінімальними ресурсо-енергетичними витратами.

У нашій країні майже три чверті оброблюваних земель потребують захисту від водної та вітрової ерозії. Ерозія знижує родючість ґрунтів і вносить істотну шкоду у структуру ґрунтового покриву.

Більшість наявних протиерозійних прийомів обробітку ґрунту характеризуються високою енергоємністю, низькою продуктивністю і не завжди забезпечують необхідні показники якості його обробітку. З вищевикладеного випливає, що інтенсифікація землеробства в посушливих умовах потребує розроблення нових протиерозійних машин для обробітку ґрунту.

Аналіз відомих теоретичних та експериментальних досліджень у галузі ротаційних розпушувачів-ґрунтопоглиблювачів комбінованих ґрунтообробних машин показав, що вони не повною мірою дають змогу визначати раціональні конструктивно-технологічні параметри знарядь із робочими органами у формі конуса. Отже, актуальним є створення математичних моделей, що описують взаємодію конусного ротаційного розпушувача з ґрунтом, який обробляють, а також обґрунтування раціональних значень конструктивно-технологічних параметрів комбінованого знаряддя, що забезпечує підвищення продуктивності та зниження енергоємності обробітку ґрунту.

Тому створення протиерозійного комбінованого знаряддя з конусним ротаційним розпушувачем, що забезпечує підвищення ефективності та якості обробітку ґрунту, є актуальним науковим завданням, що має важливе народногосподарське значення.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес і технічний засіб із конусним ротаційним розпушувачем для протиерозійного обробітку ґрунту.

**Предмет дослідження** – закономірності технологічних процесів обробітку ґрунту.

**Метою** роботи є підвищення ефективності протиерозійного обробітку ґрунту шляхом обґрунтування технологічного процесу та розробки конусного ротаційного розпушувача комбінованого знаряддя.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- обґрунтувати технологічний процес протиерозійного обробітку ґрунту з одночасним руйнуванням плужної підшви;
- провести лабораторні та польові дослідження з обґрунтуванням раціональних конструктивно-технологічних параметрів конусного ротаційного розпушувача та комбінованого знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту.

**Методи наукового дослідження.** Дослідження виконано на основі аналізу технологічних процесів обробітку ґрунту з використанням положень і законів класичної механіки. Використано методи математичного моделювання, планування експерименту та математичної статистики із застосуванням розроблених і стандартних комп'ютерних програм.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для виробництва представляє розроблене комбіноване знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 69 сторінок комп'ютерного тексту, містить 24 рисунки і 1 таблицю.

## РОЗДІЛ 1

# ОСНОВИ ҐРУНТОЗАХИСНИХ І ВОЛОГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

### 1.1 Сучасний стан механізації обробітку ґрунту

Однією з основних причин, що призводять до деградації ґрунтів, безсумнівно, є переущільнення ґрунту, яке сприяє розвитку ерозійних процесів. Ущільнення ґрунту, також відоме як руйнування структури ґрунту, являє собою збільшення насипної густини або зменшення пористості ґрунту через зовнішні або внутрішні навантаження. Ущільнення чинить негативний вплив практично на всі фізичні, хімічні, біологічні властивості та функції ґрунту. Разом з ерозією ґрунту вона вважається "найдорожчою і найсерйознішою екологічною проблемою, спричиненою традиційним сільським господарством" [1].

У добре структурованих ґрунтах частинки взаємодіють одна з одною, утворюючи ґрунтові агрегати. Порожнечі між частинками ґрунту заповнюються водою і повітрям, утворюючи тонкий шар навколо них. Цей шар захищає взаємодію частинок з частинками, тим самим забезпечуючи стабільність структури ґрунту [1].

Механічний тиск, прикладений до ґрунту, врівноважується збільшенням взаємодій його частинок. Це передбачає зменшення об'єму ґрунту шляхом зменшення пустот між частинками. У результаті вода і повітря витісняються, а об'ємна щільність ґрунту збільшується, що призводить до зниження проникності для води і повітря [1].

Сприйнятливості ґрунту до ущільнення залежить від кількох чинників, які впливають на взаємодію частинок ґрунту. Так, дрібнозернисті ґрунти (з високим вмістом глини) більш схильні до ущільнення, ніж грубі текстуровані. Високий вміст води також збільшує сприйнятливості до ущільнення, а ґрунти з кутастими, гетерогенними структурами є більш стабільними. Підвищенню стійкості до ущільнення сприяє також вміст органічної речовини, оскільки вона діє як буфер, зв'язуючи мінерали та воду [1].

Наслідками ущільнення ґрунту є зниження повітропроникності та зменшення проникнення води, а для рослин – обмежений ріст коріння, доступність поживних речовин через збільшення насипної густини та зменшення розміру пор у ґрунті. Це призводить до висушування верхнього шару ґрунту та його розтріскування, оскільки коріння споживає воду, необхідну для транспірації, з верхньої частини через те, що не може проникати в глибші горизонти [1].

При цьому також відбувається зменшення дифузії кисню, що спричиняє анаеробні умови. Разом з анаеробним станом збільшення насичення ґрунтовою водою може посилити процеси денітрифікації в ґрунті, що призводить до збільшення викидів  $N_2O$ , зменшення доступного азоту в ґрунті та зниження ефективності використання азоту культурами. Зниження аерації також впливає на біорізноманіття в ґрунті та може призвести до зменшення мікробної біомаси, на розподіл макрофауни, що життєво важливі для формування структури ґрунту, включно з дощовими черв'яками, через скорочення великих пір [1].

Усі ці фактори негативно впливають на ріст рослин і, отже, призводять до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільш значущими причинами деградації ґрунтів у сільському господарстві є використання важкої техніки та неправильний вибір систем обробітку ґрунту. На інтенсивність руйнування структури ґрунту та його ущільнення впливають не тільки вага машин, тобто навантаження на вісь, а й також їхня швидкість і кількість проходів [1].

Багаторазові проходи ґрунтообробних агрегатів призводять до утворення "плужної підшви" (рис. 1.1) і створення несприятливих умов для розвитку сільськогосподарських рослин. Вона утворюється під впливом фасок лемешів плугів і плоскорізів, що затирають ґрунтові пори внаслідок обробітку ґрунту на одну й ту саму глибину [1].

Іншою причиною утворення плужної підшви є зростання кількості пилоподібних частинок унаслідок руйнування ґрунтової структури. Вони

поступово промиваються донизу з подальшою акумуляцією на нижній межі орного шару, закупорюють ґрунтові щілини та міжагрегатний простір у цій зоні, формуючи водотривкий і водонепроникний шар [1].

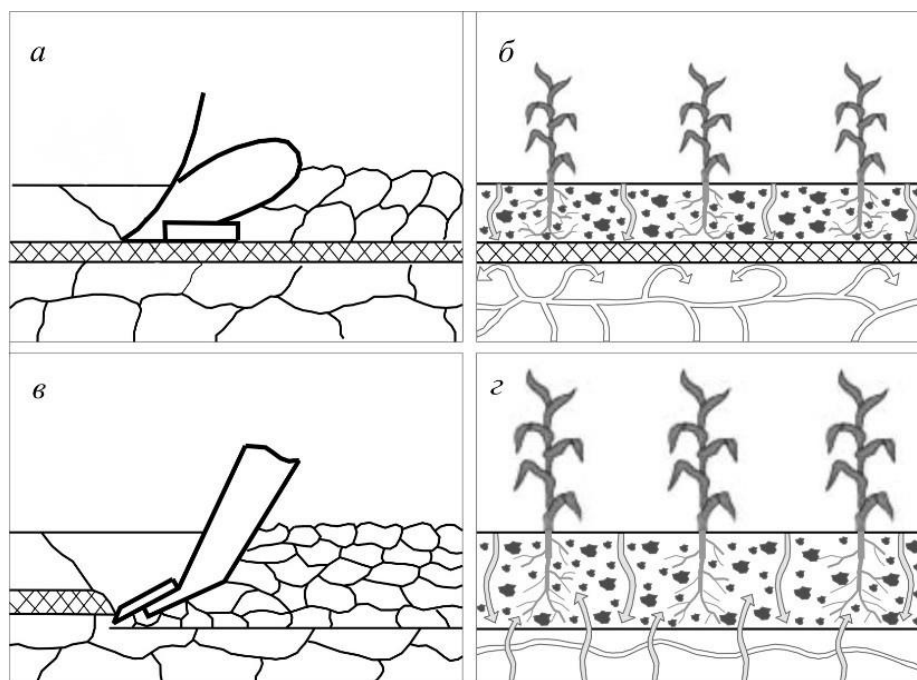


Рис. 1.1. Вплив плужної підшви на розвиток кореневої системи рослин: а – утворення плужної підшви; б – коріння рослин до руйнування плужної підшви; в – руйнування плужної підшви під час глибокого обробітку ґрунту; г – коріння рослин після руйнування плужної підшви

Плужна підшва лімітує глибину проникнення коренів та їхній розмір. Тому рослини не можуть використовувати вологу, що знаходиться нижче плужної підшви. Щільність ґрунту в шарі плужної підшви сягає  $1,6...1,7 \text{ г/см}^3$ , що є значно більшою за оптимальну ( $1,1...1,3 \text{ г/см}^3$ ) та критичну для мінеральних ґрунтів ( $1,55 \text{ г/см}^3$ ), яку не в змозі подолати коріння рослин. Товщина плужної підшви становить  $12...18 \text{ см}$  і залежить від конструктивних параметрів ґрунтообробних знарядь, фізичного стану ґрунту, кількості обробок на одну й ту саму глибину [1]. Плужна підшва сприяє розвитку водної ерозії через поверхневий і внутрішньоґрунтовий стік води та поживних речовин на схилах. На рівнинних ділянках сприяє засоленню ґрунтів, що призводить до бурхливого проростання бур'янистої рослинності [1]. Механізм дії будь-якого протиерозійного заходу полягає або в зменшенні швидкості руху води по схилу, або в збільшенні розмивної швидкості потоку.

Перше досягається шляхом скорочення витрати поверхневого стоку, збільшення шорсткості поверхні, зменшення мікророзчленованості схилу, довжини ліній стоку води та ухилу на окремих ділянках схилу. Друге шляхом підвищення водоміцності структури ґрунту, захисту її від руйнування краплями дощу та збільшення міжагрегатного зчеплення, головним чином, за рахунок зв'язувальної дії коренів рослин [1].

З огляду на складність проблем, яких завдає переущільнення ґрунту, найкращим рішенням, звісно, є заходи щодо запобігання його поширенню. З цією метою для кожної із сівозмін розробляється диференційована система, яка передбачає поєднання обробітків ґрунту - різних за способом і за глибиною. Під час її розроблення слід урахувати біологічні особливості культури (тип кореневої системи) та її реакцію на глибину обробітку ґрунту, кількість побічної продукції, яку залишає попередник, крутизну схилу поля та низку інших чинників.

З вищесказаного можна зробити висновок, що для збереження та збільшення родючості ґрунтів, зниження ризику їхньої деградації необхідна ґрунтозахисна система землеробства, а технології обробітку ґрунту, поряд з іншими завданнями, повинні забезпечувати розущільнення ґрунтів, сприяти накопиченню та утриманню вологи.

Загальні теоретичні та практичні засади проектування протиерозійних технологій на ерозійно-небезпечних землях викладено в роботах Каштанова О.М., Данілова Г.Г., Бурова Д.І., Заславського М.М., І.Ф. Каргіна, В.Д. Паннікова, Л.В. Вороніна, В.Г. Краак, І.А. Пабат, А.С. Козменка, Л. Муеллера, Р. Міттелстедта, Young R.A., Benoit G.R., Onstad C.A., Botterweg P. і багатьох інших.

Узагальнивши результати своїх досліджень, досягнення науки та передової практики академік О. М. Каштанов і професор М. М. Заславський [5, 7] виклали основи ґрунтозахисного землеробства із застосуванням 35 основних прийомів протиерозійного обробітку ґрунту. Вони виокремили групу прийомів, що

забезпечують накопичення вологи, зменшення стоку води і змиву ґрунту з оброблюваних схилів за рахунок переведення вологи в підорні шари. Найбільшого поширення в цій групі набув прийом глибокої оранки, виконаний впоперек схилу та доповнений спеціальними прийомами; оранка, виконана контурно або під невеликим кутом до горизонталей; ґрунтопоглиблення; ступінчаста оранка з одночасним нарізуванням борозен; вироблення переривчастих борозен; смугове розпушування; щілкування та кротування [2].

Оранка являє собою один з основних агротехнічних прийомів під час обробітку сільськогосподарських культур. Вона забезпечує обертання, подрібнення, розпушування, часткове перемішування ґрунту, підрізання підземних і загортання надземних органів рослин, добрив, насіння бур'янів, збудників хвороб і шкідників. При цьому глибина обробітку ґрунтів має важливе протиерозійне значення, а також дає змогу значно підвищити врожайність культур. Так, багаторічні дослідження, проведені низкою авторів, показали, що глибока відвальна оранка на глибину 30...35 см порівняно з обробітком на 20...22 см дала змогу одержати прибавку врожаю: ячменю - на 3,5 ц/га; вівса - на 2,6 ц/га; озимого жита - на 2,5 ц/га; кукурудзи (зелена маса) – на 46 ц/га і картоплі - на 21,8 ц/га [1]. Це пов'язано з тим, що за глибокої оранки забезпечується сприятливіший водний режим.

Глибокий обробіток значно підвищує стійкість ґрунтів до ерозії: критична кількість опадів інтенсивністю 2,5 мм/хв, що викликають стік, за даними [3], збільшується до 70...120 мм, водопроникність за 1 годину – до 7...127 мм/хв, коефіцієнт фільтрації – до 0,33...2,29 мм/хв. Переважно її застосовують під час боротьби з ерозією, спричиненою стоком зливових і талих вод на схилах. Запас вологи в ґрунті при цьому збільшується на 20...30 мм за рахунок поліпшення фільтраційних властивостей [3]. Суттєвим недоліком даного прийому є її висока енергоємність. Глибоку відвальну оранку також не можна проводити на схилових землях, які втратили внаслідок змиву значну частину гумусового шару, бо на поверхню вивертаються підстилаючі породи.

Тому дедалі більшого практичного застосування знаходить прийом поглиблення орного шару ґрунту одночасно з оранкою. Цей прийом виконують плугами зі встановленими на корпусах ґрунтопоглиблювачами. Наприклад, для зменшення стоку талих вод науковцями ННЦ ІМЕСГ розроблено та запропоновано робочий орган для розпушування підорного шару під час основного обробітку ґрунту на схилах (рис. 1.2). Дослідженнями встановлено, що застосування робочого органа сприяло збільшенню потенціалу ерозійної стійкості ґрунту перед початком сніготанення, а коефіцієнт фільтрації над зоною розпушування у 2,9...3,5 раза був вищим порівняно між зонами розпушування та у 4,0...6,6 раза більшим порівняно з орними землями без розпушування підорного шару. При цьому, основний обробіток ґрунту з одночасним розпушуванням підорного шару порівняно з оранкою без розпушування забезпечив підвищення врожайності озимої пшениці на 1,5...1,7 ц/га [1].



Рис. 1.2. Робочий орган для розпушування підорного шару під час основного обробітку ґрунту на схилах

У Дніпропетровському ДАЕУ вдосконалено технологічний процес глибокого обробітку ґрунту за рахунок об'єднання процесів роботи чизельного та відвального робочих органів, а також розроблено комбінований робочий орган для його здійснення (рис. 1.3). Результати проведених випробувань плуга ПЛН-4-35 з розробленими комбінованими робочими органами засвідчили, що такий обробіток ґрунту забезпечив збільшення врожайності соняшнику на 7...9 % за

рахунок підвищення якості та збільшення глибини оброблюваного шару і як наслідок - більшого накопичення та збереження опадів в осінньо-весняний період. При цьому, було досягнуто зниження витрат праці на одиницю продукції до 17,3%, а собівартості технології – до 29,5% порівняно з відвальними робочими органами [4].



Рис. 1.3. Плуг ПЛН-4-35 з комбінованими відвальними робочими органами з ґрунтопоглиблювачами

## 1.2. Огляд знарядь для протиерозійного обробітку ґрунту

Провідні світові виробники ґрунтообробної техніки, як-от Lemken, Kverneland Group, Amazonen Werke та інші, також ведуть активні дослідження в даному напрямі, розробляють і пропонують різні моделі плугів із комбінованими робочими органами, що поєднують гладку відвальну оранку з розпушуванням підорного шару ґрунту (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Комбіновані робочі органи плугів для відвальної оранки з одночасним розпушуванням підорного шару: а – Lemken Juwel (Німеччина), б – Kverneland Eco (Норвегія), в – Amazone Cayros (Німеччина).

Аналіз результатів численних досліджень [4, 5] показує, що відвальна оранка з одночасним поглибленням ґрунту є ефективним прийомом для протиерозійного обробітку ґрунту, що забезпечує збільшення водопроникності ґрунту, зменшення змиву родючого шару на слонах та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Недоліками цього прийому є порівняно високий тяговий опір і швидке ущільнення підорного шару за рахунок вищерозташованих шарів ґрунту.

Для безполицевого обробітку ерозійно-небезпечних і ущільнених ґрунтів широко застосовують знаряддя чизельного типу (рис. 1.5). Вони забезпечують глибоке розпушування підорних шарів до 40-60 см, сприяють поліпшенню агрофізичних властивостей і водопоглинальної здатності ґрунту. При цьому відстань між робочими органами у чизельних плугів становить – 30...50 см, у глибокорозпушувачів регулюється в діапазоні – 70...120 см. Дослідженнями низки авторів [3] встановлено, що залежно від типу ґрунту, позитивний ефект від глибокого розпушування чизельними знаряддями зберігається до 7...8 років після його проведення. Недоліками цього способу є підвищена засміченість посівів і висока енергоємність процесу обробітку ґрунту.

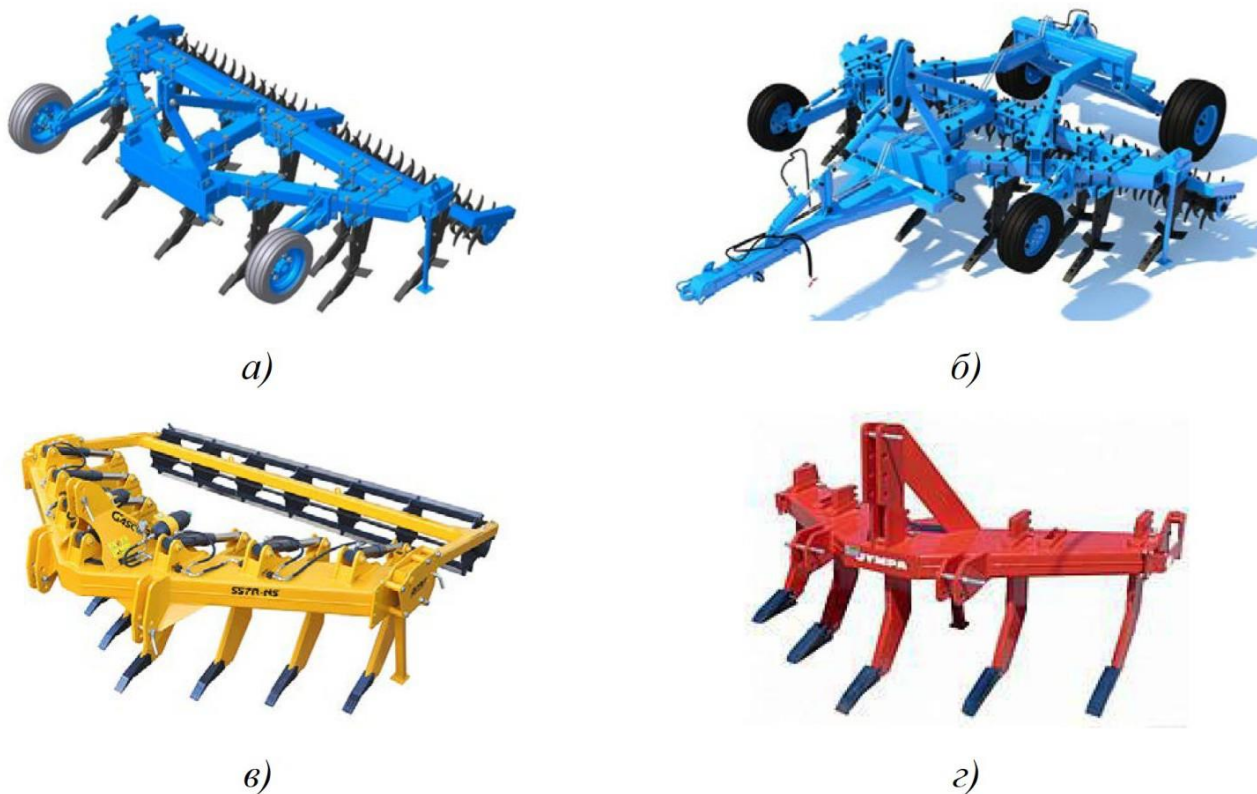


Рис. 1.5. Ґрунтообробні знаряддя чизельного типу: а – ПЧ-4,5 (Україна), б - SVAROG ПЧП-4,5 (Україна), в - Gascon-Astrea (Італія), г - Јумра SJ-V (Іспанія)

У зонах прояву вітрової ерозії широко застосовується плоскорізний обробіток ґрунту - прийом, що забезпечує суцільне безвідвальне розпушування і знищення бур'янів зі збереженням стерні та пожнивних решток на поверхні поля. Для збільшення вологоємності ґрунтів у підорних шарах його суміщають із щілюванням і виконують плоскорізами-щілювачами КП-2,4, КПШ-5, ПЩК-3,8 (Україна), STAVRIS КПШ-9 (Казахстан) та іншими, зі встановленими на лапах розпушувачами (мал. 1.6 а). Ефективність застосування цього прийому підтверджується результатами досліджень багатьох учених. Так, застосування розробленого професорами Любімовим А.І. та Максимовим І.І. [1] плоскоріза-щілювача сприяло збільшенню вологості в 1,5 раза в шарах ґрунту глибиною 30-50 см і зниженню питомих енерговитрат у 1,7-2 рази порівняно зі знаряддями, що випускаються серійно.

І.С. Кочетов та інші [3] зазначають, що за плоскорізного обробітку з щілюванням, порівняно з оранкою, глибина промерзання ґрунту зменшується на 1...2 см, водопроникність збільшується на 0,33 мм, а врожайність зернових збільшується на 3,6 ц/га.

Крім того, щілювання ґрунту, як окремий прийом, є високоефективним протиерозійним способом, що різко скорочує стік талих вод і змив ґрунту на схилах. Для цього застосовуються щілинники, що забезпечують створення вузьких вертикальних порожнин у ґрунті (рис. 1.6 б). Щілювання поверхнево обробленого ґрунту за вологості, нижчої за найменшу вологоємність, збільшує водопроникність мерзлого ґрунту в 10...20 разів [5]. На схилах крутизною 5° щілини нарізають через 10 м, на крутіших ділянках – через кожні 5 м. Щілкування посівів зменшує поверхневий стік до 157 мм/га, змив ґрунту – до 5...7 т/га і дає змогу збільшити врожайність зернових до 2 ц/га [8].

Недоліками плоскорізного обробітку та щілювання ґрунту є підвищена засміченість посівів і недовговічність нарізаних щілин [6].



Рис. 1.6. Культиватор-плоскоріз і розпушувач: а – КПШ-9; б – ЩН-4.

З метою перерозподілу гравітаційної вологи з верхніх орних горизонтів у глибші підорні шари профілю і створення умов для аерації ґрунту застосовують прийом кротування. Для виконання цього прийому використовуються різні розпушувачі-кротователі (рис.1.7). Також кротовини створюють одночасно з оранкою зябу, для чого на одному або на двох корпусах плуга ставлять кротователі. За такою обробіткою в підорному горизонті ґрунту утворюється щілина, через яку вода надходить у кротовину - дренаж діаметром 60-80 мм. У більшості випадків кротовини утворюють на глибині 35-40 см, а іноді й глибше, з відстанню між порожнинами 105 см. За даними ВНДГіМ, у Курській області кротування збільшило запас вологи в ґрунті на  $300 \text{ м}^3/\text{га}$ , тобто було засвоєно близько 40-50% весняного стоку. Урожай озимої пшениці підвищився на 2,7 ц, ярої пшениці – на 2,2 ц, ячменю - на 2,7 ц з га [3].



Рис. 1.7. Розпушувачі-кротовачі Недоліками кротування ґрунту є недовговічність створюваних порожнин і висока енергоємність: а – "АГРІДІГГЕР" РК-3; б – Кротувач СТЕП "TALPA" КР-1,4.

## Висновки по розділу

Розглянуті способи обробітку ґрунту і використовувані при цьому знаряддя, спрямовані на руйнування плужної підшви з метою збільшення вологості та водопроникності підорних шарів, а також зменшення стоку талих вод та змиву ґрунтів, дає змогу зробити такий висновок:

- глибока відвальна оранка має гарну здатність накопичувати вологу і підвищувати врожайність оброблюваних культур, а також зменшувати змив ґрунтів. Однак цей вид обробітку передбачає високу енергоємність і збільшення зсуву ґрунту вниз схилом;

- оранка з ґрунтопоглибленням є більш ефективним способом обробітку ґрунту, тому що забезпечує накопичення вологи в орному і в підорному шарах. Недоліками оранки з ґрунтопоглибленням є порівняно високий тяговий опір і швидке ущільнення підорного шару за рахунок вищерозташованих шарів ґрунту;

- оранка з подальшим розщепленням, плоскорізний обробіток з одночасним розщепленням і кротуванням ґрунтів дають змогу накопичувати поталі води в нижніх шарах ґрунту, тим самим зменшуючи стікання поталих вод. Недоліками цих способів обробітку є недовговічність щілин і кротовин, а також висока енергоємність;

- більш перспективним щодо довготривалості дії ефекту вологонакопичення є обробіток ґрунту чизельними плугами і смугове глибоке розпушування ґрунту. Ці види обробітку ґрунту мають добру здатність поглинати талі води, значно зменшити змив ґрунтів, а тривалість їхньої дії досягає щонайменше 3-5 років. Недоліком даних способів обробітку ґрунту є їхня висока енергоємність і підвищена засміченість ділянок.

Проведений аналіз також показує, що, незважаючи на численні дослідження в цій галузі, сучасні методи ведення сільського господарства все ще не виключають ризики деградації ґрунтів [1]. Недосконалість наявних технологічних прийомів для створення умов вологонакопичення та її

заощадження, відсутність науково обґрунтованої методики синтезу оптимальних параметрів вологозберігаючих прийомів перешкоджає створенню перспективних багатофункціональних технічних засобів ґрунтообробітку з необхідними характеристиками. У зв'язку з цим найбільш значні вимоги висувуються до основних видів ґрунтозахисної технології, зокрема, до оранки з ґрунтопоглибленням або з наступним щілкуванням, до плоскорізного обробітку, а також до кротування ґрунту та ін. Тому розвиток ґрунтозахисних технологій і машин пов'язаний із підвищенням ефективності регулювання стоку дощових і талих вод, поліпшенням вологонакопичення, руйнуванням плужної підшви, зниженням енергоємності процесу обробітку ґрунту, а також із їхньою сполучуваністю з агротехнічними вимогами культур, які обробляють.

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ КОМБІНОВАНИМ ЗНАРЯДДЯМ ІЗ КОНУСНИМ РОТАЦІЙНИМ РОЗПУШУВАЧЕМ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### **2.1. Задачі технологічного розрахунку робочих органів комбінованого знаряддя**

Під час обробітку ґрунту важливо визначити раціональні прийоми та технічні засоби для його здійснення. Найпоширенішим і найефективнішим видом основного обробітку ґрунту в Поволжі є оранка зі зворотом пласта. Вона збільшує водопроникність ґрунту, якнайповніше використовуючи опади, що випадають, сприяє розвитку мікробіологічної діяльності та накопиченню поживних речовин в орному горизонті, створюючи при цьому сприятливі умови для біологічної діяльності рослин [2].

Однак, поряд із перевагами цього виду основного обробітку, у нього є й недоліки. Наявність звальних гребенів і розвальних борозен обмежує швидкості руху колісних тракторів на наступних операціях. Крім того, він не може протистояти дедалі більшим ерозійним процесам, переважно зумовленим техногенною природою. Зокрема, сільськогосподарські агрегати під час переміщення по полю чинять на ґрунт своїми рушіями та робочими органами ущільнювальний вплив. І якщо орний шар розущільнюється в процесі його обробітку, то на межі з підорним утворюється так звана плужна підошва. Вона значною мірою знижує міграцію вологи в горизонти, що лежать нижче, сприяє перезволоженню верхнього шару й утворенню на поверхні скупчення води у вигляді "блюдець". У процесі обробітку ґрунту та стирання його рушіями машин змінюється структурний склад. Відбувається збільшення частки пилоподібної фракції. Під дією сил гравітації, а також води дрібні частинки ґрунту міжагрегатними просторами опускаються донизу, до ущільненого горизонту, і концентруються там, остаточно забиваючи пори й утворюючи водотривкий шар. Сформована в такий спосіб плужна підошва погіршує водно-повітряний,

тепловий і поживний режими, а разом із ними умови біологічної діяльності рослин. Вони значною мірою пригнічуються. значною мірою пригнічуються, знижуючи врожайність сільськогосподарських культур [2].

В зонах, схильних до водної та вітрової ерозії, а також на схилах, найефективнішим і найпоширенішим способом обробітку ґрунту є гладка оранка [2].

Тож, використання оборотних плугів дає змогу частково знизити недоліки відвальної оранки звичайними плугами, бо здійснюють оранку без звальних гребенів і розвальних борозен. Але вони оснащуються двома комплектами робочих органів і гідромеханічним реверсивним пристроєм. Тому їхня конструкція складна, а металоємність збільшена майже вдвічі [2].

Гладку оранку за новою технологією, що передбачає повне обертання ґрунтових пластів і укладання їх у власні борозни, виконують фронтальні та лінійні плуги. Вони обладнані корпусами, розташованими на одній фронтальній лінії. Їхніми перевагами є коротка база та симетричне розташування корпусів відносно поздовжньої осі.

До переваг фронтальних плугів можна віднести: маленький габарит, низька металоємність, висока маневреність, забезпечення гладкої оранки без огріхів під час заглиблення та виглиблення, човниковий спосіб руху під час роботи. Ці переваги дають змогу застосовувати їх не тільки в рільництві та в садівництві, а й під час обробітку гірських схилів. Відсутність свальних гребенів і розвальних борозен створює сприятливі умови для розробки на їхній базі комбінованих ґрунтообробних агрегатів [2].

Додатковим протиерозійним фактором є підвищення інфільтраційної здатності ґрунту. Завдяки чому волога швидше проникає в ґрунт і акумулюється в ньому, збільшуючи вологоємність. Досягнення цього ефекту забезпечують різні глибокорозпушувачі, що руйнують плужну підшву.

Як найефективніший варіант запропоновано технологічний процес обробітку ґрунту комбінованим знаряддям для гладкої оранки, обладнаним

конусним ротаційним розпушувачем (рис. 2.1). Він здійснюється таким чином. У процесі руху комбінованого знаряддя дисковий ніж 3 виконує вертикальний надріз ґрунту на встановлену глибину. Потім здвоєний корпус 4, обладнаний гвинтовими відвалами, підрізає два середніх шари ґрунту, розмежовує їх за лінією надрізу дискового ножа й укладає з обертом у різні боки на необроблену поверхню [2].

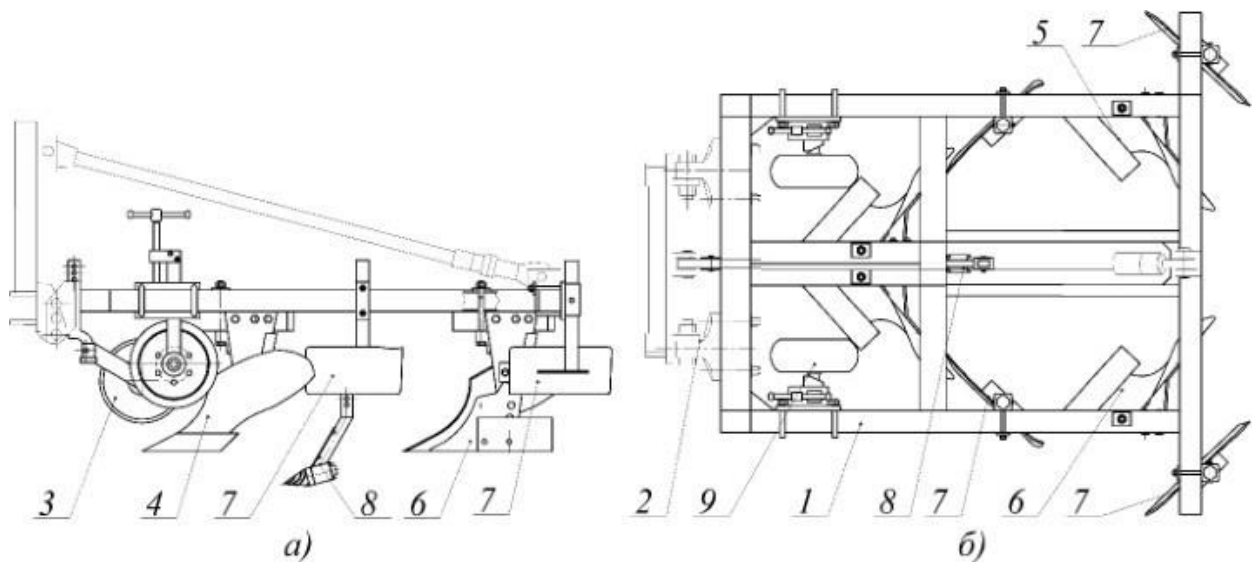


Рис. 2.1. Комбіноване знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту з конусним ротаційним розпушувачем [2].

Розпушувач 8 переміщується борозною, відкритою здвоєними корпусами, впроваджується в ґрунт на встановлену глибину і за рахунок сил тертя робочої поверхні конуса об ґрунт обертається. Робоча поверхня конуса виконана у формі багатозахідного гвинта і забезпечує високий ступінь подрібнення ґрунту [2].

Під час переміщення обертового конуса ядро волочіння ґрунту не утворюється [2].

Це сприяє зниженню енерговитрат на обробіток ґрунту за одночасного підвищення якісних показників.

Під час подальшого переміщення знаряддя зіштовхувачі 7, встановлені в першому ряду, переміщують пласти ґрунту, зрізані здвоєним корпусом, у боки поверхнею поля без обороту на відстань, що дорівнює ширині захоплення плужного корпусу. Одночасно право- і лівообертальні корпуси 5 і 6, що мають

напівгвинтові відвали, підрізають і обертають крайні пласти в борозни, утворені здвоєним корпусом [2].

Далі, зіштовхувачі 7, розташовані в другому ряду, переміщують пласти ґрунту, зміщені раніше зіштовхувачами першого ряду у зворотному напрямку, й укладають їх у борозни, утворені після проходу право- та лівообертальних корпусів.

Ротаційний розпушувач 8 виконано у вигляді конуса з центральним кутом при вершині  $\psi$ . Така форма робочого органу сприяє гарному заглибленню його в ґрунт і високій працездатності. Розміщення розпушувача позаду здвоєного корпусу на певній відстані забезпечує якісну роботу в умовах відкритої борозни, унеможливаючи забивання і взаємодію з орним шаром ґрунту. Це сприяє зниженню тягового опору знаряддя, якіснішому розпушуванню підорного горизонту та руйнуванню плужної підшви. Для розроблення протиерозійного комбінованого знаряддя як прототип було прийнято фронтальний плуг для гладкої оранки [2].

Таким чином, комбіноване ґрунтообробне знаряддя забезпечує гладку оранку ґрунту з одночасним розпушуванням підорного шару і руйнуванням плужної підшви. Такий обробіток унеможливує утворення звальних борозен і розвальних гребенів на поверхні поля, сприяє підвищенню водопроникного ефекту ґрунту та зниженню енерговитрат на здійснення процесу.

## **2.2. Програма лабораторно-польових досліджень**

Агрофізичні властивості ґрунту визначали за допомогою таких приладів та обладнання:

- 1) твердомір ПІ-271;
- 2) бурциліндр НМ-27 об'ємом  $500 \text{ см}^3$  для взяття ґрунту при визначенні його щільності;
- 3) бур Малькова для взяття ґрунту при визначенні його вологості;
- 4) ваги з межею вимірювання 2 кг і похибкою не більше 1 г;
- 5) сушильна шафа ШХ-0,8;
- 6) буюкси об'ємом  $100 \text{ см}^3$  і ящики для їх перевезення;

7) металевий ящик без нижньої частини з розмірами 400×300×300 мм для взяття проб ґрунту, циліндр для відбору ґрунту з дрен, утворених розпушувачем, що руйнує плужну підшову, для подальшого визначення його густини та макроагрегатного аналізу, а також набір сит з отворами діаметром 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм;

8) ваги електронні HL-2000;

9) рейка, лінійки, щуп-лінійка і рівень для визначення гребнистості поверхні ґрунту, глибини обробітку і профілювання дна борозни, зробленої розпушувачем;

10) прилад Литвинова П10-С.

Розбивку поля здійснювали гоніометром і мірною стрічкою. Використовували набір кілочків і шанцевий інструмент.

Ґрунт для визначення його вологості виймали ґрунтовим буром Малькова в п'ятикратній повторності (рис. 2.2, а). Із ґрунтових проб готували середній зразок. Зважували, а потім поміщали в сушильну шафу ШХ-0,8.

Ґрунт сушили протягом 8 годин за температури 105°C. Після сушіння ґрунт зважували знову (рис. 2.2, б). За різницею ваги стаканчика з ґрунтом до і після висушування визначали масу води, що випарувалася.



а)



б)

Рис. 2.2. Відбір ґрунтових зразків на вологість (а) і зважування ґрунту після сушіння (б)

Твердість ґрунту вимірювали твердоміром ПП-271 у місцях визначення вологості в п'ятикратній повторності. Дані зберігали в енергонезалежній пам'яті приладу, а потім переносили в персональний комп'ютер.

Щільність ґрунту визначали ґрунтовим бурциліндром НМ-27 об'ємом 500 см<sup>3</sup>. Перед початком дослідів записували номери та визначали масу порожніх циліндрів разом із кришками. Проби відбирали в місцях визначення вологості та твердості через 0,05 м на глибину 0,30 м. Склянки з пробами закривали кришками, складали в ящики і відвозили в лабораторію. Там ґрунт зважували на вагах НЛ-2000 і сушили в сушильній шафі ШХ-0,8 за температури 105°C до постійної ваги

Для визначення глибини обробітку ґрунту розпушувачем використовували щуп-лінійку. Вимірювання проводили по сліду проходу стійки, на якій встановлено розпушувач [2]. Число вимірювань на кожному обліковому проході (на прямому і зворотному ході) було 50. Похибка вимірювань становила 0,01 м. Отримані дані обробляли статистичним методом з отриманням середнього арифметичного значення глибини, стандартного відхилення і коефіцієнта варіації.

Додатково проводили дослідження методом поперечного та поздовжнього профілювання [1]. Для поперечного профілювання на обліковій ділянці перед проходом знаряддя вбивали дві опорні стійки, на які горизонтально встановлювали координатну рейку перпендикулярно до напрямку руху знаряддя. Горизонтальність рейки перевіряли за рівнем. Потім рейку і стійки прибирали і проводили три облікові проходи. Після цього стійки і рейку ставили в початкове положення. Видаливши розпушений шар ґрунту, проводили поперечне профілювання поверхні дна борозен, зроблених розпушувачем за три проходи знаряддя. Похибка вимірювань становила  $\pm 0,01$  м.

Поздовжнє профілювання проводили за ходом руху знаряддя. Для цього перед її проходом встановлювали рейку завдовжки 5 м. Один кінець клали на рейку поперечного профілювання, а другий - на допоміжну рейку, розміщену на

двох опорних стійках. Горизонтальне положення рейки встановлювали за рівнем. Робили позначки на допоміжній і поперечній рейках, щоб після проходу знаряддя встановити їх у початкове положення. Потім рейки прибирали, а кілочки залишали на місці. Після проходу знаряддя рейки знову встановлювали і проводили поздовжнє профілювання. Вимірювання проводили по всій довжині координатної рейки з інтервалом 0,1 м. Вимірювали вертикальні відстані від дна борозни до нижньої сторони рейки. Похибка вимірювань становила  $\pm 0,01$  м.

### 2.3. Методика визначення гребнистості поверхні ґрунту

Агротехнічні вимоги на обробіток ґрунту вказують, що поверхня поля має бути рівною. Допускається висота гребенів і глибина борозен не більше 40 мм, а ширина борозен не повинна перевищувати 250 мм.

Вимірювання гребнистості поверхні ґрунту (рис. 2.3) проводили за такою методикою. Після проходу агрегату, по ширині захвату накладали рейку на вершини гребенів у місцях, обраних випадковим чином. Вимірювання проводили лінійкою від дна борозни між гребенями до нижньої площини рейки.

Похибка вимірювань  $\pm 5$  мм. Усього вимірювань не менше 40. За результатами вимірювань обчислювали середнє арифметичне значення з округленням до цілого числа [2].

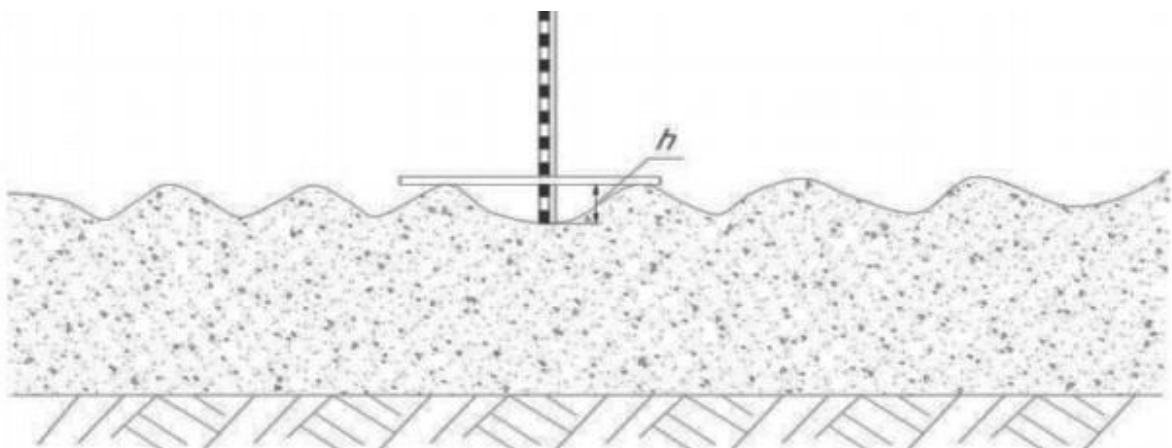


Рис. 2.3. Схема визначення гребнистості поверхні ґрунту.

Щільність ґрунту та його кришіння визначали в каналі, утвореному ялином. Дослідження проводили перед профілюванням поверхні дна борозни, зробленої розпушувачем. Для цього в поперечній площині робили розріз на

глибину дещо більшу за глибину обробітку ґрунту розпушувачем, потім за допомогою циліндра для добору ґрунту з дрен (рис. 2.4) виймали його з каналу.

Далі ґрунт зважували для визначення його щільності за методикою, викладеною вище, а також ступеня кришіння. Потім за допомогою підготовлених сит розділяли на фракції з розмірами: менше ніж 0,25 мм, 0,25...5,0 мм, 5,0...10,0 мм, 10,0...50,0 мм і більше ніж 50,0 мм. Після поділу повторно зважували ґрунт кожної фракції та визначали відсоток від загальної маси даної проби.

Щільність ґрунту та його кришіння визначали в каналі, утвореному ялином. Дослідження проводили перед профілюванням поверхні дна борозни, зробленої розпушувачем. Для цього в поперечній площині робили розріз на глибину дещо більшу за глибину обробітку ґрунту розпушувачем, потім за допомогою циліндра для добору ґрунту з дрен (рис. 2.4) виймали його з каналу.

Далі ґрунт зважували для визначення його щільності за методикою, викладеною вище, а також ступеня кришіння. Потім за допомогою підготовлених сит розділяли на фракції з розмірами: менше ніж 0,25 мм, 0,25...5,0 мм, 5,0...10,0 мм, 10,0...50,0 мм і більше ніж 50,0 мм. Після поділу повторно зважували ґрунт кожної фракції та визначали відсоток від загальної маси даної проби.



Рис. 2.4. Циліндр для відбору ґрунту з каналу, утвореного розпушувачем.

Отриману якість подрібнення ґрунту, виражену у відсотках, визначали за відношенням маси фракцій ґрунту розміром менше 50 мм до загальної маси ґрунтової проби. Повторність відбору проб шестикратна (три по ходу і три у зворотному напрямку).

Розпушувач являє собою конусний ротаційний розпушувач реактивної дії. Для проведення лабораторних дослідів з обґрунтування його конструктивних і настановних параметрів було виготовлено гвинтові частини зі значеннями кількості витків 0,2; 0,4; 0,6 (рис. 2.5 "а" та "б") і кількістю лопатей 2 і 3 штуки (рис. 2.5 "в" та "г").

Кріплення конусного ротаційного розпушувача на стійці (рис. 2.6, б) у лабораторному досліді здійснювали за допомогою спеціального кронштейна з можливістю регулювання заднього кута різання (кута нахилу) в інтервалі  $\epsilon = 30 \dots 70$ . На цей самий кронштейн у спеціальному корпусі з текстоліту був встановлений геркон, за допомогою якого в ланцюзі з лічильником електромагнітних електричних імпульсів МЕС-66, вимірювали число обертів розпушувача в ґрунті. Частоту обертання розраховували шляхом ділення числа його обертів на час проходження дослідної ділянки. Магнітний потік на геркон направляли з двох магнітів, закріплених на проставці з латуні, встановленої на задньому кінці осі обертання розпушувача.

Для реєстрації тягового опору розпушувача застосовували тензовимірювальну апаратуру. Як перетворювачі механічних величин в електричні використовували тензодатчики КФ5П1-15-100-Б-12. Їх наклеювали на робочу частину тензостійки 7 (рис. 2.6, а). Активні тензодатчики розташували з переднього і тильного боків, а компенсаційні - на бічній стороні тензостійки [4]. Розпайку провели за мостовою схемою. Живлення тензовимірювального моста і збір інформації з його діагоналей здійснювали (рис. 2.7) за допомогою станції 4 збору даних ИП-264 з модулем узгодження МС-5 [3]. Ця апаратура дала змогу здійснити реєстрацію всіх параметрів з можливістю визначення не тільки середніх, а й миттєвих їхніх значень.

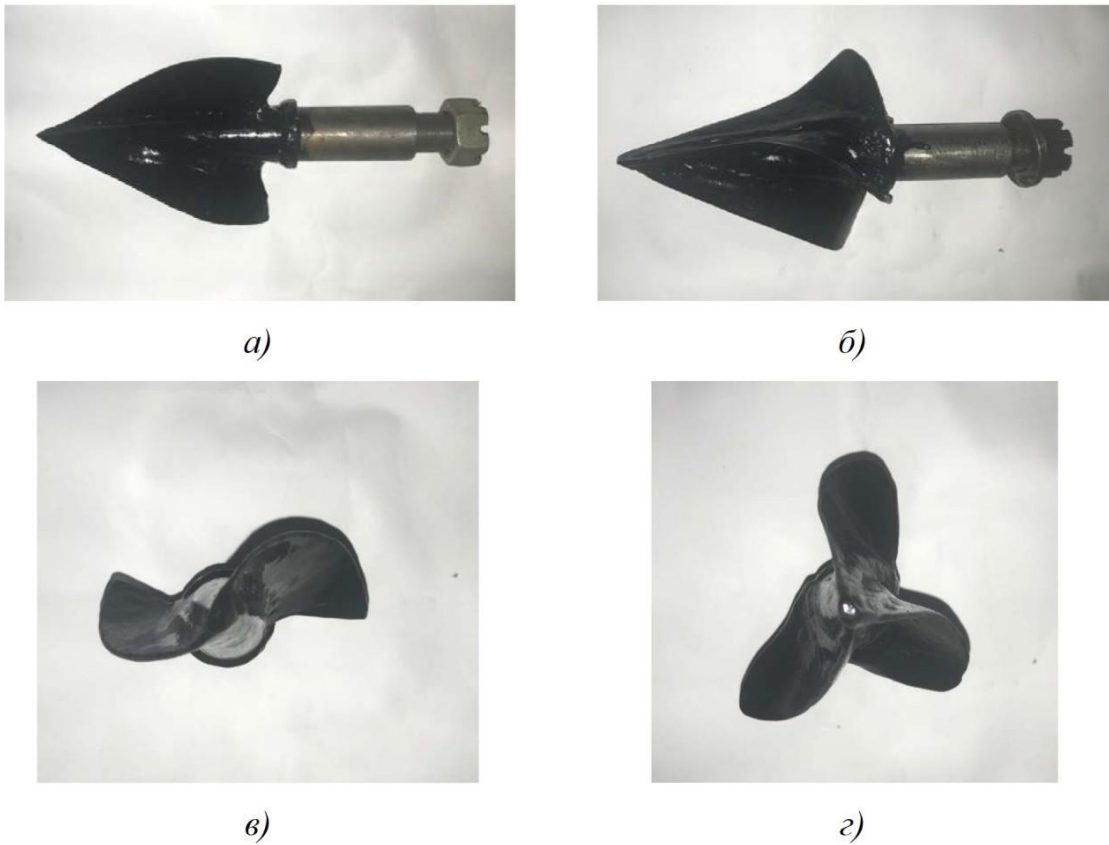


Рис. 2.5. Робочий орган конусного ротаційного розпушувача

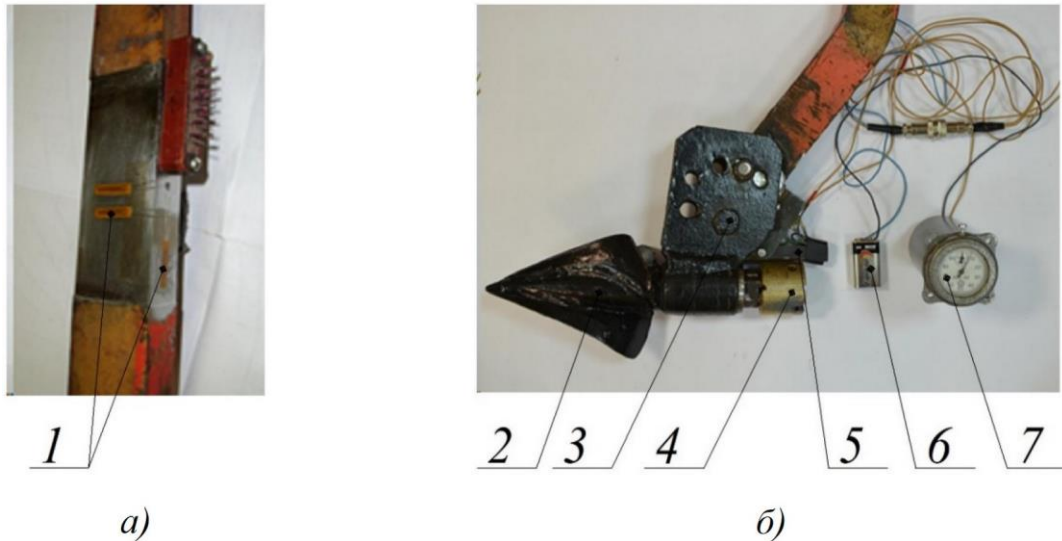
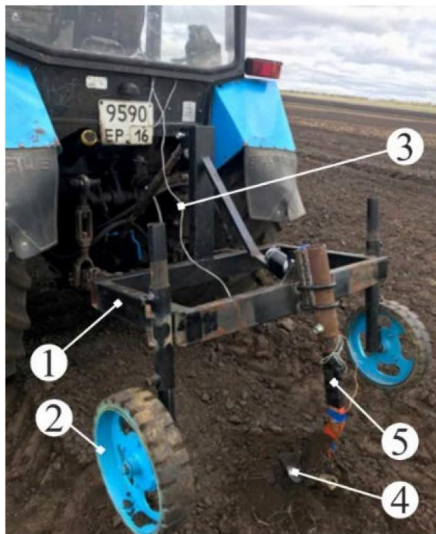


Рис. 2.6. Тензостійка з тензодатчиками (а) і пристроєм для визначення частоти обертання розпушувача (б): 1 – тензодатчики; 2 – конусний ротаційний розпушувач; 3 – кронштейн з можливістю регулювання кута нахилу розпушувача до горизонту; 4 – латунна проставка з магнітами; 5 – геркон; 6 – джерело живлення ланцюга лічильника електромагнітних імпульсів; 7 – лічильник електромагнітних імпульсів МЕС-66.

Для проведення лабораторно-польових досліджень з обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів розпушувача було виготовлено експериментальну установку (рис. 2.7 а). Вона складається з рами 1, на якій за допомогою стійки 5 закріплено розпушувач 4. На рамі 1 також змонтовані опорні колеса 2 з можливістю регулювання глибини ходу розпушувача. Сигнал з датчиків подавався на реєструвальну апаратуру (рис. 2.7 б) за допомогою екранованого кабелю 3. Як енергетичний засіб для агрегування експериментальної установки використовували трактор МТЗ-82.



а)



б)

Рис. 2.7. Пристрій експериментальної установки (а) для дослідження розпушувача, вимірювальна апаратура (б): 1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – екранований кабель; 4 – розпушувач; 5 – стійка.

Для дослідження ефективності впливу на ґрунт розпушувача вивчали такі параметри: кількість витків  $n$ , кут нахилу розпушувача  $\varepsilon$  і швидкість його переміщення  $v$ . Критеріями оптимізації було обрано тяго-вий опір розпушувача, кількість його обертів на 1 м шляху і щільність ґрунту в каналі, утвореному розпушувачем [3].

Для виготовлення дослідного зразка комбінованого знаряддя з розпушувачем було розроблено конструкторську документацію та робочі креслення. Його складання проведено на кафедрі агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету (рис. 2.8). Під час виготовлення

грунтообробного знаряддя використовували готові складальні одиниці, а також із металопрокату були виконані рама машини та елементи її жорсткості. Технічна характеристика ґрунтообробного знаряддя подана в таблиці 2.1 [3].



Рис. 2.8. Конусний ротаційний розпушувач комбінованого знаряддя [3].

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика комбінованого знаряддя з розпушувачем

Основні показники	ПКП-1,6
Ширина захвата, м	1,6
Глибина обробітку, м	0,15-0,27
Глибина розпушування, м	0,27-0,47
Агрегується с тракторами тягового класу	2
Робоча швидкість, м/с	1,9-3,2
Маса плуга, кг	1050
Кількість корпусів	4
Продуктивність, га/год	1,27-1,57

У разі використання комбінованого знаряддя з розпушувачем спільно з елементом кільцевої борони "Лідер-БК" за один прохід агрегату можна підготувати ґрунт під посів сільськогосподарських культур з одночасним руйнуванням "плужної підшви". Глибина обробітку ґрунту машиною регулюється переміщенням опорних коліс за висотою, а глибина ходу розпушувача – зміною положення стійки в кронштейні її кріплення. Також залежно від технологічних показників обробітку ґрунту передбачено регулювання кута нахилу робочого органу [3].

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Експериментальні дослідження з обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів

Експериментальні дослідження з обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів конусного ротаційного розпушувача проведено на дослідному полі, що розташоване в Дніпровському районі. Вивчали вплив кількості витків розпушувача, кута його нахилу відносно горизонту, швидкості переміщення та твердості ґрунту на тяговий опір розпушувача, частоту його обертання та густину ґрунту в каналі, утвореному розпушувачем. Ґрунт дослідного поля чорнозем за механічним складом середньо- та важкосуглинистий. Значення щільності ґрунту плужної підшви було на рівні  $1500 \text{ кг/м}^3$  за його вологості 17 – 18%, а твердість варіювала в інтервалі 2,2 - 2,75 МПа. Конструктивні, регульовальні та технологічні параметри розпушувача були прийняті за результатами чисельного експерименту.

Інформацію отримували за допомогою мобільного вимірювального комплексу, а опрацювання експериментальних даних проводили за допомогою програми Statistica 64. За результатами розрахунків отримано рівняння регресії, перевірені на адекватність за F-критерієм Фішера (імовірність  $p = 0,95$ ). Характер залежностей, отриманих у польових умовах і в ґрунтового каналі, збігається.

У результаті польових досліджень підтверджено гіпотезу про те, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворить у ній канал, частково заповнений рихлим ґрунтом, що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів. Механізм руйнування плужної підшви в ґрунтового каналі наступний: з каналу, що утворюється розпушувачем, витісняється ґрунт, за винятком не значного ущільнення, що відповідає об'єму циліндра з діаметром основи, що дорівнює діаметру основи конуса, та об'єму лопатей розпушувача в ґрунтового каналі. Потім, під час переміщення розпушувача, простір каналу заповнюється ґрунтом, що був у

міжлопатовому просторі та розуцільнився під час виходу з нього завдяки тертю об стінки каналу і поверхні розпушувача, а також унаслідок динамічних навантажень у процесі його пересування. Типовий знімок каналу, утвореного розпушувачем і стійкою після відбору з нього ґрунту для визначення його густини, представлений на рис. 3.1



Рис. 3.1. Канал, утворений розпушувачем і стійкою після відбору з нього ґрунту для визначення його густини Вплив чинників на тяговий опір розпушувача  $Y_1$  наведено в математичній моделі :

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 2637,91 + 1272,61X_1 + 163,57X_2 + 101,21X_3 + 3,89X_4 + \\
 & + 1232,71X_1^2 + 226,88X_1X_2 + 65,62X_1X_3 - 333,60X_1X_4 + \\
 & + 149,94X_2^2 - 36,92X_2X_3 + 28,99X_2X_4 + 41,43X_3^2 - 27,52X_3X_4 - 82,20X_4^2
 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Значення тягового опору розпушувача в польовому досліді порівняно з дослідженнями в ґрунтовому каналі більші. Це зумовлено тим, що стійка розпушувача в польовому досліді йде по необробленому ґрунту і на заданій глибині (у ґрунтовому каналі глибина обробітку була меншою).

З аналізу впливу чинників на тяговий опір розпушувача встановлено, що найбільший вплив на критерій оптимізації, як і в моделі, чинить чинник  $X_1$  – кількість витків розпушувача. Потім ідуть  $X_2$  – кут нахилу розпушувача,  $X_3$  – швидкість і  $X_4$  – твердість ґрунту. Поєднання чинників за впливом на критерій

оптимізації порівняно з моделлю змінилося, але їх співвідношення істотно не змінилося. Це зумовлено тим, що розпушувач було встановлено на задану глибину – глибину залягання плужної підшви.

Графічне представлення математичної моделі (3.1) наведено на рисунку 3.1. Аналіз математичної моделі (3.1) за фіксованих значень на середньому рівні швидкості переміщення розпушувача ( $X_3$ ) і твердості ґрунту ( $X_4$ ) підтверджує зростання тягового опору на його переміщення зі збільшенням кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача (рис. 3.2а). Зі збільшенням кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) його тяговий опір ( $Y_1$ ) також зростає. Виявлено більш чітку область оптимуму з кількістю витків  $n = 0,33$  і кутом нахилу розпушувача 50. За цих значень факторів тяговий опір розпушувача ( $Y_1$ ) перебуває на рівні 2400Н.

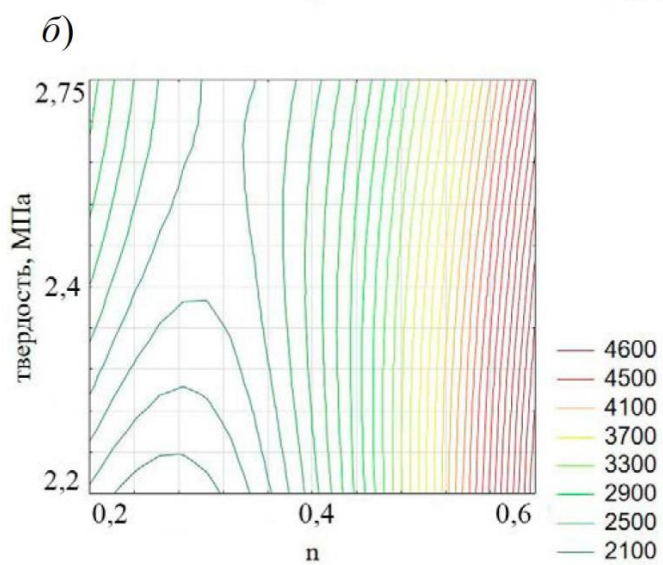
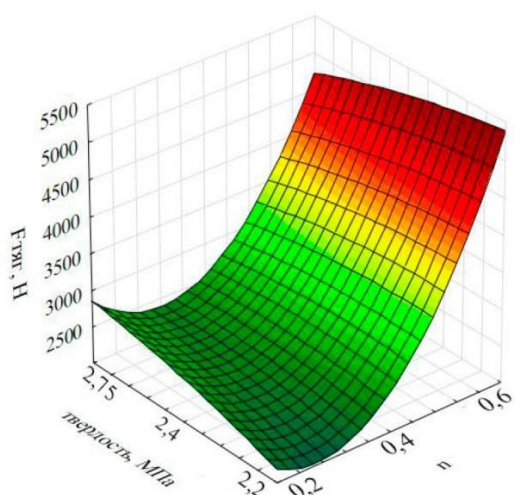
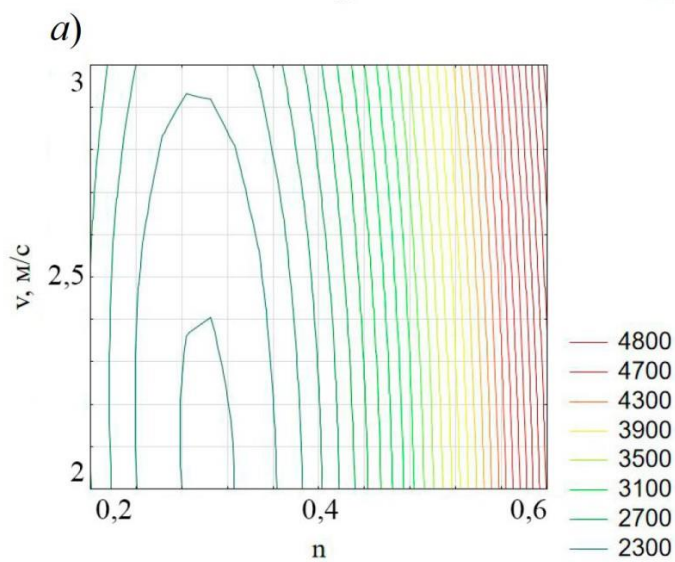
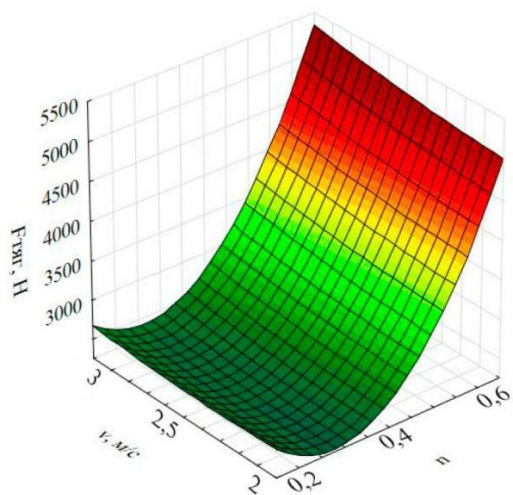
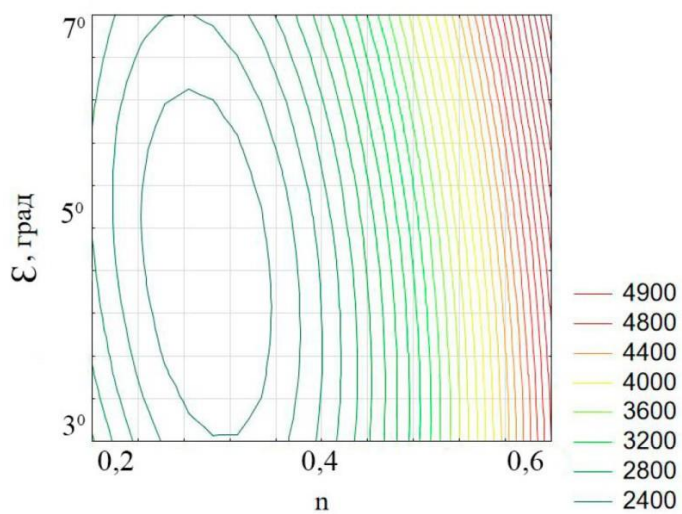
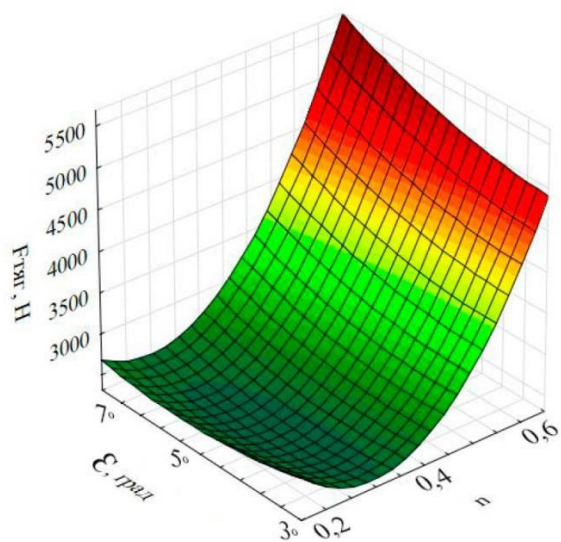
Аналогічним чином на критерій оптимізації впливають поєднання решти чинників математичної моделі (4.8), що представлені на малюнках 3.2б, 3.2в, 3.2г, 3.2д і 3.2е. Спільним для розглянутих факторів та їхніх поєднань є те, що раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні 2300 Н...2500 Н виявлено на всьому діапазоні твердості ґрунту (2,2 МПа...2,75 МПа) за таких значень параметрів розпушувача: кількість витків  $n = 0,33$ , кут нахилу розпушувача 40...50; швидкість пересування 2 м/с...2,5 м/с.

Вплив чинників на  $Y_2$  кількість обертів на 1 м шляху наведено в математичній моделі (3.2):

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & 2,133 + 1,329X_1 - 0,027X_2 - 0,051X_3 - 0,049X_4 + \\
 & + 0,726X_1^2 + 0,043X_1X_2 + 0,017X_1X_3 - 0,344X_1X_4 - 0,037X_2^2 - \\
 & - 0,027X_2X_3 + 0,110X_2X_4 - 0,053X_3^2 - 0,040X_3X_4 + 0,013X_4^2.
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Аналізуючи вплив чинників на критерії оптимізації, доходимо висновку, що найбільшим він здійснюється від кількості витків розпушувача ( $X_1$ ).

Далі йдуть  $X_3$  – швидкість,  $X_4$  – твердість ґрунту та  $X_2$  – кут нахилу розпушувача. У математичній моделі (3.2) поєднання факторів за впливом на критерій оптимізації порівняно з моделлю також змінилося.



в)

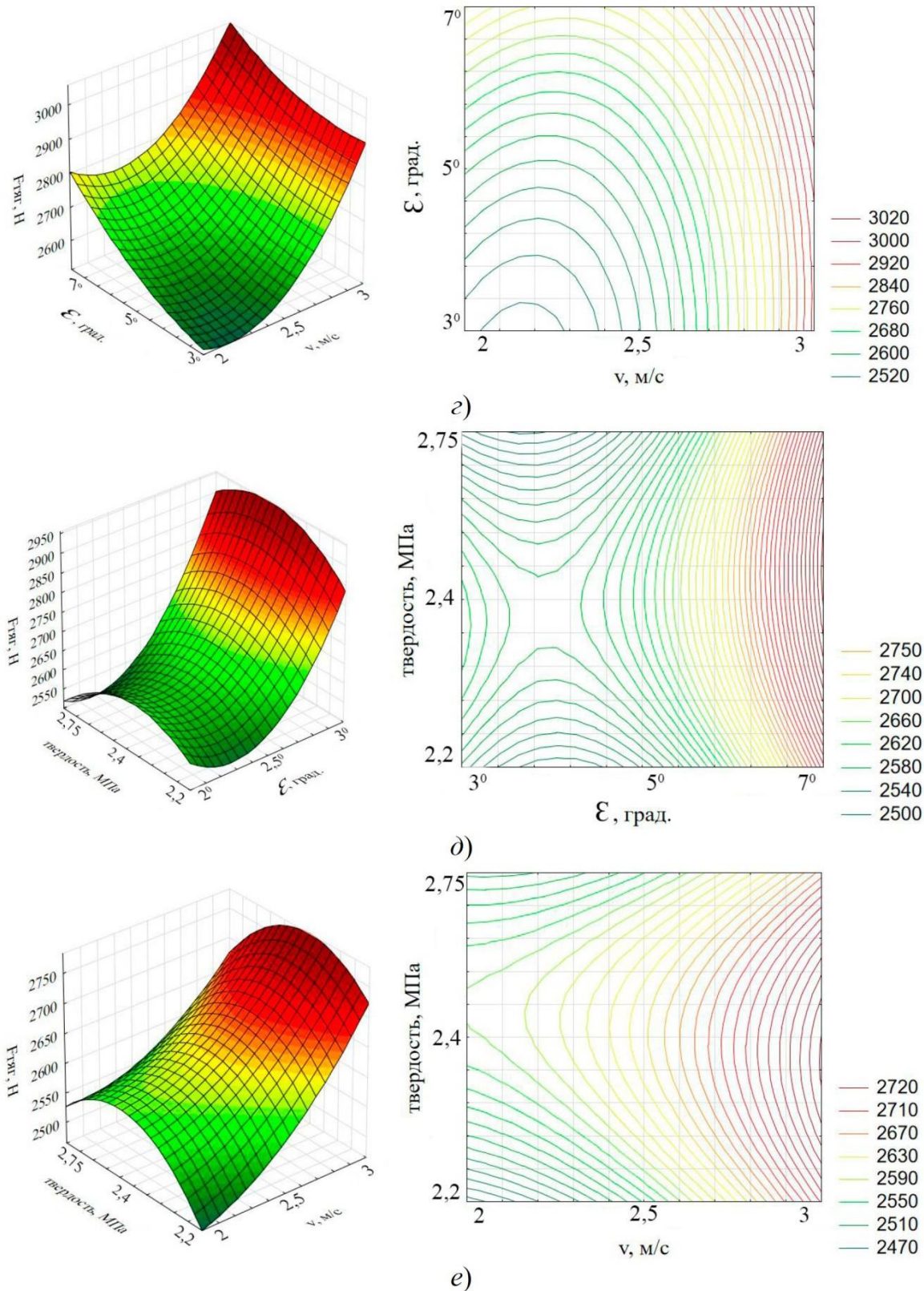
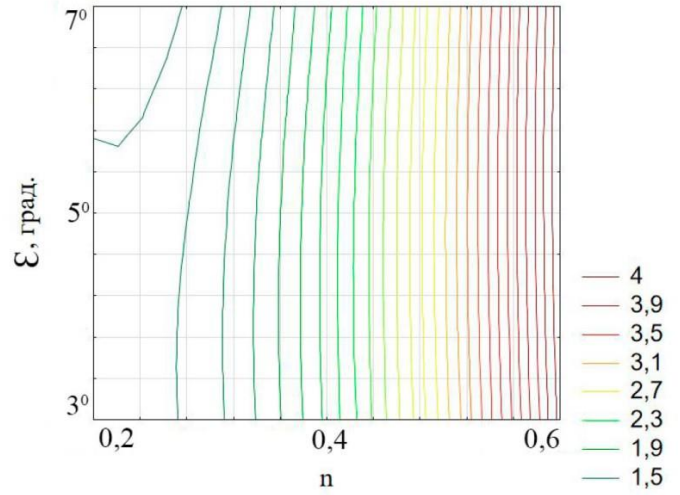
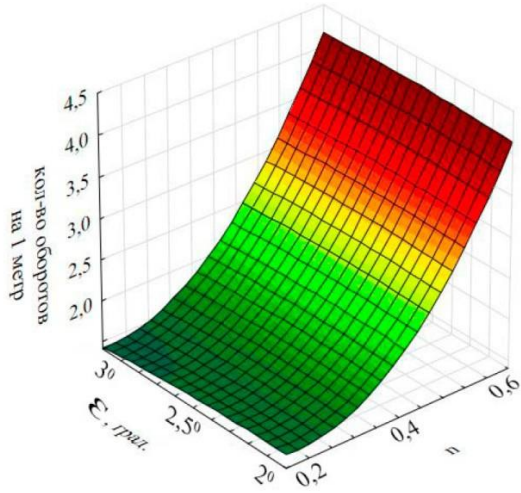
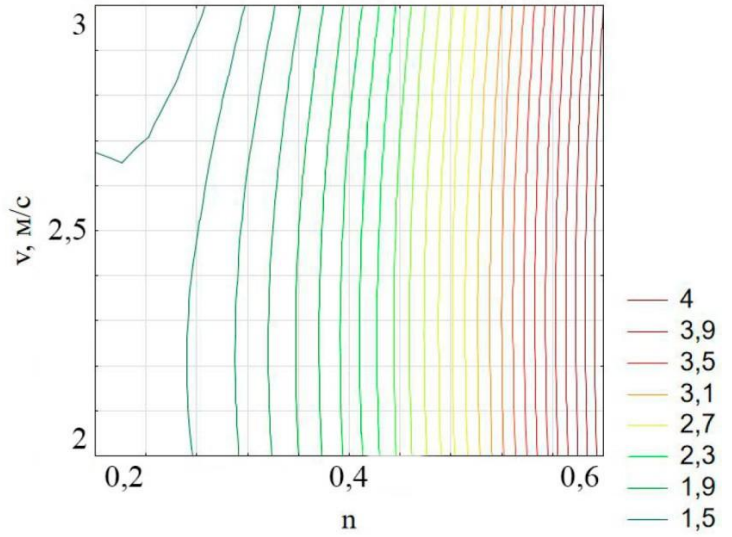
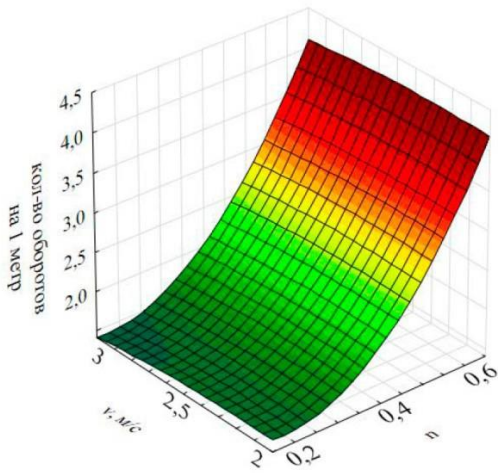


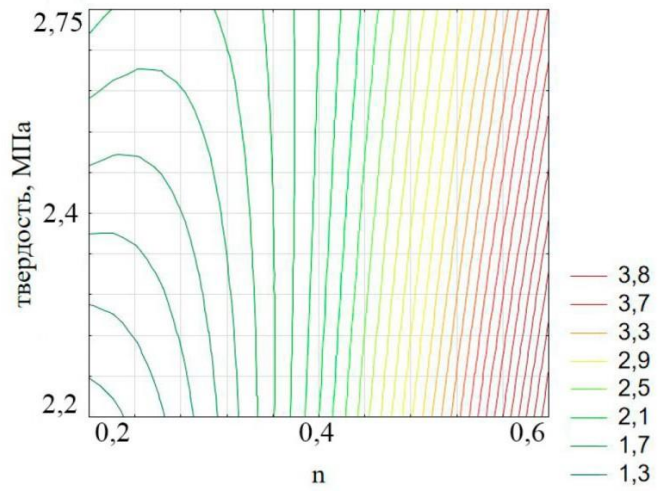
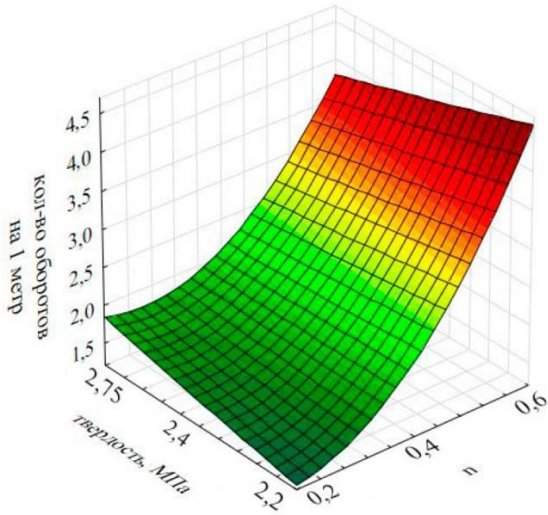
Рис. 3.2 Залежність тягового опору робочого органа  $F_{тяг}$ . (У1, Н) від кількості витків на його конусі  $n$  (X1), кута нахилу робочого органа  $\epsilon$  (X2), швидкості його переміщення  $v$  (X3) і твердості ґрунту (X4) у польових умовах.



a)



б)



в)

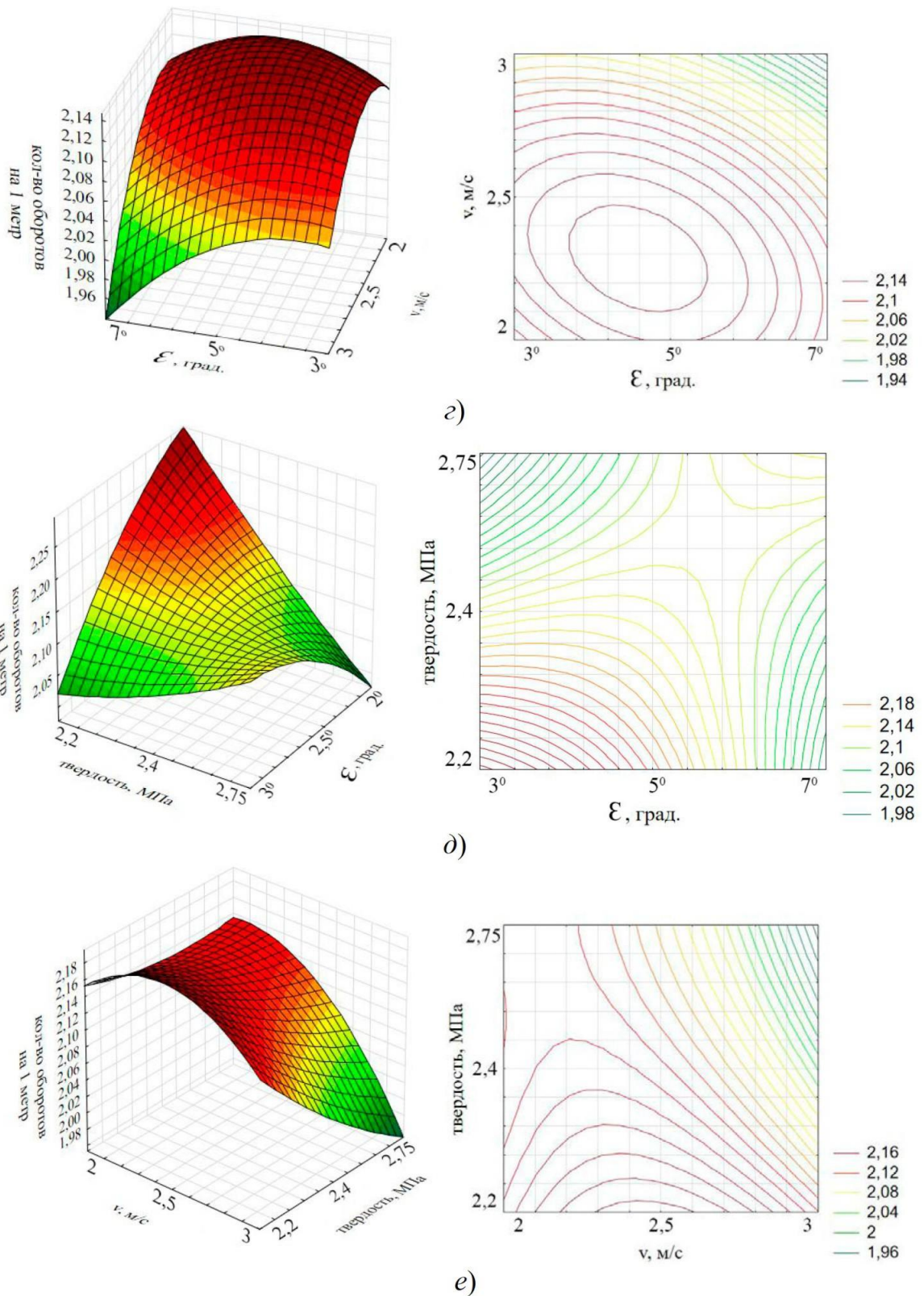


Рис. 3.3. Залежність кількості обертів робочого органу на 1 метр пройденного шляху від кількості витків на його конусі  $n$  (X1), кута нахилу робочого органу  $\epsilon$  (X2), швидкості його переміщення  $v$  (X3) і твердості ґрунту (X4) у польових умовах

Графічне представлення математичної моделі (3.2) наведено на рис. 3.3. Виявлено досить близький за характером вплив на критерій оптимізації чинників та їхніх поєднань за результатами досліджень у ґрунтовому каналі та в польовому досліді. У польових умовах відзначається більш стабільна частота обертання розпушувача. Загалом за результатами аналізу графіків можна зробити висновок, що кількість обертів на один метр пройденого шляху за варіювання чинників змінюється в межах від 1,50 до 2,19. Проте в умовах розглянутого інтервалу твердості ґрунту (2,2 МПа...2,75 МПа) кількість обертів на один метр пройденого шляху розпушувача з кількістю витків  $n=0,33$  наближається до теоретично можливого оптимуму (на рівні 2,12) за умови кута його нахилу на рівні 4,80 і швидкості руху близько 2,4 м/с (рис. 3.3).

Вплив факторів на щільність ґрунту в каналі, утвореному розпушувачем,  $Y_3$  наведено в математичній моделі:

$$\begin{aligned}
 Y_3 = & 0,7619 - 0,0938X_1 + 0,0098X_2 + 0,0097X_3 + 0,0092X_4 + \\
 & + 0,0089X_1^2 + 0,0108X_1X_2 + 0,0066X_1X_4 + 0,0452X_2^2 + \\
 & + 0,0052X_2X_3 - 0,0128X_2X_4 + 0,0115X_3^2 + 0,0018X_3X_4 - 0,0336X_4^2
 \end{aligned} \quad (3.3)$$

З аналізу впливу чинників на щільність ґрунту встановлено, що найбільший вплив на критерій оптимізації має чинник  $X_1$  – кількість витків розпушувача. Потім ідуть  $X_2$  – кут нахилу розпушувача,  $X_3$  – швидкість і  $X_4$  – твердість ґрунту. Причому вплив чинників  $X_2$ ,  $X_3$ , і  $X_4$  на зміну щільності ґрунту дуже близький.

Аналіз математичної моделі за фіксованих значень на середньому рівні швидкості ( $X_3$ ) переміщення розпушувача та твердості ґрунту ( $X_4$ ) показує, що зі збільшенням кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача (рис. 3.4) густина ґрунту ( $Y_3$ ) знижується. Пов'язано це з тим, що при збільшенні кількості витків розпушувача його частота обертання збільшується, і ґрунт подрібнюється сильніше. За фактором кут нахилу розпушувача ( $X_2$ ) вийшов оптимум за значення 50, на наш погляд, він також пов'язаний із кількістю обертів розпушувача. За більших кутів установлення розпушувача їхня кількість зменшується, а щільність ґрунту,

відповідно, зростає. За кутів близько 30 щільність ґрунту ( $Y_3$ ) теж вища. Це пов'язано з тим, що площа поперечного перерізу каналу наближається до площі кола. У результаті щільність ґрунту стає вищою, оскільки об'єм каналу, утворений фігурою біля основи у формі еліпса, більший, ніж циліндра, а об'єм ґрунту в міжлопатево́му просторі приблизно однаковий. Тому за малих кутів встановлення розпушувача щільність ґрунту вища. Таким чином, за кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача  $n=0,33$  і кута встановлення ( $X_2$ ) розпушувача 50 густина ґрунту ( $Y_3$ ) перебуває в інтервалі  $0,77...0,78 \times 10^3 \text{кг/м}^3$ .

Аналіз математичної моделі за фіксованих значень на середньому рівні кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) та твердості ґрунту ( $X_4$ ) показує, що зі збільшенням кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача (рис. 3.5) щільність ґрунту ( $Y_3$ ) зменшується. Зі збільшенням швидкості ( $X_3$ ) щільність ґрунту ( $Y_3$ ) зростає, оскільки частота розпушувача знижується. За кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача  $n = 0,33$  і швидкості ( $X_3$ ) 2,5 м/с щільність ґрунту ( $Y_3$ ) перебуває на рівні  $0,79 \times 10^3 \text{кг/м}^3$ .

Аналіз математичної моделі (3.3) за фіксованих значень на середньому рівні кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) і швидкості ( $X_3$ ) його переміщення свідчить, що зі збільшенням кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача (рис. 3.5) щільність ґрунту зменшується. У разі збільшення твердості ґрунту ( $X_4$ ) до певної межі (приблизно до 2,6МПа) густина ґрунту ( $Y_3$ ) також збільшується, а потім за подальшого зростання твердості ґрунту ( $X_4$ ) відбувається зниження його густини ( $Y_3$ ). Так, за великих значень твердості ґрунту утворюються щільні грудочки, які без руйнування входять у стінки ґрунтового каналу.

Аналіз математичної моделі (4.10) за фіксованих значень на середньому рівні кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача і твердості ґрунту ( $X_4$ ) виявив ділянку оптимуму щільності ґрунту ( $Y_3$ ) за умови кута нахилу ( $X_2$ ) розпушувача 4,80 і швидкості ( $X_3$ ) руху розпушувача 2,4 м/с (рис. 3.6). За цих значень параметрів вона дорівнює  $0,77 \times 10^3 \text{кг/м}^3$ . Оптимум щільності ґрунту збігся з оптимумом кількості обертів розпушувача (рис. 3.3. г.). За цих значень чинників кількість

його оборотів максимальна (2,12 обороту на 1 метр пройденого шляху) і, відповідно, щільність ґрунту мінімальна.

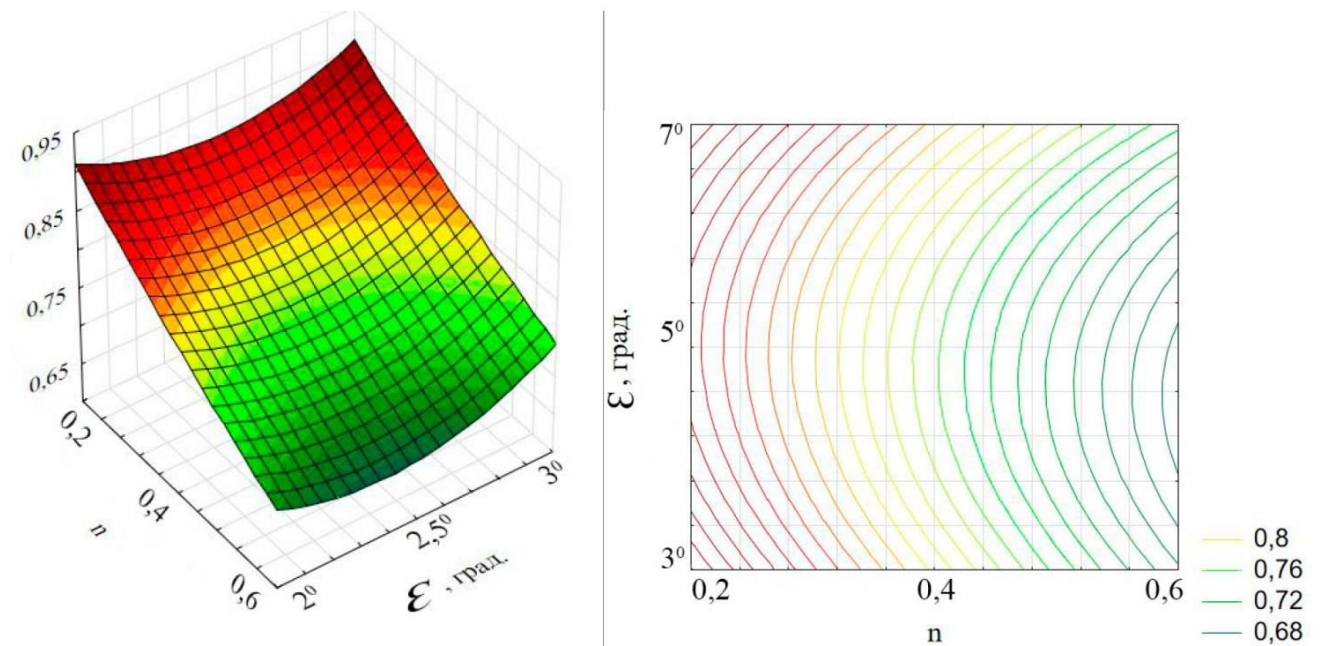


Рис. 3.4. Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на його конусі  $n$  ( $X_1$ ) і кута нахилу розпушувача  $\varepsilon$  ( $X_2$ )

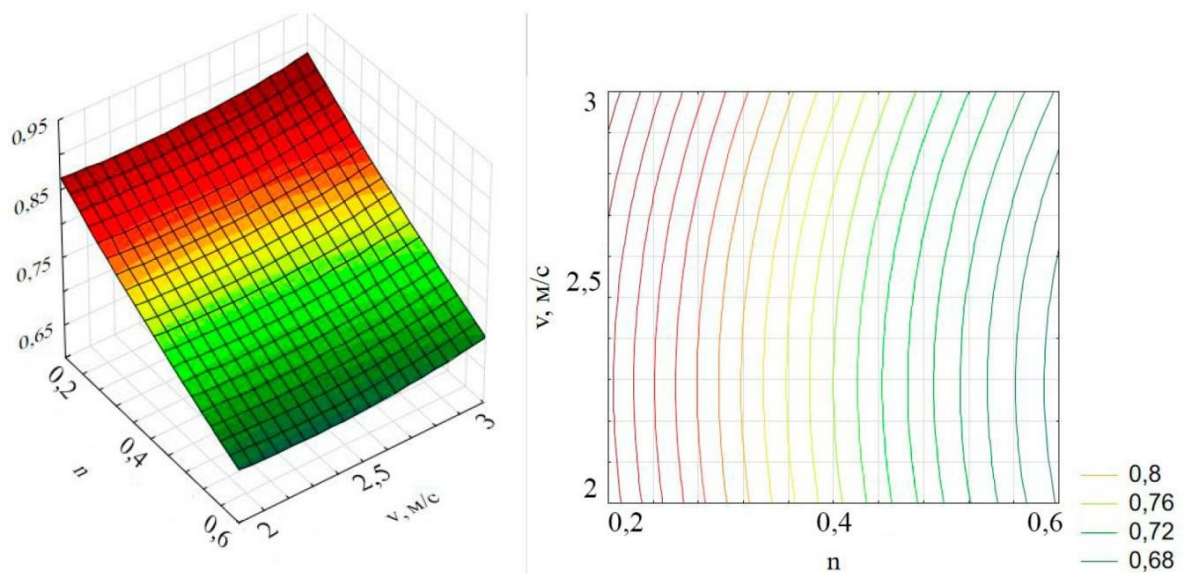


Рис. 3.5. Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на його конусі  $n$  ( $X_1$ ) і швидкості  $v$  ( $X_3$ )

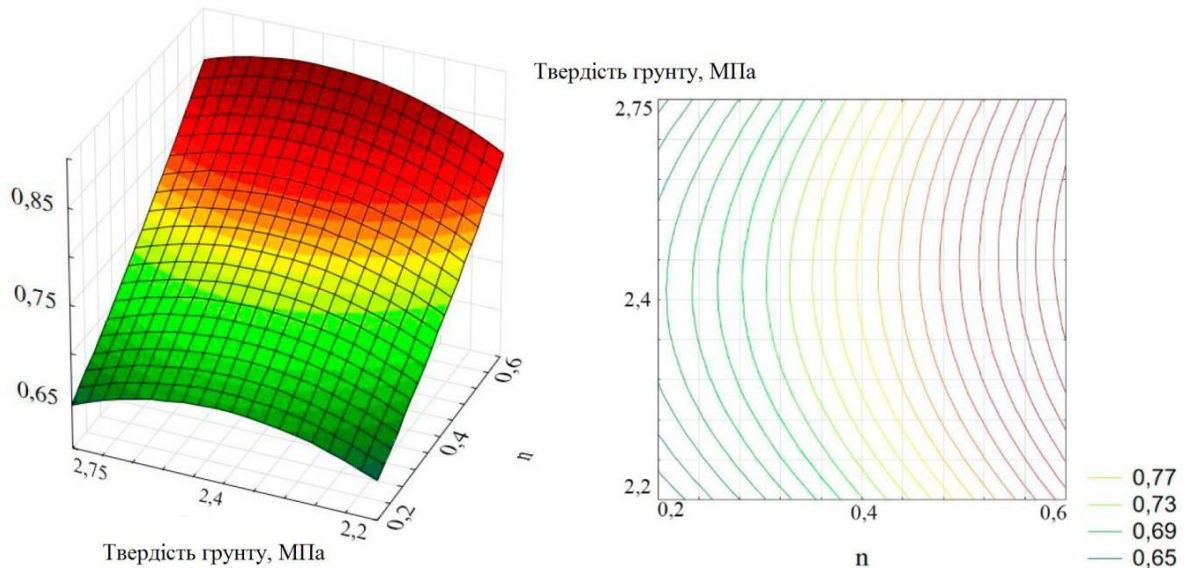


Рис. 3.6. Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на його конусі  $n$  ( $X_1$ ) і твердості ґрунту ( $X_4$ ).

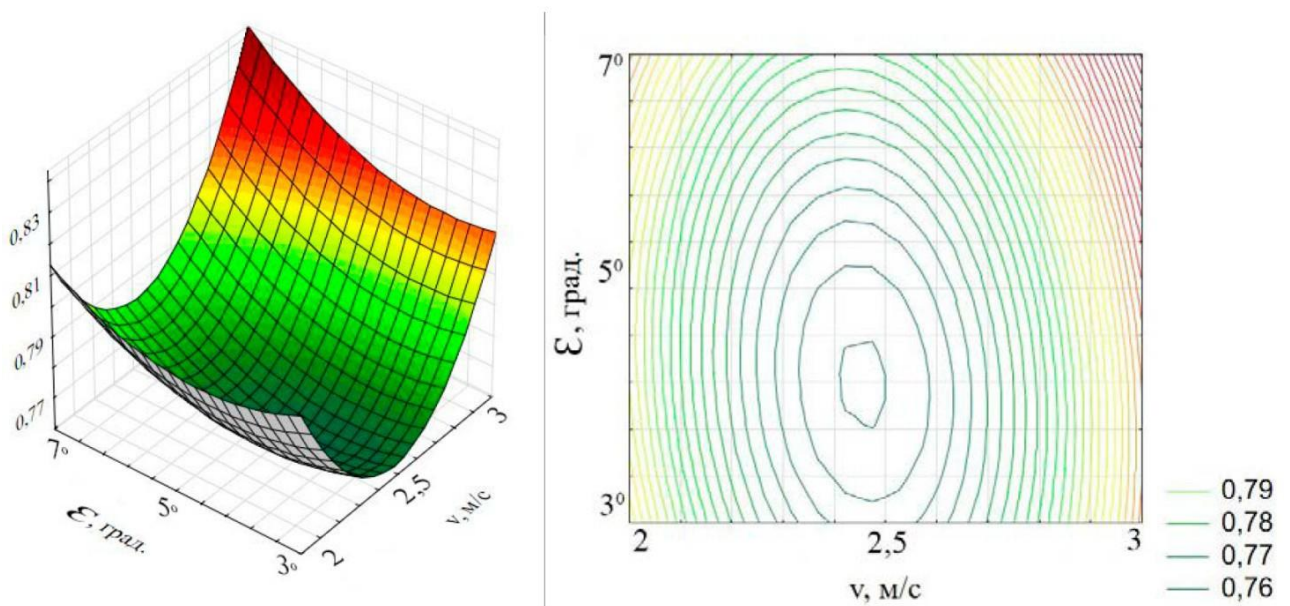


Рис. 3.7. Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кута нахилу  $\varepsilon$  ( $X_2$ ) розпушувача та швидкості його пересування  $v$  ( $X_3$ ).

Аналіз математичної моделі за фіксованих значень на середньому рівні кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача та швидкості ( $X_3$ ) його переміщення показує, що в разі зменшення кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) з 40 до 30 щільність ґрунту ( $Y_3$ ) збільшується (рис. 3.8). Вона збільшується і в разі зростання кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) з 60 до 70. У разі збільшення твердості ґрунту ( $X_4$ ) його щільність ( $Y_3$ ) зростає і стабілізується з тенденцією зниження за великих значень

твердості ( $X_4$ ) ґрунту 2,75МПа...2,8МПа. За кута нахилу розпушувача ( $X_2$ ) на рівні 50 для всього діапазону твердості ґрунту ( $X_4$ ) його густина ( $Y_3$ ) перебуває в межах  $0,72...0,745 \times 10^3 \text{кг/м}^3$ .

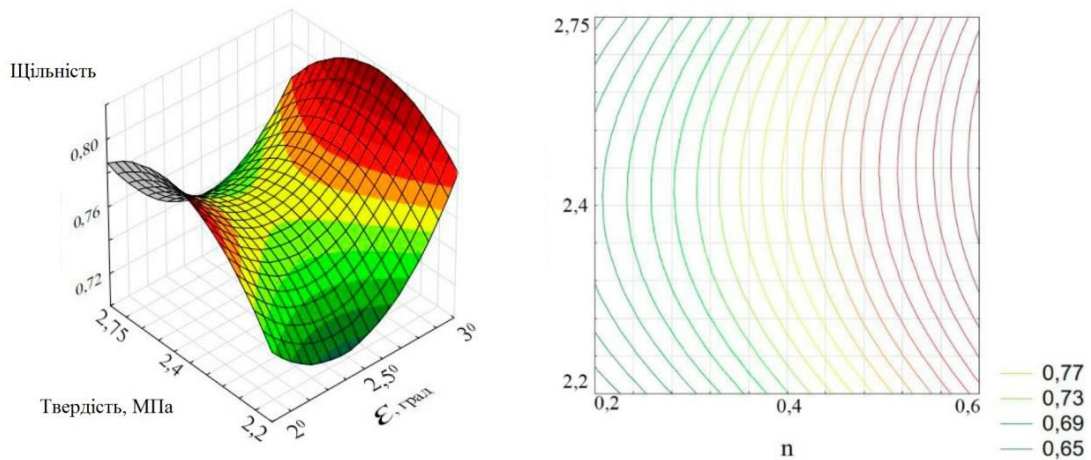


Рис. 3.8. Залежність густини ґрунту ( $Y_3$ ) від кута нахилу розпушувача  $\epsilon$  ( $X_2$ ) і твердості ґрунту ( $X_4$ ).

Аналіз математичної моделі за фіксованих значень на середньому рівні кількості витків ( $X_1$ ) розпушувача та кута його нахилу ( $X_2$ ) показує, що зі збільшенням швидкості ( $X_3$ ) руху розпушувача густина ґрунту ( $Y_3$ ) зростає (рис. 3.9), тому що частота обертання розпушувача знижується. Зі збільшенням твердості ґрунту ( $X_4$ ) його густина ( $Y_3$ ) також зростає, але несуттєво з  $0,72...0,745 \times 10^3 \text{кг/м}^3$ .

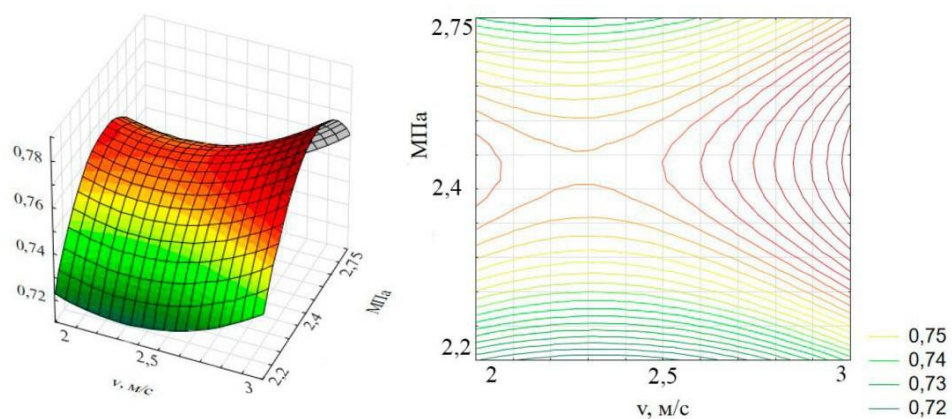


Рис. 3.9. Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від швидкості пересування розпушувача  $v$  ( $X_3$ ) і твердості ґрунту ( $X_4$ )

У лабораторному досліді в польових умовах під час дослідження параметрів розпушувача додатково визначали фракційний склад ґрунту в каналі, утвореному розпушувачем. Проби ґрунту відбирали відразу після кожного проходу ґрунтообробного знаряддя.

У результаті аналізу ґрунтових зразків встановлено, що ґрунт у ґрунтовому каналі, утвореному розпушувачем, стабільно подрібнюється до дрібно грудкуватої структури з поодинокими грудочками з розмірами від 10 мм до 15 мм по діагоналі. Вони потрапляють у канал здебільшого зі щілини, утвореної стійкою розпушувача. Тому в загальному об'ємі ґрунту на всіх варіантах дослідю переважають фракції 0,25 мм – 5 мм і 5 мм – 10 мм. Причому сумарна їхня величина превалює в каналах, утворених розпушувачем із кількістю витків, що дорівнює 0,33. Здебільшого це здійснюється за рахунок зниження одночасно частки фракцій <0,25 мм і 10 мм – 50 мм.

У каналах, утворених розпушувачем із кількістю витків, що дорівнює 0,6, об'єм фракцій із розміром 10 мм-50 мм мінімальний. І навпаки максимальна кількість агрегатів менше 0,25 мм. Це пов'язано з тим, що робоча поверхня лопаті в цього розпушувача більша і тому ґрунт у каналі більше руйнується і стирається.

У каналах, утворених розпушувачем із кількістю витків, що дорівнює 0,2, об'єм фракцій із розміром 10 мм-50 мм максимальний. Ґрунт у них меншою мірою схильний до руйнування через мінімальну кількість розпушувача порівняно з іншими варіантами. З цієї ж причини виявлено мінімальну кількість у цих каналах фракцій із розміром менше 0,25 мм.

Таким чином, за результатами чисельного експерименту було обґрунтовано основні конструктивні параметри розпушувача: кількість витків на конусі розпушувача прийнято рівною 0,33, висота конуса  $z_0=0,15$  м; радіус основи конуса  $\rho_{0c}=0,0175$  м; радіус гвинта  $\rho_0=0,07$  м.

Раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні 2300 Н...2500 Н виявлено на всьому діапазоні твердості ґрунту (2,2 МПа...2,75 МПа) за таких

значень параметрів розпушувача: кількість витків  $n = 0,33$ , кут нахилу розпушувача  $40...50$ ; швидкість пересування  $2 \text{ м/с}...2,5 \text{ м/с}$ . Кількість обертів на один метр пройденого шляху розпушувача з цими конструктивними і технологічними параметрами перебуває на рівні 2,12.

Встановлено, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворює в ньому канал, частково заповнений пухким ґрунтом із дрібногрудкуватою структурою густиною  $0,77...0,79 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ , що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів.

### **Висновки по розділу**

За результатами чисельного експерименту було обґрунтовано основні конструктивні параметри розпушувача: кількість витків на конусі розпушувача прийнято рівною  $0,33$ , висота конуса  $z_0 = 0,15 \text{ м}$ ; радіус основи конуса  $\rho_{0c} = 0,0175 \text{ м}$ ; радіус гвинта  $\rho_0 = 0,07 \text{ м}$ . У польових дослідженнях виявлено раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні  $2300 \text{ Н}...2500 \text{ Н}$  за таких значень його технологічних параметрів: кут нахилу розпушувача  $40...50$ ; швидкість пересування  $2...2,5 \text{ м/с}$ . Встановлено, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворює в ньому канал частково заповнений пухким ґрунтом із дрібногрудкуватою структурою густиною  $0,77...0,79 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ , що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ПП «Росток»

Науково-технічний прогрес обумовлює нові задачі, пов'язані з охороною праці. В умовах зросту механізації та автоматизації процесів зберігання та переробки зернової продукції, велике значення набуває проблема охорони праці працюючих.

Збільшення енергоозброєності та технічної оснащеності потребує своєчасного виявлення, усунення і потенційного прогнозування можливих небезпечних місць на виробничих лініях, складах та інших виробничих об'єктах. Необхідне проведення робіт профілактичного характеру, пов'язаних з попередженням нещасних випадків. Для цієї цілі відповідним службам з охорони праці необхідно керуватися:

1. Законом України «Про охорону праці», прийнятим Верховною Радою України 21 листопада 2002 року;
2. «Типовим Положенням» про навчання по питанням охорони праці;
3. «Інструкціями» – тобто нормативними актами, які містять обов'язкові для дотримання працівниками вимог з охорони праці при виконанні робіт на робочих місцях.

В ПП «Росток» за стан охорони праці відповідає директор. Йй підпорядковується інженер з питань охорони праці, який працює за сумісництвом і має практичний стаж роботи більше 3-х років.

До основних обов'язків директора входить:

- опрацювання ефективної цілісної системи управління ОП;
- сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;

В свою чергу спеціаліст з питань охорони праці контролює:

- дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці;

виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій та подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці;

своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт.

За стан охорони праці на робочих місцях відповідають начальники цехів, майстри, бригадири. До їх обов'язків входить:

забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;

забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань опрацювання ефективної цілісної системи управління охороною праці;

вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;

професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Вступний інструктаж з питань охорони праці для працівників проводить спеціаліст з охорони праці підприємства.

В підприємстві погано організована пожежно-сторожова охорона, яка не оснащена зв'язком зі всіма підрозділами господарства. Графік чергувань пожежної охорони розроблено, але його не завжди дотримуються. Навчання правилам безпеки практично не ведеться.

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^c = \frac{K_d + K_o + K_{впр}}{3} \leq 1 \quad (4.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_d = \frac{C_d}{C}, \quad (4.2)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

$C_d$  – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

$C$  – загальна кількість працівників.

$$K_{\partial 2015} = \frac{9}{10} = 0,9 ;$$

$$K_{\partial 2016} = \frac{10}{10} = 1,0 ;$$

$$K_{\partial 2017} = \frac{10}{10} = 1,0 .$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\sigma} = \frac{n_{\sigma}}{n}, \quad (4.3)$$

де  $K_{\sigma}$  – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

$n_{\sigma}$  – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

$n$  – загальна кількість обладнання.

$$K_{\sigma 2015} = \frac{20}{25} = 0,8 ;$$

$$K_{\sigma 2016} = \frac{20}{25} = 0,8 ;$$

$$K_{\sigma 2017} = \frac{23}{25} = 0,92 .$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки в господарстві за останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{\text{впр}} = \frac{m_{\text{сп}}}{m}, \quad (4.4)$$

де  $K_{\text{впр}}$  – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{\text{сп}}$  – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

$m$  – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{\text{enp}2015} = \frac{5}{10} = 0,5 ;$$

$$K_{\text{enp}2016} = \frac{6}{10} = 0,6 ;$$

$$K_{\text{enp}2017} = \frac{6}{10} = 0,6 .$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{\text{cn}2015}^u = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73 ;$$

$$K_{\text{cn}2016}^u = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8 ;$$

$$K_{\text{cn}2017}^u = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84 .$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в господарстві, як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маються недоліки: не проводиться атестація робочих місць; підвищений рівень запиленості робочих місць; не проводиться інструктаж з охорони праці та надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства.

#### **4.2 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві**

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Так, як в господарстві випадків травматизму за досліджувані роки не було, проводимо розрахунок показників захворювань.

Для їх кількісної характеристики використовують такі показники:

коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 100 \quad (4.4)$$

коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}} = \frac{Д}{T} \quad (4.5)$$

коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}} = \frac{Д}{P} \cdot 100 \quad (4.6)$$

де Т – кількість випадків захворювань за досліджуваний період;

Р – середньоспискова кількість працівників, чол.;

Д – сумарна втрата днів працездатності в результаті захворювань, днів.

Отже, за звітній період отримаємо наступні дані:

коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}2015} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10$$

коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}2015} = \frac{24}{1} = 24$$

коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}2015} = \frac{24}{10} \cdot 100 = 240$$

Основні показники захворювань зводяться до таблиці 4.1 та робляться висновки про його рівень.

Таблиця 4.1 – Основні показники захворювань по ПП «Росток»

Показники	Роки		
	2023	2024	2025
Кількість працюючих, чол.	10	10	10
Кількість захворювань, од	1	-	-
Втрати днів непрацездатності від захворювань	24	-	-
Коефіцієнт частоти	10	-	-
Коефіцієнт важкості	24	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	240	-	-

### 4.3. Заходи по поліпшенню умов праці

Для покращення стану охорони праці на підприємстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- організувати кабінет з охорони праці;
- забезпечити кабінет необхідним обладнанням;
- закупити учбові плакати з охорони праці та розповсюдити їх по всіх виробничих підрозділах;
- систематично проводити демонстрацію фільмів про охорону праці та пожежну безпеку;
- проводити з працівниками лекції та бесіди з охорони праці;
- щомісяця проводити на підприємстві день охорони праці;
- налагодити пропаганду безпечних умов праці.
- слідкувати за чистотою площадок для зберігання техніки.
- перевірити лінії електропередач, висоту введів в приміщення. Висота ліній по нижньому проводу повинна бути не менше 6 м, а висота вводу в приміщення не менше 2,5 м.
- перевірити блискавкозахист приміщень.
- перевірити контури заземлення електрообладнання та встановити захисні щитки.
- забезпечити протипожежним інвентарем, резервуарами з водою та вогнегасниками.
- посадити зелене насадження.
- забезпечити кожний агрегат аптечкою першої медичної допомоги.
- регулярно проводити інструктажі з охорони праці.
- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

#### **4.4. Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі**

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння згідно з

вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.

При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

У випадку загоряння зерна погасіть топку, виключіть вентилятори і вивантажувальні пристрої, закрийте випускні заслінки і, не зупиняючи подачі вологого зерна, відкрийте люки дифузорів, виявивши осередок загоряння, через вікно короба спробуйте витягнути його із шахти. Якщо осередок загоряння усунути не вдасться, включіть розвантаження на максимальну продуктивність, а осередки загоряння зерна гасіть водою й усувайте з основного потоку зерна. Після розвантаження всього зерна ретельно очистіть стінки камери й поверхню коробів від нагару.

При загорянні одяжі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.

#### **Висновки**

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень. Також був розроблений план дій виробництва при вибуху, як найбільш ймовірній надзвичайній ситуації.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОВАНОГО ЗНАРЯДДЯ У ВИРОБНИЦТВО

#### Визначення техніко-економічних показників

Розрахунок продуктивності комбінованого знаряддя з розпушувачем. Продуктивність комбінованого агрегату МТЗ-82.1+КПК-1,6 за годину змінного часу на основному обробітку розраховуємо за формулою.

$$P_z = K \cdot Шз \cdot V_p \cdot \tau, \quad (5.1)$$

де  $P_z$  - продуктивність за годину змінного часу, га/год;

$K$  - безрозмірний коефіцієнт,  $K = 0,1$ ;

$Шз$  - робоча ширина захвату агрегату,  $Шз = 1,6$  м;

$V_p$  - робоча швидкість агрегату,  $V_p = 12,02$  км/год;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни,  $\tau = 0,81$ .

Підставивши значення у формулу (5.1) отримуємо

$$P_z = 0,1 \cdot 1,6 \cdot 10,0 \cdot 0,81 = 1,296 \text{ га/год}$$

Змінну продуктивність ґрунтообробного агрегату ХТЗ-150К-09+ПДК-3,5 розраховуємо за формулою

$$P_{zm} = P_z \cdot T_{zm}, \quad (5.2)$$

де  $T_{zm}$  - час зміни,  $T_{zm} = 8$  год.

Підставивши значення у формулу (5.2) отримуємо

$$P_{zm} = 1,296 \cdot 8 = 10,368 \text{ га/зміну.}$$

Розраховуємо продуктивність орного агрегату МТЗ-82.1+ПЛН-3-35 при робочій швидкості 7,7 км/год при ширині захвату  $Шз = 1,05$  м і коефіцієнті використання часу зміни  $\tau = 0,81$  [11].

Для цього підставляємо значення у формулу (5.1) і отримуємо

$$P_z = 0,1 \cdot 1,05 \cdot 7,7 \cdot 0,81 = 0,65 \text{ га/год.}$$

Визначаємо змінну продуктивність агрегату МТЗ-82,1+ПЛН-3-35 на оранці ґрунту, підставивши значення у формулу (5.2)

$$P_{зм} = 0,65 \cdot 8 = 5,2 \text{ га/зміну}$$

Визначення прямих експлуатаційних затрат на комбінований обробіток ґрунту.

Прямі експлуатаційні затрати на основний комбінований обробіток ґрунту розраховуємо за формулою.

$$E_z = Z + A + P + \Gamma + E_{об}, \quad (5.3)$$

де  $Z$  - заробітна плата обслуговуючому персоналу, грн;

$A$  - амортизаційні відрахування, грн.;

$P$  - затрати на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.;

$\Gamma$  - затрати на паливо-мастильні матеріали, грн.;

$E_{об}$  - затрати на обслуговуючий автотранспорт, грн.;

Загальну зарплату визначаємо із виразу

$$Z_{но} = K_{об} \cdot T_{ст} \cdot K_{ді}, \quad (5.4)$$

де  $K_{об}$  - кількість обслуговуючого персоналу і-го тарифного розряду, чол.;

$T_{ст}$  - тарифна ставка і-го розряду за норму виробітку

$K_{ді}$  - коефіцієнт, що враховує всі види додаткової оплати і нарахувань на зарплату,  $K_{ді} = 1,4$ .

Підставляємо значення у формулу (5.4) і отримуємо величину заробітної плати механізатора за зміну. Дані записуємо одразу в таблицю порівняння економічних показників.

Визначаємо кількість робочих змін, скориставшись формулою [11].

$$K_{зм} = \frac{S}{\Pi}, \quad (5.5)$$

де  $K_{зм}$  - кількість робочих змін;

$S$  - площа обробітку ґрунту за сезон при нормативному завантаженні 160 годин [33],  $S = 3,70 \cdot 160 = 592$  га;

$\Pi$  - продуктивність, га/год.

Підставляємо значення у формулу (5.5) і визначаємо кількість робочих змін за умови комбінованого обробітку ґрунту:

- розробленим комбінованим агрегатом МТЗ-82.1+КПК-1,6

$$K_{зм} = \frac{592}{22,6} = 26 \text{ зміни};$$

- серійним агрегатом МТЗ-82+ПЛН-3-35

$K_{зм} = 8,73 = 67,8$  зміни.

Розраховуємо величину амортизаційних відрахувань на удосконалений комбінований агрегат МТЗ-82.1+КПК-1,6, для чого попередньо визначаємо балансову вартість КПК-1,6.

$$B = C \cdot Kд, \quad (5.6)$$

де  $C$  - оптова ціна агрегата КПК-1,6, грн;

$Kд$  - коефіцієнт, враховує торгіву націнку, зарплату за доставку і монтаж,  $Kд = 1,1$ ;

Ціну нової машини визначаємо із співвідношення

$$C_{м} = \frac{B_{н}C_{с}}{B_{с}}, \quad (5.7)$$

де  $C_{н}$  і  $C_{с}$  - відповідно, ціна нової і старої машини,  $C_{с} = 119240$  грн [11];

$B_{н}$  і  $B_{с}$  - ширина захвату нової і аналога – орного агрегату ПЛН-3-35,  $B_{н} = 1,6$  м і  $B_{с} = 1,05$  м.

Суму амортизаційних відрахувань за час роботи визначаємо за формулою

$$A = \frac{Q_{тр}B_{тр}}{100Г_{зтр}B_{г}} + \frac{Q_{с}B_{с}}{100Г_{зс}B_{г}}, \quad (5.8)$$

де  $Q_{тр}$  і  $Q_{с}$  - відповідно, загальна норма амортизаційних відрахувань на трактор і удосконалений комбінований агрегат КПК-1,6  $Q_{тр} = 17\%$ ,  $Q_{с} = 12,5\%$

$B_{тр}$  і  $B_{с}$  - відповідно, балансова вартість трактора і розробленого комбінованого агрегата КПК-1,6  $B_{тр} = 819100$  грн. і  $B_{с} = 749300$  грн;

$Г_{зтр}$  - річне завантаження трактора,  $Г_{зтр} = 1350$  год;

$Г_{зс}$  - річне завантаження розробленого комбінованого агрегата КПК-1,6,  $Г_{зс} = 160$  год.

$B_{г}$  - годинний виробіток,  $B_{г} = 3,70$  га /год.

Підставивши значення в формулу (6.8), отримуємо

$$A = \frac{419100 \cdot 9,1}{100 \cdot 1350 \cdot 2,83} + \frac{12,5 \cdot 10164}{100 \cdot 160 \cdot 2,83} = 18,93.$$

Затрати на поточний ремонт і ТО визначаємо за формулою

$$P = \frac{B_{тр}H_{нттр}}{100Г_{зтр}B_{г}} + \frac{B_{с}H_{нтс}}{100Г_{зс}B_{г}}, \quad (5.9)$$

де  $H_{нттр}$  і  $H_{нтс}$  - відповідно, норми щорічних відрахувань на поточний

ремонт і ТО трактора та розробленого агрегата ПДК-3,5,  $H_{тр} = 9,1\%$  і  $H_{с} = 18\%$ .

Підставивши значення у формулу (5.9) отримуємо

$$P = \frac{419100 \cdot 9,1}{100 \cdot 1350 \cdot 2,83} + \frac{10164 \cdot 18}{100 \cdot 160 \cdot 2,83} = 14,02.$$

Затрати грошових коштів на паливо визначаємо із виразу.

$$G_T = P_T \cdot Ц_k, \quad (5.10)$$

де  $P_T$  - норма розходу палива,  $P_T = 9,11$  кг/га;

$Ц_k$  - комплексна ціна палива,  $Ц_k = 50$  грн/кг.

Підставивши значення у формулу (5.10) отримуємо

$$G_z = 9,11 \cdot 50 = 455,5 \text{ грн./га.}$$

Загальні експлуатаційні затрати при обробітку ґрунту удосконаленим комбінованим агрегатом МТЗ-82+КПК-1,6 становитимуть (5.3)

$$E_{zm} = 2,81 + 23,79 + 21,30 + 455,5 = 503,4 \text{ грн/га.}$$

Отже, загальні експлуатаційні затрати на ґрунту на площі 592 га будуть

$$E_{zag} = 503,4 \cdot 592 = 298012,8 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних затрат за існуючої технології обробітку ґрунту. При оранці серійним агрегатом МТЗ-82+ПЛН-3-35 питома витрата зарплати становить 8,66 грн/га або 5127 грн на всю площу, а витрата палива на оранку одного гектара становить 14,6 кг/га або 146 грн/га.

Розраховуємо суму амортизаційних відрахувань за час роботи серійного агрегату на оранці ґрунту

$$A = \frac{17-419100}{100 \cdot 1350 \cdot 1,09} + \frac{12,5-15400}{100 \cdot 450 \cdot 1,09} = 52,34 \text{ грн/га.}$$

Затрати на поточний ремонт і технічне обслуговування становитимуть

$$P_r = \frac{9,1-419100}{100 \cdot 1350 \cdot 1,09} + \frac{18-15400}{100 \cdot 450 \cdot 1,09} = 31,57 \text{ грн/га.}$$

Затрати коштів на паливо приймаємо з попередніх розрахунків за формулою (5.10)  $G_z = 146$  грн.

Тоді загальні експлуатаційні затрати при оранці одного гектара ґрунту серійним агрегатом становить

$$E_{zagc} = 8,66 + 52,34 + 31,57 + 146 = 238,57 \text{ грн/га.}$$

Розрахунок затрат праці на виконання комбінованого обробітку ґрунту.

Далі визначаємо трудоємність обробітку ґрунту

$$T_c = \frac{T}{\Pi}. \quad (5.11)$$

Підставивши значення, отримуємо для нової технології обробітку ґрунту

$$T_{см} = \frac{8}{29,6} = 0,27 \text{ год/га.}$$

Для технології оранки ґрунту плугом трудоємність становитиме

$$T_{сс} = \frac{8}{8,73} = 0,92 \text{ год/га.}$$

Для технології комбінованого обробітку на глибину 27 см агрегатом КПК-1,6

$$T_{сл} = \frac{8}{48,62} = 0,16 \text{ год/га.}$$

Визначення строку окупності та енергоємності процесу розробленого обробітку ґрунту.

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначається за формулою

$$C_{ок} = \frac{K}{E}, \quad (5.12)$$

Підставивши значення у формулу (5.12) отримуємо

$$C_{ок} = \frac{44930}{34495,2} = 1,3 \text{ року}$$

Енергоємність процесу обробітку ґрунту визначаємо за формулою.

$$E_c = \frac{H_g}{\Pi_a}, \quad (5.13)$$

де  $H_g$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$\Pi_a$  - продуктивність агрегату, га/год. Підставляємо значення у формулу (5.13)

отримуємо енергоємність для нової технологи обробітку ґрунту

$$E_{см} = \frac{122}{3,7} = 32,9 \text{ кВт/га.}$$

Для старої технології обробітку ґрунту енергоємність процесу становитиме

$$E_{сс} = \frac{122}{1,09} = 112 \text{ кВт/га.}$$

Для обробітку ґрунту комбінованим агрегатом КПК-1,6

$$E_{сс} = \frac{122}{8,73} = 14 \text{ кВт/га.}$$

Визначені техніко-економічні показники заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1.

## Техніко-економічні показники

Показники	ПЛН-3-35	КПК-1,6
1. Площа обробітку ґрунту, га	592	592
2. Продуктивність агрегату, га/год	0,65	1,296
3. Експлуатаційні затрати, грн/га	154,10	227,37
4. Енергоємність обробітку. кВт/га	14	29,9
5. Трудоемність обробітку, год/га	0,16	0,27
6. Економія експлуатаційних затрат, грн.	-	34495,2
7. Економія паливо-мастильних матеріалів, кг	-	3299,2
8. Строк окупності капітальних вкладень, років	-	1,3

**Висновки**

Запропоновано алгоритм розрахунку загальних техніко-економічних показників, який показує ефективність значень показників подрібнювача. Сумарний економічний ефект від використання складає 30283,62 грн. на рік із терміном окупності 1,3 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Обґрунтовано технологічний процес протиерозійного обробітку ґрунту з одночасним руйнуванням плужної підшви. Виготовлено дослідний зразок комбінованого знаряддя. Поверхня поля після його обробітку стає гладкою, а ґрунтовий канал, утворений конусним ротаційним розпушувачем у плужній підшві сприяє аерації ґрунту та міграції по ньому вологи.

За результатами чисельного експерименту було обґрунтовано основні конструктивні параметри розпушувача: кількість витків на конусі розпушувача прийнято рівною 0,33, висота конуса  $z_0 = 0,15$  м; радіус основи конуса  $\rho_{oc} = 0,0175$  м; радіус гвинта  $\rho_0 = 0,07$  м. У польових дослідженнях виявлено раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні 2300 Н...2500 Н за таких значень його технологічних параметрів: кут нахилу розпушувача 40...50; швидкість пересування 2...2,5 м/с. Встановлено, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворює в ньому канал частково заповнений пухким ґрунтом із дрібногрудкуватою структурою густиною  $0,77...0,79 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів.

Приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень.

Запропоновано алгоритм розрахунку загальних техніко-економічних показників, який показує ефективність значень показників подрібнювача. Сумарний економічний ефект від використання складає 30283,62 грн. на рік із терміном окупності 1,3 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ананченко С. П. Основи ґрунтозахисних і вологозберігаючих технологій обробітку ґрунту. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», 5 квітня 2023 року Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 172-174.
2. Ананченко С. П., Міненко С. В. Обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту комбінованим знаряддям із конусним ротаційним розпушувачем. *Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ.2023.С. 90-93.
3. Міненко С. В., Ананченко С. П. Будова експериментального комбінованого знаряддя з конусним ротаційним розпушувачем. XII Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (02-20 жовтня 2023 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 21.11.2023).
4. Шевченко І.А. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища. Київ : Вініченко, 2016 320 с.
5. Беседа О.О., Маслійов С.В. Сільськогосподарські машини. Частина 1. Ґрунтообробні, посівні та садильні машини. Луганськ: Луганський національний університет імені Тараса Шевченка; Віртуальна реальність, 2014. 188 с.
6. Войтюк Д.Г., Вергунов В.А. та ін. Історія розвитку теорії і конструкції плуга (XIX - початок XX ст.). Навчальний посібник /За ред. Д.Г. Войтюка. Київ : НАУ, 2006. 143 с.
7. Сало В.М. та ін. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Харків : Мачулін, 2016. 244 с.

8. Теслюк Г.В., Волик Б.А., Сокол С.П., Кобець О.М., Семенюта А.М. Грунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів. Монографія. Дніпропетровськ : Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Акцент П.П., 2016.
9. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
10. Замойська К.В. Обґрунтування параметрів ротаційного розпушувача ґрунту: Дис. ... канд. тех. наук: 05.20. 01. Кам'янець-Подільський, 2008. 159 с
11. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Харків : ОКО, 2001. Т. 1, ч. 1 Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. 443 с
12. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механікотехнологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. Київ : Нора-прінт, 1999. 280 с.
13. Грунтообробна техніка Elvorti URL: <https://elvortishop.com.ua/ua/> (дата звернення: 05.11.2023р.).
14. Goyal M.R., Verma D.K. (Eds.) Engineering Interventions in Agricultural Processing. Apple Academic Press, 2018. 377 p.
15. Kutz M. (Ed.) Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779 p.

## ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО -  
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин**

**Обґрунтування параметрів протиерозійного комбінованого  
знаряддя з конусним ротаційним розпушувачем**

**Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»**

**Виконав: студент 2го курсу, групи МГАІ-3-24  
Іван ДЕСЯТЕРИК**

**Керівник: к.т.н, доцент  
Наталія ПОНОМАРЕНКО**

**Дніпро 2025**

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес і технічний засіб із конусним ротаційним розпушувачем для протиерозійного обробітку ґрунту.

**Предмет дослідження** – закономірності технологічних процесів обробітку ґрунту.

**Метою** роботи є підвищення ефективності протиерозійного обробітку ґрунту шляхом обґрунтування технологічного процесу та розробки конусного ротаційного розпушувача комбінованого знаряддя.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- обґрунтувати технологічний процес протиерозійного обробітку ґрунту з одночасним руйнуванням плужної підшви;
- провести лабораторні та польові дослідження з обґрунтуванням раціональних конструктивно-технологічних параметрів конусного ротаційного розпушувача та комбінованого знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту.

**Методи наукового дослідження**. Дослідження виконано на основі аналізу технологічних процесів обробітку ґрунту з використанням положень і законів класичної механіки. Використано методи математичного моделювання, планування експерименту та математичної статистики із застосуванням розроблених і стандартних комп'ютерних програм.

**Практичне значення одержаних результатів**. Практичний інтерес для виробництва представляє розроблене комбіноване знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту.

## Огляд знарядь для протиерозійного обробітку ґрунту



Плуг ПЛН 4-35 з комбінованими відвальними робочими органами ґрунтопоглиблювачам



а)

б)

Комбіновані робочі органи плугів для відвальної оранки з одночасним розпушуванням підорного шару: а – Leifken Jewel (Німеччина), б – Kvetmeland Eсо (Норвегія), в – Аппазопа Саугос (Німеччина)



а)



б)



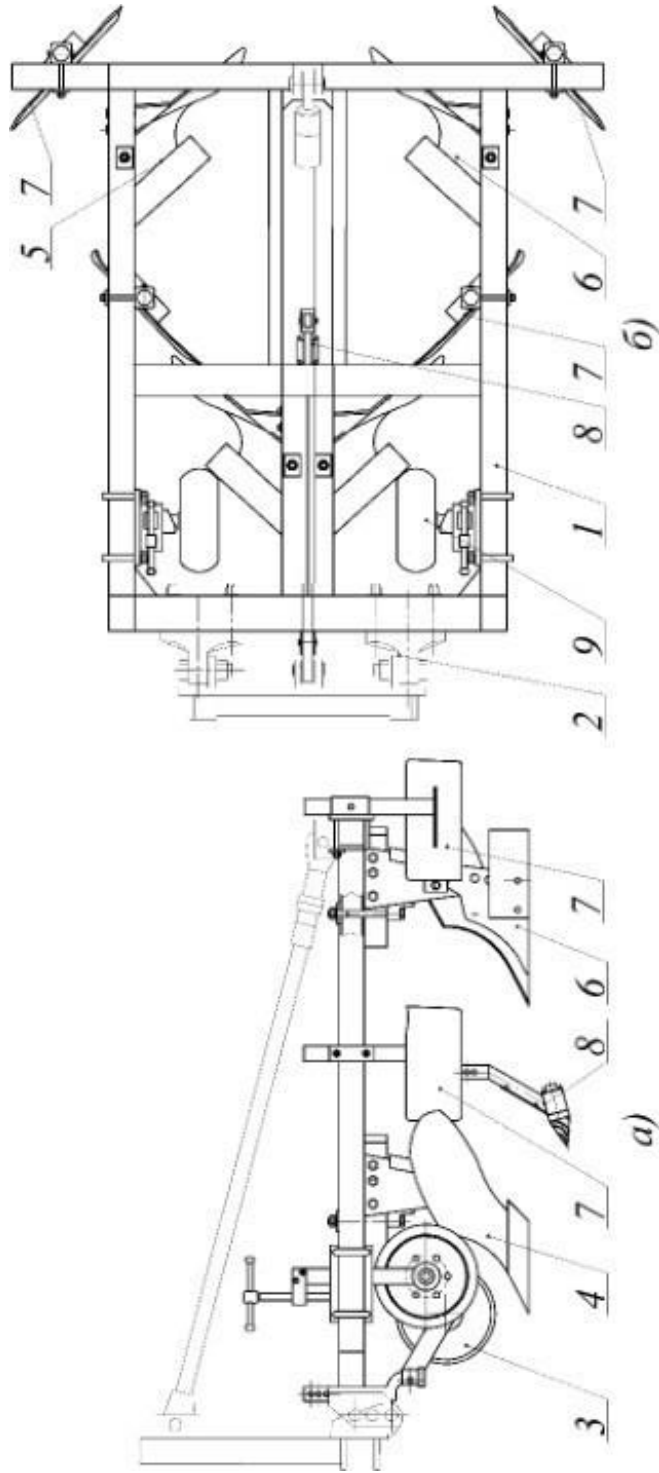
б)



в)

ґрунтообробні знаряддя чизельного типу – ПЧ4,5 (Україна), б -SVAROG ПЧП-4,5 (Україна), в - Gascon-Astrea (Італія), г - Јуптра SJ-V (Іспанія)

Комбіноване знаряддя для протиерозійного обробітку ґрунту з конусним ротаційним розпушувачем



## Програма лабораторно-польових досліджень



а)

Відбір ґрунтових зразків на вологість (а) і зважування ґрунту після сушіння (б)



б)



Циліндр для відбору ґрунту з каналу, утвореного розпушувачем

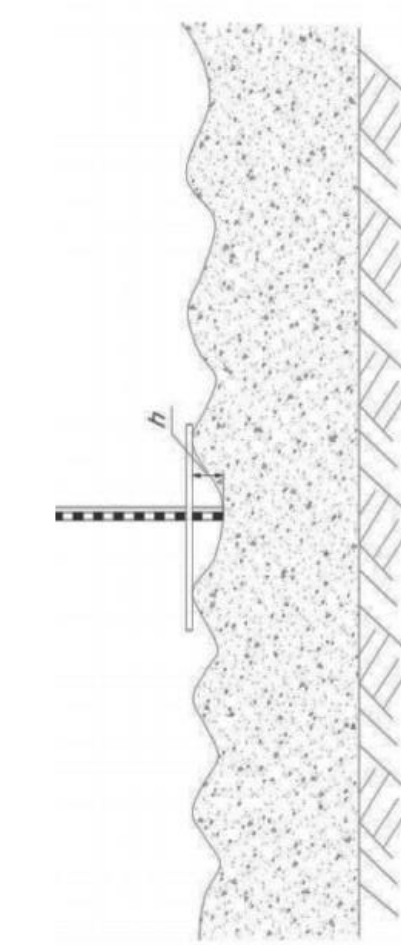
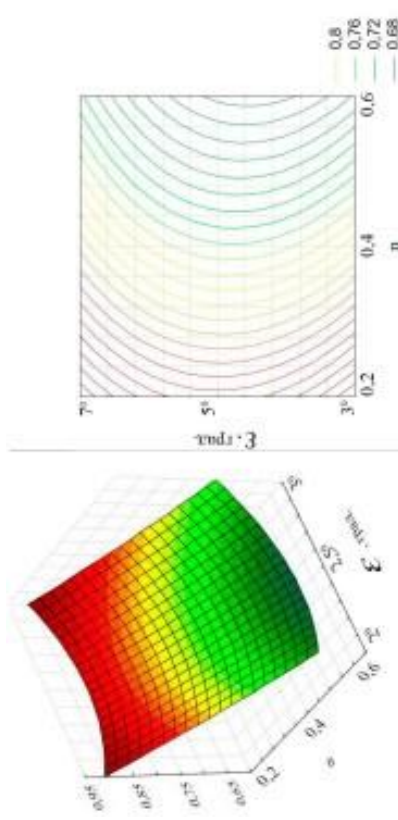


Схема визначення гребнистості поверхні ґрунту

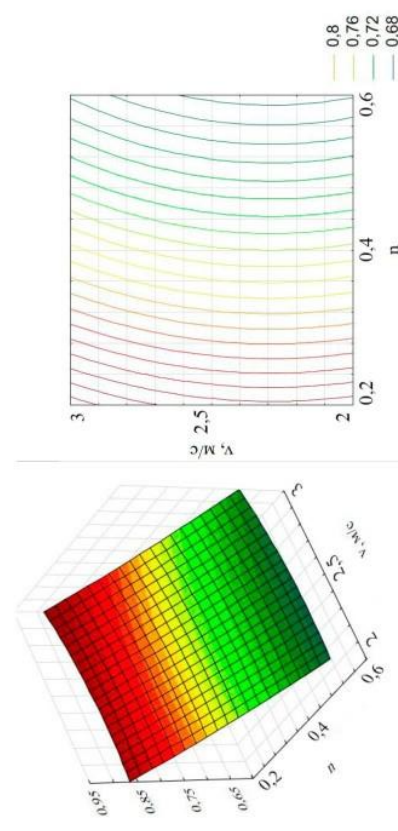


Конусний ротатійний розпушувач комбінованого знаряддя

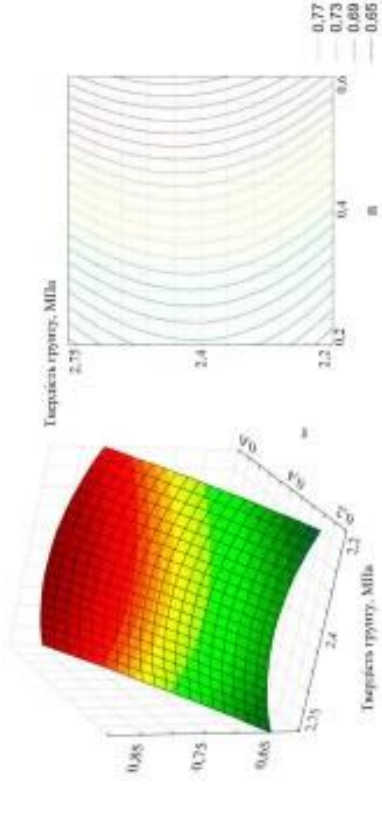
## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



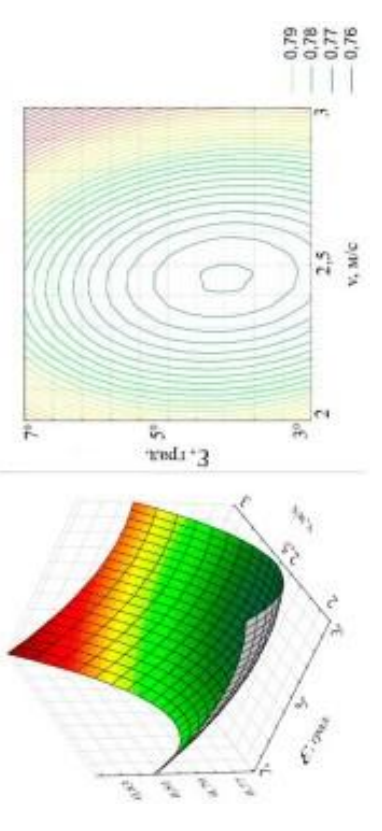
Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на йогоконусі  $\rho$  ( $X_1$ ) і кута нахилу розпушувача  $\epsilon$  ( $X_2$ )



Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на йогоконусі ( $X_1$ ) і швидкості  $\nu$  ( $X_3$ )



Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кількості витків на йогоконусі ( $X_1$ ) і твердості ґрунту ( $X_4$ ).



Залежність щільності ґрунту ( $Y_3$ ) від кута нахилу  $\epsilon$  ( $X_2$ ) розпушувача та швидкості його пересування  $\nu$  ( $X_3$ ).

Техніко - економічні показники

Показники	ПЛН-3-35	КПК-1,6
1. Площа обробітку ґрунту, га	592	592
2. Продуктивність агрегату, га/год	0,65	1,296
3. Експлуатаційні затрати, грн/га	154,10	227,37
4. Енергоємність обробітку. кВт/га	14	29,9
5. Трудоемність обробітку, год/га	0,16	0,27
6. Економія експлуатаційних затрат, грн.	-	34495 ,2
7. Економія паливо-мастильних матеріалів, кг	-	3299 ,2
8. Строк окупності капітальних вкладень, років	-	1,3

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Обґрунтовано технологічний процес протерозійного обробітку ґрунту з одночасним руйнуванням плужної підшви. Виготовлено дослідний зразок комбінованого знаряддя. Поверхня поля після його обробітку стає гладкою, а ґрунтовий канал, утворений конусним ротаційним розпушувачем плужній підшві сприяє аерації ґрунту та міграції по ньому вологи.

За результатами чисельного експерименту було обґрунтовано основні конструктивні параметри розпушувача кількість витків на конусі розпушувача прийнято рівною 0,33, висота конуса  $z_0 = 0,15$  м; радіус основи конуса  $\rho_{0c} = 0,0175$  м; радіус гвинта  $\rho_0 = 0,07$  м. У польових дослідженнях виявлено раціональне значення тягового опору розпушувача на рівні 2300 Н...2500 Н за таких значень його технологічних параметрів: кут нахилу розпушувача 40...50; швидкість пересування 2...2,5 м/с. Встановлено, що розпушувач, переміщаючись у масиві плужної підшви, утворює в ньому канал частково заповнений пухким ґрунтом із дрібногрудкуватого структуриною  $0,77 \dots 0,79 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, що дасть змогу забезпечити його аерацію та відведення вологи з вищерозміщених горизонтів.

Приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень.

Запропоновано алгоритм розрахунку загальних техніко-економічних показників, який показує ефективність значень показників подібновача Сумарний економічний ефект від використання складає 30283,62 грн на рік із терміном окупності 1,3 року