

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. “Машиновикористання в землеробстві”

доц. \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

***Пояснювальна записка***

до дипломної роботи здобувача СВО Магістр  
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Обґрунтування впливу механізованого обробітку ґрунту на його  
ущільнення при проведенні польових робіт в умовах посушливого клімату  
півдня України»

**31МЗД.119.000000ПЗ**

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 21МБ АІ  
спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПП Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності та ОПП)

\_\_\_\_\_ **Сергій ШОСТАК**

(підпис)

Мелітополь - 2021 рік

Форма № Н-9.01

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

Інститут, факультет МТ Кафедра машиновикористання в землеробстві  
 Ступінь вищої освіти Магістр  
 Спеціальність 208 Агроінженерія  
(шифр і назва)  
 ОПП Агроінженерія  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри МВЗ  
доц. Володимир КУВАЧОВ  
 “ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ ВО**

**ШОСТАК Сергій Аркадійович**

1. Тема проекту (роботи): Обґрунтування впливу механізованого обробітку ґрунту на його ущільнення при проведенні польових робіт в умовах посушливого клімату півдня України

керівник проекту (роботи) Мітков В.Б., к.т.н., доцент,

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

затверджена наказом університету від “13” жовтня 2020 року № 1428-С

2. Строк подання здобувачем ВО проекту (роботи) 1 лютого 2021 року.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) аналіз літературних джерел по темі дипломної роботи.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Визначити стан проблеми та поставити мету і завдання досліджень

2. Визначення закономірностей зниження ущільнення ґрунту та їх функціональне описання

3. Обґрунтування заходів механізованого обробітку ґрунту для зниження ущільнення ґрунту

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Визначити економічну ефективність технологічних операцій для зниження ущільнення ґрунту

6. Сформулювати загальні висновки по роботі

7 Навести перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Класифікація способів і засобів механізації для зниження ущільнення ґрунту
2. Шляхи та способи зниження ґрунту
3. Функціональний опис процесу зниження ущільнення ґрунту
4. Вплив сільськогосподарської техніки на ущільнення ґрунту
5. Результати розущільнення ґрунту
6. Результати техніко-економічної ефективності

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 4	проф. Рогач Ю.П.		

7. Дата видачі завдання 15.10.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Стан проблеми, мета і завдання досліджень	До 01.11.2020.	
Визначення закономірностей зниження ущільнення ґрунту та їх функціональне описання	До 20.11.2020.	
Обґрунтування заходів механізованого обробітку ґрунту для зниження ущільнення ґрунту	До 10.12.2020.	
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	До 10.01.2021.	
Економічна ефективність технологічних операцій для зниження ущільнення ґрунту	До 20.01.2021.	
Закінчення роботи та подання її на кафедру	До 01.02.2021.	

**Здобувач ВО**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій ШОСТАК  
(власне ім'я та прізвище)

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Василь МІТКОВ  
(власне ім'я та прізвище)



## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 80 сторінок машинопису, 5 розділів, 22 рисунки, 3 таблиці, 52 посилання.

**Графічна частина роботи** – 6 листів формату А1.

**Мета роботи** – дослідження техніко-технологічних способів механізованого обробітку ґрунту для зниження його ущільнення.

**Об’єкт розробки** - технологічні процеси, що направлені на зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин.

Розроблені способи і конструктивно-технологічні схеми засобів механізації, що знижують ущільнення ґрунту від дії сільськогосподарських тракторів і машин.

Виконано теоретичне обґрунтування оптимізації технологічного процесу зниження ущільнення ґрунту пропонованими способами.

Встановлені математичні моделі для розрахунку пропонованих засобів механізації.

На підставі аналізу охорони праці, сформульовані основні положення охорони праці при проведенні механізованих робіт в сільському господарстві.

Розроблено природо-охоронні технології у сфері діяльності підприємств по обробітку ґрунту на півдні України.

Проведено техніко-економічне обґрунтування ефективності застосування різних способів і засобів обробки ґрунту для зниження ущільнення ґрунту.

Ключові слова: УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ, СПОСОБИ, ПРОМОРОЖУВАННЯ, ВОЛОГОНАКОПИЧЕННЯ, РОЗУЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТАН ПРОБЛЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1 Аналіз існуючих способів зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин	10
1.2 Аналіз існуючих засобів механізації для зниження ущільнення ґрунту	14
2 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОПИСАННЯ	20
2.1 Шляхи зниження ущільнення ґрунту	20
2.2 Аналіз результатів досліджень зниження ущільнення ґрунту	23
2.3 Розробка способів обробітки ґрунту для зменшення ущільнення	26
2.4 Функціональний опис процесу зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин	35
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ	43
3.1 Вплив сільськогосподарської техніки на ущільнення ґрунту	43
3.2 Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів засобів механізації, які забезпечують розущільнення ґрунту	48
3.3 Результати розущільнення ґрунту завдяки запропонованим засобам механізації	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
4.1 Аналіз стану охорони в с.г. підприємствах	59
4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	61

4.3 Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничому процесі	62
4.4 Забезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту	63
4.5 Забезпечення екологічної безпеки	64
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Вимоги пожежної безпеки	66
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ	68
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	75

## ВСТУП

Основним завданням сільськогосподарського виробництва є забезпечення країни високоякісними продуктами харчування та сировиною галузей переробної промисловості.

Виробництво рослинницької продукції передбачає сучасні багатоопераційні технології обробітку культурних рослин із застосуванням високопродуктивних енергонасичених тракторів, що мають велику експлуатаційну масу, високий питомий тиск рушіїв на ґрунт і відповідного набору широкозахватних багатоопорних сільськогосподарських машин, ущільнюючих ґрунт за вегетаційний період на площі до 60...80% до прибирання та до 98% після збирання врожаю.

Якість роботи при виконанні технологічних операцій на ущільнених ділянках по слідах сільськогосподарських тракторів і машин, як правило, не відповідає агротехнічним вимогам. Найбільш інтенсивно ущільнюється в слідах рушіїв фізично стиглий і більше вологий ґрунт на ранньо-весняних польових роботах. Ущільнююча дія, створювана при весняно-польових і літніх роботах, додатково збільшується збирально-транспортною технікою, зберігається весь вегетаційний період і посилюється посушливим кліматом.

Використані у виробництві способи і засоби механізації розущільнення ґрунту при осінніх обробках дозволяють розділити оброблюваний шар на окремі агрегати різного розміру, що мають високу щільність, що істотно перевищує її оптимальне значення. При нестачі осінньо-зимової вологи, ущільнений ґрунт не відновлює свої властивості за зиму із допомогою проморожування, після чого спостерігається кумулятивний характер зміни її щільності в орному і підорному горизонтах. Існуючі слідорозрихлюючі пристрої на весняно-польових роботах мають невисоку якість крошення і вирівнювання поверхні.

При цьому виникає необхідність створення умов для цілеспрямованого збору і утримання осінньо-зимової вологи, як в найбільш ущільнених шарах,



так і в усьому орному горизонті при різних видах осінньої обробки ґрунту з метою зниження ущільнення ґрунту проморожуванням, а також подальшою підтримкою заданого рівня щільності ґрунту в слідах рушіїв тракторів при виконанні технологічних операцій на весняно-польових роботах по різних агрофонах якісним розущільненням і вирівнюванням ущільненого ґрунту.

Тому тема роботи, присвячена зниженню ущільнення ґрунту за рахунок обґрунтування впливу механізованого обробітку ґрунту на його ущільнення при проведенні польових робіт, що забезпечує розущільнення ґрунту в зимовий період року.

# 1 СТАН ПРОБЛЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Аналіз існуючих способів зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин

Проблема збереження родючості ґрунту від ущільнення рушіями сільськогосподарських тракторів і машин є складною і багатогранною, для вирішення якої вітчизняні та іноземні вчені, стосовно до різних виробничих і природних умов, називають такі основні напрями [3;24;27;37], (рисунок 1.1):

- 1- вдосконалення ходових систем;
- 2- організаційно-технологічні заходи;
- 3- зменшення ущільнення ґрунту робочими органами;
- 4 - розущільнення ущільненого ґрунту.

При вдосконаленні ходових систем для зниження ущільнюючої дії на ґрунт основним рішенням є збільшення площі опорної поверхні рушіїв застосуванням широких шин або зборок з декількох шин, шин низького тиску, а також створення напівгусеничних і гусеничних стрічок з гумовими з'єднувальними елементами [7;20;22].

Застосування колісних рушіїв з регульованим тиском забезпечує більш гнучкий рівень впливу на ґрунт за рахунок регульованого тиску в шинах та зміни їх реологічних властивостей за допомогою системи автоматичного регулювання [7;8].

Багатоосні ходові системи енергетичних засобів зменшують питомий тиск на ґрунт, проте мають більш складну конструкцію, а також виникає завдання їх річного завантаження при експлуатації [4;5;13;19;21]. При цьому залишається недостатньо вивченим питання проходу подальшого рушія по сліду попереднього без істотного додаткового ущільнення.

Організаційно-технологічні заходи спрямовані на зменшення числа проходів по полю машинних агрегатів. При цьому комбіновані агрегати включають в свій склад кілька машин, що призводить до збільшення числа

опорних і опорно-привідних коліс і при реалізації даного способу інтенсивно збільшується питоме навантаження на рушії трактора .



Рисунок 1.1- Класифікація основних напрямків зниження ущільнення ґрунту

Зниження ущільнення ґрунту від робочих органів ґрунтообробних та посівних машин вирішується вдосконаленням їх конструктивно-технологічних параметрів і застосуванням сучасних матеріалів для виготовлення їх робочих поверхонь. Разом з тим, це вирішує питання зменшення ущільнення ґрунту тільки в контакті з робочою поверхнею.

Процес розущільнення ґрунту є в даний час невід'ємною складовою сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Під розущільненням ґрунту розуміється поділ великих брил або ущільнених шарів ґрунту на окремі структурно цінні ґрунтові агрегати, а також збільшення їх порового і капілярного об'єму.

Розущільнення орного і підорного горизонтів ґрунту проводиться при осінній основній обробці і основній обробці з глибоким розпушуванням. Даний спосіб дозволяє не тільки розпушувати ущільнений ґрунт до необхідної глибини, але і сприяє вологонакопиченню в зимовий період. Однак даний спосіб не завжди забезпечує повне розущільнення в окремих ґрунтових агрегатах, а процес чизелювання є енергоємним і проводиться не щорічно.

Пропоновані сучасні способи з відповідними засобами механізації для розущільнення ґрунту не використовують цілеспрямовано фізичні властивості ґрунту, спрямовані на її саморозущільнення з використанням природних явищ. У той час, досить велика кількість вітчизняних і іноземних вчених відзначають позитивний ефект саморозущільнення ґрунтів [29]. Під саморозущільненням ґрунту мається на увазі ряд природних явищ і процесів, що забезпечують розпушення ґрунтових агрегатів різного розміру, що супроводжуються **збільшенням кількості пор**. Основними з них є процеси "замерзання - відтавання" і "набухання - висихання". З точки зору ефективності розущільнення і ерозійної безпеки, процес "замерзання-відтавання" є "ідеальним". Відомо, що при замерзанні води обсяг її збільшується на 9 ... 11% в об'ємі [11;51;52]. На думку І.Б. Ревуть основну роль у даному процесі відіграє замерзання вільної вологи в капілярах, в яких кристали льоду збільшують розмір пор, що забезпечує поділ агрегатів на окремо, а також підкреслює про

необхідність забезпечення ґрунту достатньою кількістю вологи, так як сухий або перезволожений ґрунт ефективно не розуцільнюється [34].

Необхідно відзначити, що після ущільнення ґрунт, навіть володіючи високими технологічними властивостями, не завжди в змозі відновити свої вихідні властивості. Для цього необхідно застосовувати такі види обробки ґрунту, щоб вони сприяли процесу розуцільнення ґрунту. Глибокі і детальні дослідження Є.В. Скворцової та П.М.Сапожнікова показали, що промороження ґрунту забезпечує найбільший вплив на її структуру. Природне розуцільнення ґрунту підвищує пористість, особливо верхнього горизонту. Істотний вплив при цьому надає механічна обробка ґрунту, що сприяє зміні динаміки вологонакопичення в осінньо-зимовий період. Однак відтавання ґрунту навесні трохи знижує ефект розуцільнення проморожуванням [41;42;44;45].

Відповідно до існуючих систем землеробства і технологій обробітку застосовувати розуцільнення ґрунту проморожуванням найбільш раціонально при відвальній, безвідвальній і дрібноосінній обробці ґрунту. При цьому, враховуючи, що після обробки найбільш ущільнений верхній шар ґрунту знаходиться на певній глибині, цілеспрямований збір вологи в ньому необхідно здійснювати за допомогою формування певного профілю обробленої поверхні поля.

Розуцільнення і вирівнювання ущільненого ґрунту по слідах сільськогосподарських тракторів і машин існуючими слідорозрихлюючими пристроями різного конструктивного виконання ефективно. Проте при роботі на ґрунті з різними агрофонами і різним рівнем вологості на передпосівній підготовці ґрунту, посіві та догляді за парами стримуючим фактором є відсутність відповідних робочих органів, що виконують процес роботи з необхідною якістю крошення ущільненого ґрунту без забивання [4;6;14;16;22;23].

На основі аналізу основних напрямків зниження ущільнення ґрунту можна виділити наступні перспективні способи, що дозволяють за зимовий період розуцільнити ґрунт проморожуванням і протягом вегетаційного пері-

оду забезпечувати оптимальну щільність ґрунту по слідах рушіїв тракторів для сільськогосподарських культур:

- 1 - розуцільнення ґрунту при різних видах осінньої обробки ґрунту;
- 2 - механічне розуцільнення ґрунту в слідах рушіїв(слідорозрихлення).

Для забезпечення ефективності розуцільнення ґрунту проморожуванням, збір і утримання осінньо-зимової вологи необхідно здійснювати відповідно з існуючими технологіями вирощування сільськогосподарських культур при основній відвальній, безвідвальній і дрібній обробці ґрунту створенням певного профілю поверхні.

## **1.2 Аналіз існуючих засобів механізації для зниження ущільнення ґрунту**

1.2.1 Аналіз існуючих засобів механізації обробітку ґрунту, підвищуючих вологонакопичення ущільненого ґрунту для його розуцільнення проморожуванням

Засоби механізації обробітку ґрунту, підвищуючі осінньо-зимове вологонакопичення ущільненого ґрунту можна поділити: для глибокого розпушування, для основної відвальної обробки, для основної безвідвальної і для дрібної (рисунок 1.2).

Глибоке розпушування ґрунту чизелюванням вирішує завдання розуцільнення плужної підшви і частини підорного горизонту ґрунту, а також накопичення вологи в усьому ґрунтовому горизонті і, в першу чергу, в підорному. Чизельна обробка проводиться як по обробленому, так і по стерньовому фону на глибину до 0,50 ... 0,60 м.

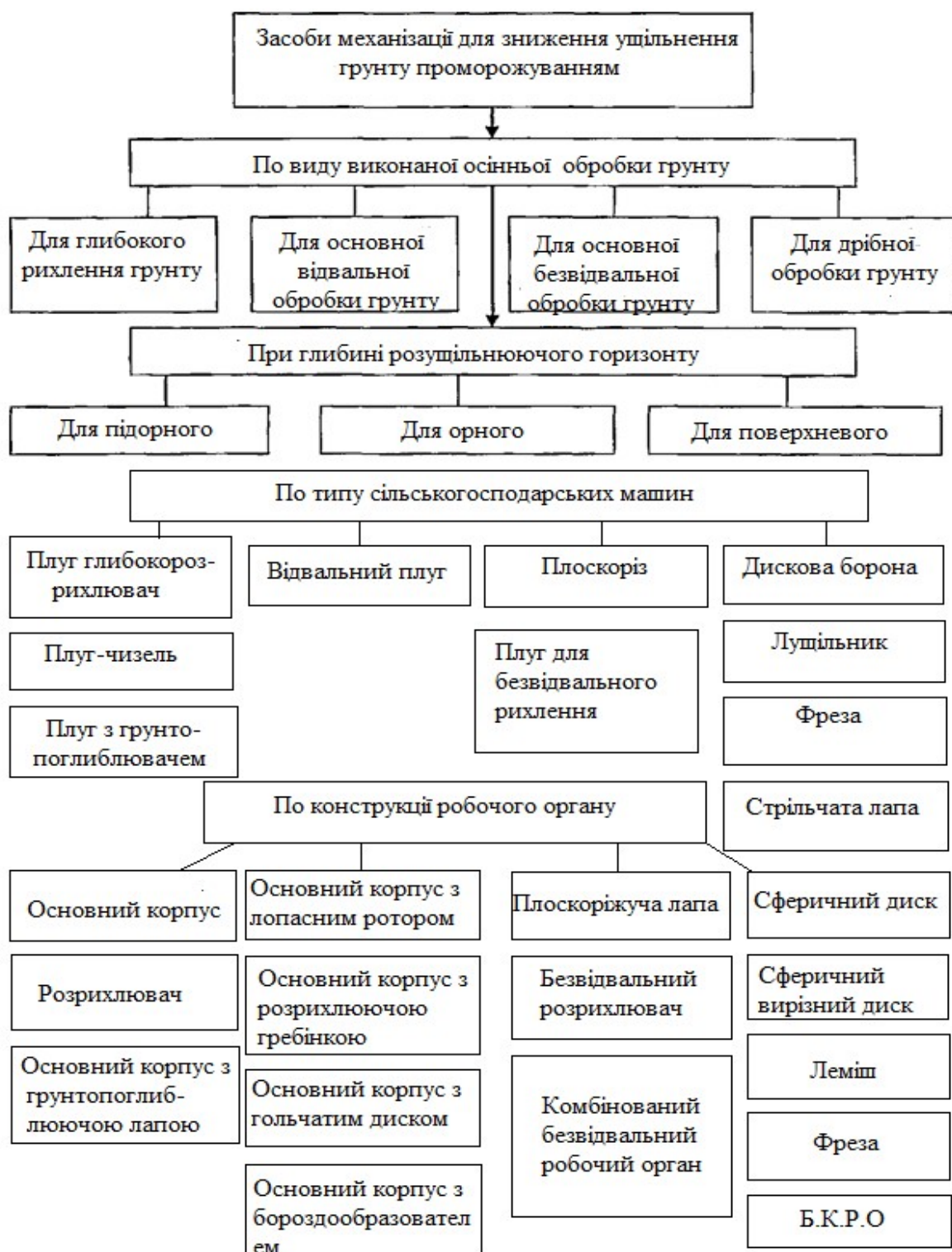


Рисунок 1.2 - Класифікація способів і засобів механізації для зниження ущільнення ґрунту проморожуванням

При чизелюванні по обробленому фоні разом з чизелем застосовуються додаткові робочі органи для оброблення верхнього шару орного гори-

зонту. Промороження ґрунту в зимовий період при цьому способі більш ефективна тільки для підорного горизонту, тому до нього поліпшуються умови транспортування вологи. Даний спосіб проводиться плугами глибокородрихлювачами або чизельними плугами періодично і є енергоємним. Різновидом глибокої обробки є щілювання по стерні і оранці. Процес щілювання забезпечує збір і транспортування осінньо-зимової вологи в ґрунтовий горизонт на глибину нарізки щілин. Для більш ефективного збору вологи над кожною щілиною нарізають лунки або виконують мульчування. Найбільш ефективний процес розущільнення ґрунту проморожуванням на тих ділянках, де проведено щілювання по стерньовому фоні. Це пояснюється ефектом підтягування вологи до промерзаючих не розпушених верхнім шарам ґрунту по сформованим за вегетаційний період капілярах з глибини ґрунтового горизонту не порушеного обробкою. У той час, необроблена поверхня поля не дозволяє повністю збирати осінні опади як через ущільнення поверхні, так і через стік на схилі ділянках. Процес щілювання проводиться щілювателем-кротователем.

*Основна відвальна обробка ґрунту.* При виконанні технології та агротехнічних вимог оранка після лушення забезпечує високу якість крошення ґрунту і вирівнювання поверхні.

Така поверхня ґрунту добре вбирає і зберігає осінню вологу. В першу чергу волога вбирається в поверхневі шари обернутого пласта ґрунту, а решта її частина інфільтрується в найбільш ущільнені шари, розташовані після оранки на дні борозни, де часто ґрунтові грудки не просочуються у всьому їхньому обсязі.

Якщо оранка проводиться без лушення, то на поверхні поля утворюються великі брили ущільненого ґрунту, ще меншою мірою вбираючи осінньо-зимову вологу, а частина, що залишилася транспортується ще глибше. У посушливий сезон дефіцит вологи в орному горизонті ще більш істотний. Для оранки в основному застосовуються плуги загального призначення навісні та напівнавісні.



Для ефективного вологонакопичення одночасно з оранкою проводиться поверхнєве розпушування та вирівнювання зубовими боронами або пальцовими граблінками, які за допомогою додаткових пристосувань навішуються на раму плуга. Ці агротехнічні заходи дають певний позитивний ефект. Однак вирішити завдання розуцільнення найбільш ущільненої частини ґрунтового горизонту ґрунту за допомогою цих заходів проморожуванням не вдається. Це пояснюється тим, що волога цілеспрямовано не підводиться до найбільш ущільненого горизонту ґрунту в необхідній кількості.

*Основна відвальна обробка ґрунту з переривчастим бороздовинекненням.* Виконання переривчастих борозен на поверхні зраного поля з метою захисту ґрунтів від водної ерозії дозволяє більш ефективно здійснювати збір осінньо-зимової вологи і утримання весняної. Застосування нарізки борозен з рівномірним розподілом їх по поверхні поля розподіляє осінньо-зимову вологу і забезпечує вбирання в орному горизонті в першу чергу в менш щільний ґрунт обернутого пласта. У ущільнену частину ґрунту, розташовану на дні борозни, транспортується і інфільтрується менша частина опадів, а часто, не встигнувши всмоктатися, переміщається глибше. Виконання переривчастих борозен здійснюється за допомогою пристосувань або батарей з сферичних дисків, ексцентрично закріплених на валу і розташованих під кутом атаки до напрямку руху.

*Основна безвідвальна плоскорізна обробка ґрунту.* Дана обробка є одним з основних елементів ґрунтозахисної і вогозберігаючої технології обробітку різних культур для посушливих регіонів. Важливою перевагою її є осінньо-зимове вологонакопичення і подальше її заощадження у всьому ґрунтовому горизонті завдяки наявності на поверхні поля стерні, що забезпечується при виконанні відповідних агрономічних заходів за якістю кришіння і збереженню на поверхні поля до 75% стерні. Основна безвідвальна обробка проводиться культиваторами-плоскорізами.

Найбільший ефект розуцільнення ґрунту проморожуванням при основній відвальній обробці ґрунту, безвідвальній, мінімальній і нульовій досягається виконанням наступних завдань:

- створити найбільшу площу вбирання осінньо-зимової вологи в орному горизонті і, в першу чергу, в найбільш ущільненому її шарі;
- забезпечити підведення і збереження осінньо-зимової вологи в розуцільнюючий шар ґрунту;
- підготувати необхідну площу подачі холоду до розуцільнюючого шару ґрунту;
- використовувати вологу з глибших шарів ґрунту.

Якісне та інтенсивне розпушування верхнього найбільш ущільненого шару ґрунту призводить до суттєвого зменшення його початкової вологості і також як після проходу борони перенасичується вологою і нерівномірно розподіляє її як по поверхні, так і по глибині, що, зменшує ефективність природного розуцільнення ґрунту в зимовий період.

### **Висновки, мета і завдання досліджень**

Порівняльний аналіз існуючих способів зниження ущільнення ґрунту показав, що найбільш перспективними є: розуцільнення ґрунту осінньо-зимовим проморожуванням при виконанні технологічних процесів по вирощуванню сільськогосподарських культур.

Ефективність розуцільнення ґрунту проморожуванням визначається якістю його механічного крошення і необхідним рівнем волого- накопичення восени, ступенем крошення і вирівняність поверхні слідів для забезпечення якості виконуваних наступних технологічних процесів. Це висуває відповідні вимоги до засобів механізації осінньої обробки ґрунту.

Засоби механізації для осінньої обробки ґрунту повинні забезпечувати необхідну якість крошення ущільненого ґрунту і створювати умови для по-

ліпшення вологонакопичення при різних видах обробки, як в найбільш ущільнені шари ґрунту, так і в усьому оброблюваному горизонті.

В результаті аналізу досліджень можна відзначити, що при сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням потужних енергонасичених тракторів і відповідного шлейфа сільськогосподарських машин, після осінніх обробок ґрунту не досягається необхідного рівня механічного розуцільнення ґрунту, а також про-морожуванням через не-ефективний збір та розподіл вологи в орному горизонті, а при подальшому проведенні весняно-польових робіт не досягає істотного зниження ущільнення існуючими засобами механізації, як верхнього орного горизонту, так і підорного, що в підсумку призводить до недобору врожаю.

Виходячи з вищевикладеного, **метою даної роботи** є обґрунтування техніко-технологічних процесів механізованого обробітку ґрунту для зниження його ущільнення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Розробити природо-охоронні технології у сфері діяльності підприємств по обробітку ґрунту на півдні України, що знижують ущільнення ґрунту від дії сільськогосподарських тракторів і машин.
2. Виконати теоретичне обґрунтування оптимізації технологічного процесу зниження ущільнення ґрунту пропонованими способами.
3. Виконати теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів засобів механізації, що забезпечують розуцільнення ґрунту.
4. Розробити природо-охоронні технології у сфері діяльності підприємств по обробітку ґрунту на півдні України
4. Здійснити ефективну оптимізацію матеріальних потоків.

## **2 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ОПИСАННЯ**

### **2.1 Шляхи зниження ущільнення ґрунту**

Широке застосування засобів механізації в розвитку сучасного землеробства призводить до інтенсивного ущільнення ґрунту, що істотно змінює її властивості, зменшує її продуктивну здатність, збільшуються витрати на виробництво продукції.

Основними сучасними напрямками зниження ущільнення і підвищення родючості ґрунту є його щадне використання та мінімізація ущільнення від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин, які прагнуть забезпечити оптимальні ґрунтоутворюючі процеси протягом усього вегетаційного періоду.

Для отримання високих врожаїв з мінімізацією ущільнення ґрунту, при динамічному оснащенні сільськогосподарського виробництва високопродуктивної, енергонасичені технікою, необхідно розробити і впровадити ряд відповідних заходів у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур з мінімальними витратами.

Для реалізації даного напрямку необхідно досліджувати процес ущільнення ґрунту рушіями сільськогосподарських тракторів і машин, властивості ущільненого ґрунту, розробити і впровадити, з урахуванням природних особливостей, обґрунтований перелік способів та засобів механізації.

Зниження ущільнення ґрунту в цих умовах може бути досягнуто комплексним підходом протягом усього циклу польових робіт, що забезпечує розущільнення ґрунту в осінньо-зимовий період з використанням природних явищ і подальшою мінімізацією інтенсивної ущільнюючої дії особливо проявляється на фізично стиглому і більше вологому ґрунті, від рушіїв сільсько-

господарських тракторів і машин при проведенні весняно-польових, а також осінньо-польових робіт.

Основна відвальна, безвідвальна і дрібна обробки в осінній період здійснюють механічне розпушування орного горизонту, що недостатньо для відновлення оптимуму щільності ґрунту. Це досягається в осінньо-зимовий період проморожуванням ущільненого ґрунту при його оптимальній вологості.

Ефективність даного процесу досягається при створенні умов накопичення в ущільнених шарах ґрунту достатньої кількості вологи. Висока ефективність застосовуваних технологій, що залежить від якості виконання технологічних процесів, багато в чому визначається станом поверхневого шару ґрунту після проходу рушіїв сільськогосподарської техніки і, в першу чергу, тракторів, неминуче ущільнюючих ґрунт і залишаючих сліди на поверхні поля, особливо на весняно-польових роботах при фізично стиглому і більше вологому ґрунті.

Створення оптимальних властивостей ґрунту і рівного профілю поверхні поля після проходу рушіїв тракторів дозволить знизити його ущільнення і забезпечити умови для якісного виконання наступних технологічних процесів по догляду за культурними рослинами і збирання врожаю, ефективно використовувати посівні матеріали, зменшити енерговитрати на наступні види робіт.

На основі проведеного аналізу, можна виділити наступні шляхи зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин (рисунок 2.1):

1. Розущільнення і оструктурення ущільненого ґрунту, на базі наявних прийомів його осінньої обробки, з використанням проморожування;

2. Забезпечення оптимальної щільності та вирівнювання поверхні ґрунту в слідах рушіїв сільськогосподарських тракторів слідорозрихленням по різних агрофонах.

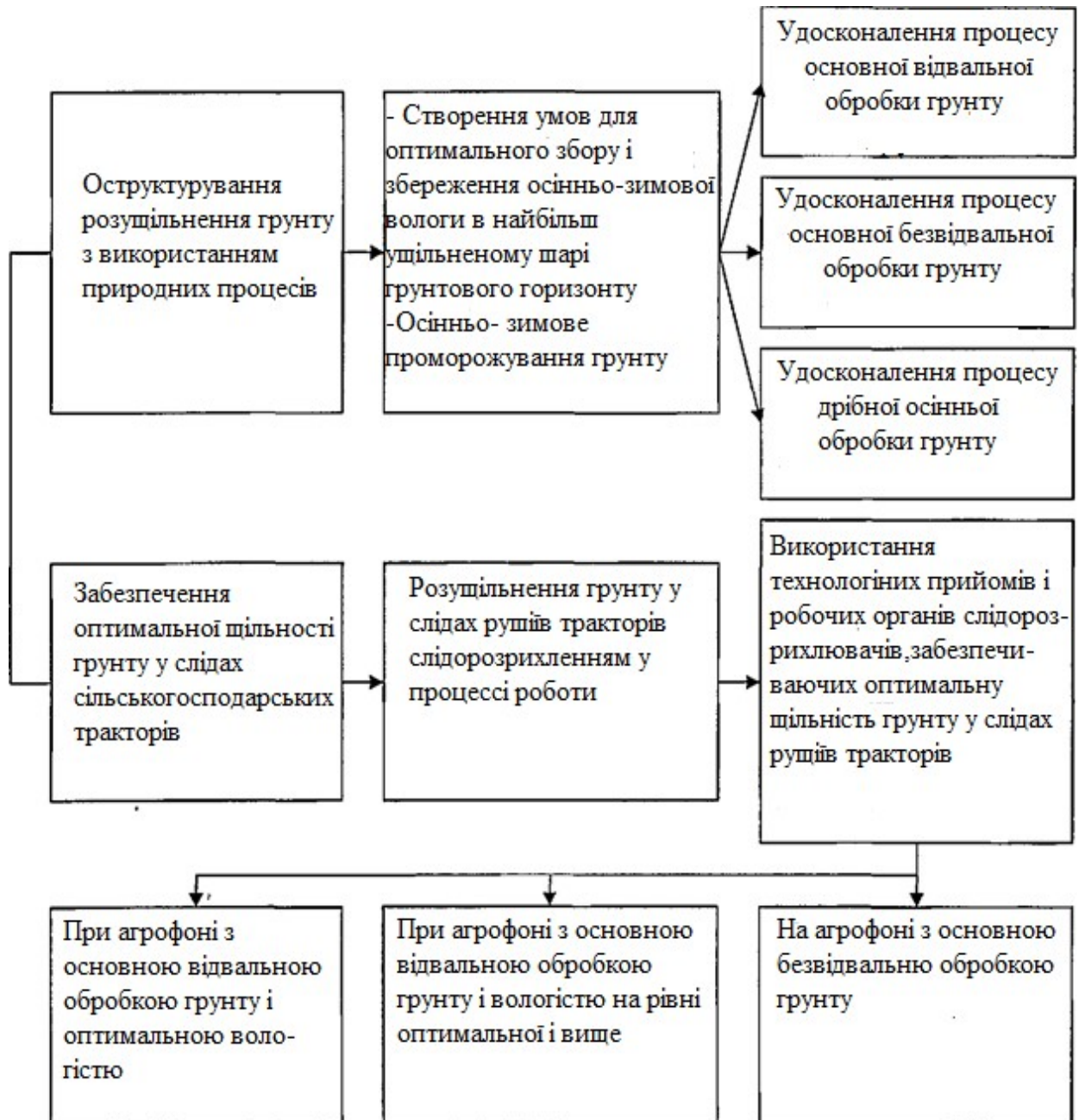


Рисунок 2.1- Шляхи зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин

Для досягнення передбачуваних результатів при реалізації шляхів зниження ущільнення ґрунту рушіями сільськогосподарських тракторів і машин в сучасних технологіях вирощування необхідна розробка і впровадження відповідних способів і засобів механізації з оптимізацією їх технологічних і конструктивно-технологічних параметрів на основі використання властивостей ґрунту та природних процесів.

## 2.2 Аналіз результатів досліджень зниження ущільнення ґрунту

Стан ґрунту в процесі і після ущільнення характеризується закономірностями його деформації рушіями сільськогосподарських тракторів і машин. Для оцінки характеру і величини ущільнення ґрунту, як штампами так і різними ходовими системами, було проведено ряд теоретичних досліджень. Над вивченням даного питання працювали багато вчених.

В.П. Горячкин в теорії коліс докладно дослідив процес взаємодії колеса з ґрунтом з урахуванням властивостей ґрунту та геометричних параметрів колеса [10].

М.Н. Летошнев обґрунтував взаємозв'язок питомого тиску  $q$  деформатора на ґрунт і величиною її деформації  $h$  [28]:

$$q = q_0 \cdot \sqrt{h}, \text{ Н/м}^2; \quad (2.1)$$

де  $q_0$  - коефіцієнт пропорційності.

При цьому величина  $q_0$  визначається на основі даних для деформатора з певними параметрами і для даного типу ґрунтів, що потребують додаткових досліджень в інших умовах. Не враховуються також особливості конструкції деформатора.

С.С. Корчун встановив залежність між стискаючими напруженнями  $p_{ст}$  і величиною деформації ґрунту  $h$ , використовуючи величину граничної несучої здатності ґрунту  $p_0$ , що залежить від її властивостей і параметрів деформатора :

$$p_{ст} = p_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{h}{k_0}}\right), \text{ Н/м}^2; \quad (2.2)$$

де  $k_0$  - константа деформування, м;

Пропонована залежність дозволяє визначити величину деформації ґрунту за теоретичними даними властивостей ущільненого ґрунту і за даними стискаючих напруг під рушієм.

Аналогічна залежність представлена М.Н. Троїцькою для визначення взаємозв'язку між стискаючими напруженнями  $p_{ст}$  і відносною деформацією ґрунту  $\lambda = \frac{h}{h_0}$  [48]:

$$p_{ст} = p_0 \cdot (e^{L \cdot \lambda} - 1), \text{ Н/м}^2; \quad (2.3)$$

де  $h_0$  - еквівалентна висота деформуючого шару ґрунту;  
 $L$  - безрозмірний коефіцієнт відносної жорсткості.

В.В. Кацигін вивів гіперболічну залежність опору ґрунту деформаціям  $\sigma$ , в якій використовуються параметри, що характеризують властивості певного ґрунту [16]:

$$\sigma = p_0 \cdot \operatorname{th} \frac{k}{p_0} \cdot h, \text{ Н/м}^2; \quad (2.4)$$

Застосування гіперболічної залежності дозволяє враховувати загальний характер зміни деформації по глибині, однак, як і в попередніх залежностях, не враховуються реологічні властивості ґрунту, що дозволяють визначити величину деформації ґрунту в період розвантаження.

Більш досконалу модель запропонував І.І. Водяник, де враховуються нормальні  $\sigma$  і дотичні  $\tau$  напруги в ґрунті від дії пневматичного колеса, а також властивості ґрунту, виражені модулем деформації  $E$ , що визначають характер зміни відносної деформації ґрунту  $e$  [7]:

$$e = \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{1}{1 - \zeta \cdot \tau}; \quad (2.5)$$

де  $\zeta$  - коефіцієнт, що враховує вплив  $\tau$ .

При цьому модель має дискретний характер, а так само, як і попередня, не враховуються реологічні властивості ґрунту.

Основою аналізу способів і засобів механізації зниження ущільнення ґрунту є результати теоретичних та експериментальних досліджень багатьох вчених. Найважливішими напрямками при цьому є дослідження не лише процесів деформування ґрунту рушіями, а й процесу розущільнення і виникнення ґрунтової структури за допомогою проморожування, а також виконанням механічного розущільнення ущільненого ґрунту в слідах рушіїв сільськогос-



подарських тракторів при взаємодії ґрунтообробних робочих органів з ґрунтом.

Н.А. Качинський в результаті проведених досліджень з'ясував, що на процес проморожування ґрунту безпосередній вплив надають рельєф поверхні поля, наявність осінньої обробки ґрунту, висота снігового покриву. Причому на вище розташованих і оброблених ділянках ґрунту проморожуванням краще, що безпосередньо впливає на характер проморожування і формування структури льоду і відповідно ґрунтової структури [17,18].

Н.А. Цитовіч зазначає, що при проморожуванні ґрунту його обсяг значно збільшується, на що істотно впливає міграція вологи до фронту промерзання [51;52].

А.Ф. Лебедев і С.С. Вялов довели, що в проморожуваних ґрунтах міграція ґрунтової вологи здійснюється в пароподібному і рідкому фізичних станах. Доведено, що пар безпосередньо переходить в лід, а при замерзанні води, за рахунок збільшення її обсягу виникає високий тиск переміщуючи частинки ґрунту і льоду [32].

В.П. Горячкин підкреслює, що процес обробки ґрунту багато в чому залежить від його властивостей, а зсув частинок ґрунту здійснюється під кутом  $90^\circ - \alpha$  при зминанні, під кутом  $90^\circ - \frac{\alpha}{2}$  при згині і під кутом  $\psi_0 = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \varphi_1}{2}$  при сколюванні [10].

Для процесу розпушування ґрунту В.П. Горячкин пропонує формулу визначення рушійної сили, що враховує властивості ґрунту і параметри клину [10]:

$$P = \frac{k_4 \cdot a \cdot b \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin(\alpha + 2\varphi)}{\cos \varphi \cdot \cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi_1}{2}\right)}, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де  $k_4$  - коефіцієнт опору чистого зсуву по О. Мору, Н / м<sub>2</sub>;

$a$  - висота оброблюваного шару ґрунту, м;

$b$  - ширина захвату клина, м;

$\alpha$  - кут крошення клина, град;

$\varphi$  - кут тертя ґрунту по робочій поверхні клину, град;

$\varphi_1$  - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

Дана залежність пояснює основний принцип обробки матеріалу при поділі його на окремі складові. При цьому не враховуються реологічні властивості матеріалу і форма профілю пласта при різних способах обробки.

### **2.3 Розробка способів обробки ґрунту для зменшення ущільнення**

Для досягнення поставленої мети щодо зниження ущільнення ґрунту рушіями сільськогосподарських тракторів і машин пропонуються способи, спрямовані на оптимізацію властивостей ґрунту і подальшу мінімізацію ущільнюючі дії на нього. Дані способи спрямовані на розущільнення ґрунту проморожуванням і підтриманням його оптимальних властивостей в слідах рушіїв тракторів слідорозрихленням при виконанні технологічних процесів і створення найбільш сприятливих умов для росту і розвитку культурних рослин і підвищення якості виконуваних наступних технологічних процесів (рисунк 2.2).

Принцип дії способів заснований на накопиченні осінньо-зимової вологи при різних видах основної осінньої обробки ґрунту як в найбільш ущільнених шарах ґрунту, так і в усьому оброблюваному горизонті і наступному його проморожуванні, а також на механічному слідорозрихленні після проходу коліс трактора з мінімальним рівнем дії робочого органу на ґрунт.

Для проморожування ущільненого ґрунту проводиться цілеспрямований збір і збереження оптимальної кількості осінньо-зимової вологи після осінніх основних відвальної, безвідвальної та мінімальної осінньої смугової обробок ґрунту з використанням відповідно бороздообразователів, безвідвальних робочих органів і знаряддя для дрібної смугової обробки ґрунту [49;50].

Механічне розпушування ущільненого ґрунту по слідах коліс тракторів проводиться при передпосівній підготовці, посіві та догляді за парами слідорозрихлення.

розрихлюючими пристроями по різних агрофонах і при різній вологості ґрунту.



Рисунок 2.2 - Класифікація способів зниження ущільнення ґрунту

Ефективна реалізація пропонованих способів з метою зниження ущільнення ґрунту від рушіїв тракторів передбачає наступне [33]:

1. Для розущільнення ґрунту проморожуванням - забезпечувати ефективний збір і утримання осінньо-зимової вологи в найбільш ущільненому шарі і в усьому оброблюваному горизонті ґрунту:

- виконанням борозни на поверхні обернутих пластів ґрунту при основній відвальній обробці, що підводять осінньо-зимову вологу до найбільш ущільненого шару ґрунту;

- виконанням якісного додаткового поверхневого безвідвального розпушування при основній безвідвальній обробці;

- виконанням якісної осінньої дрібної смугової обробки ґрунту.

2. При механічному розущільненні ґрунту:

- виконанням якісного механічного подрібнення і вирівнювання поверхні слідів рушіїв тракторів по різних агрофонах.

2.3.1 Розробка способу зниження ущільнення ґрунту проморожуванням

Доцільність застосування даного способу заснована на тому, що основна осіння обробка багато в чому визначає здатність ґрунту до самовідновлення за рахунок збільшення обсягу ґрунтової води в процесі її фазового переходу в твердий стан за допомогою зимового проморожування, при оптимальному осінньому волого накопиченні, поділом обробленого восени пласта ґрунту на окремі складові з утворенням цінних ґрунтових агрегатів.

Для ефективного збору і збереження вологи в найбільш ущільненому шарі ґрунту в реальних умовах, при різних видах осінньої обробки, розроблені наступні прийоми.

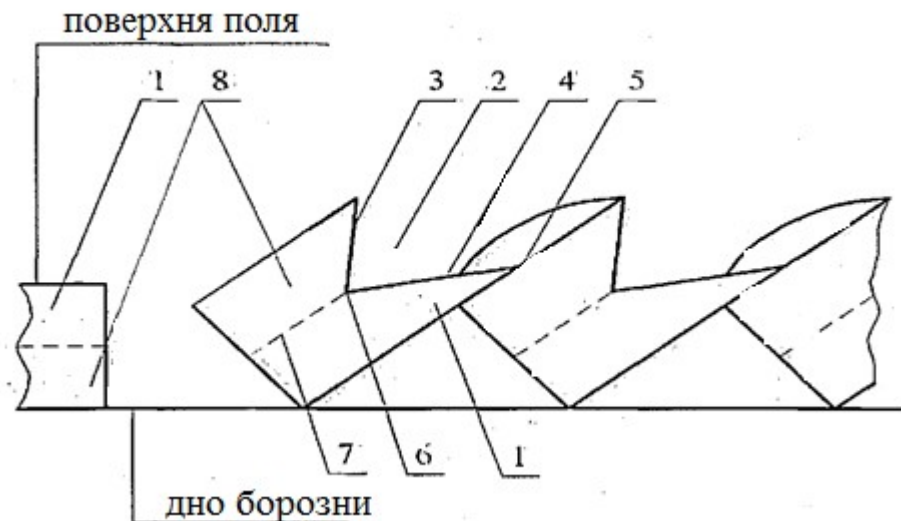
*а. Осіння основна відвальна обробка ґрунту з борознообразуванням*

Пропонований спосіб включає виконання в ґрунті борозни на пластах ґрунту при її осінній оранці.

Борозни виконують трикутного профілю, причому при оранці плугом з правообертаючими корпусами ліву стінку борозен утворюють вертикальною,

а праву стінку похилою проходячу через правий верхній кут обернутого пласта ґрунту (рисунок 2.3).

При оранці плугом з лівообертаючими корпусами профілі борозен утворюються аналогічно профілям борозен при оранці плугом з правообертаючими корпусами, але вертикальною утворюється права стінка борозен, а похилою ліва їх стінка.



1 - ущільнений шар ґрунту; 2 - борозна; 3 - ліва стінка борозни;  
4- права стінка борозни; 5 - верхній правий кут обернутого  
пласта ґрунту; 6 - вершина профілю борозни; 7 - умовно  
проведена межа між прийнятим для розущільнення ущільненим  
шаром пласта ґрунту і іншою його частиною 8.

Рисунок 2.3 - Схема основної відвальної обробки ґрунту з бороздоутворювачем

При оранці ґрунту кожен корпус плуга підрізає пласт ґрунту шириною 0,35-0,40 м і обертає його на  $135-165^\circ$  щодо рівня оброблюваного поля, скидаючи в борозну йде попереду корпусу. В результаті кожен пласт ґрунту своїм початково верхнім, а значить ущільненим шаром 1, лягає на підрізану поверхню суміжного правого пласта ґрунту. Слідом за обертанням правообертаючим корпусом плуга кожного пласта ґрунту спеціальним бороздообразователем виконують лівіше його стику зі суміжно правим пластом ґрунту бо-

розну 2 трикутного профілю. При цьому ліву стінку 3 борозни 2 утворюють вертикальною, а праву стінку 4 похилою, що проходить через верхній правий кут 5 тільки що обернутого пласта ґрунту. Причому вершину 6 профілю борозни 2 утворюють проходячу по середині умовно проведеного кордону 7 між прийнятим для розуцільнення ущільненим шаром 1 пласта ґрунту і іншою його частиною 8.

Дощова, а також тала вода, що накопичується в борозні 2 через похилу праву стінку 4 борозни вбирається в не видалені бороздообразованими частинами ущільненого шару 1 пласта ґрунту, складаючи три чверті повного обсягу цього шару. При настанні заморозків вище  $-5 \dots 10 \text{ } ^\circ \text{C}$ , вода, при фазовому переході в лід, збільшується в об'ємі на 9 - 11%, розділяючи ущільнений ґрунт на структурно цінні ґрунтові агрегати.

В результаті запропонований спосіб забезпечує ефективне розуцільнення поверхневого ущільненого шару ґрунту проморожуванням, поєднуючи цей процес з процесом основного обробітку ґрунту.

*б. Осіння основна безвідвальна обробка ґрунту з додатковим поверхневим безвідвальним розпушуванням*

Даний вид обробки вирішує завдання якісного розпушування найбільш ущільненого ґрунту на всій глибині основної безвідвальної обробки, чим досягається злитість поверхневого шару із збереженням стерні, збільшення площі вбирання ґрунтових агрегатів і відповідно збору осінньо-зимової вологи.

Найбільш ущільнений верхній шар ґрунту разом з кореневою системою розрізається на вертикальні стрічки висотою  $h_i = 1/3-1/2$  від глибини основного обробітку (рисунок 2.4).

При вертикальному розрізанні верхнього шару пласта ґрунту поділяються кореневі сплетення рослин між сусідніми утворившимися стрічками ґрунту. Крім того, глибше основи поверхневого розпушування, у вертикальних стрічках надрізають зверху верхню залишившись необроблену частину основного пласта ґрунту, з утворенням у ньому ліній сколювання. Тим самим

стрічки ґрунту, нарізані у вертикальній площині, сколюються в їх підставі в горизонтальній площині і відділяються від основного обсягу оброблюваного пласта ґрунту.

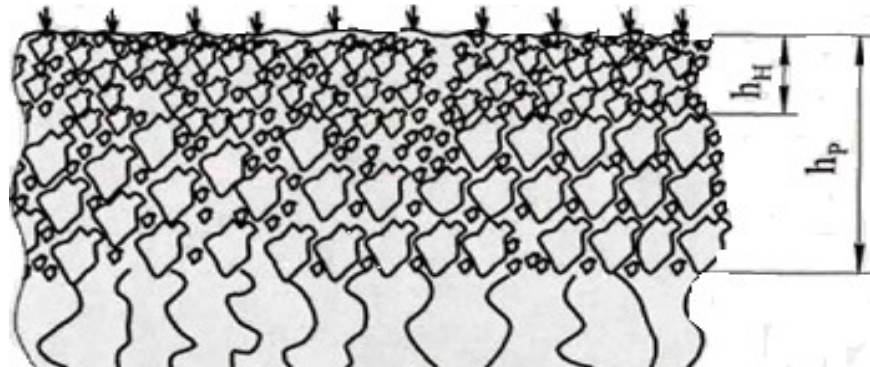


Рисунок 2.4 - Схема основної безвідвальної обробки ґрунту з додатковим поверхневим безвідвальним розпушуванням.

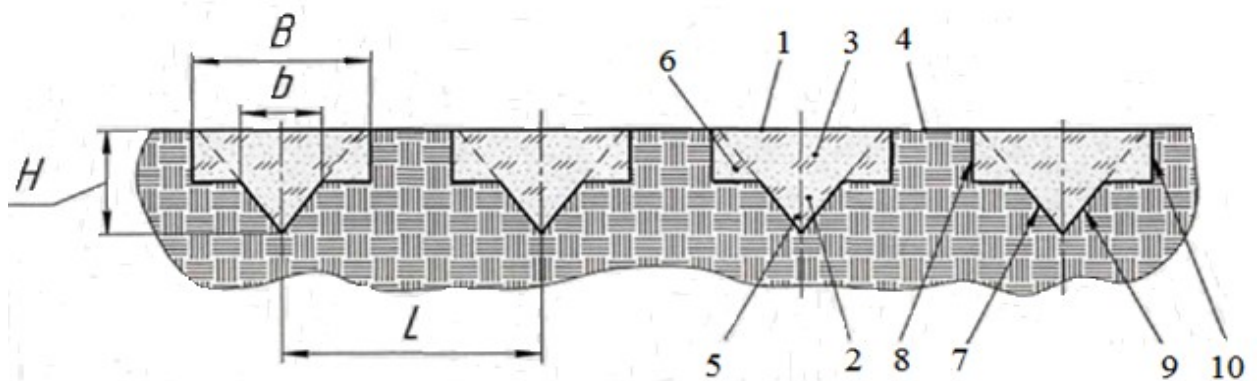
При обробці основного шару ґрунту глибиною  $h_0$ , він підіймається і, так як верхня частина пласта нарізана на стрічки, зв'язок між сусідніми стрічками порушений, а частина, що залишилася основного оброблюваного шару ґрунту надрізана зверху, то при піднятті пласта над робочим органом відбувається остаточне розламування його на смуги в поперечно-вертикальній площині.

Пласт ґрунту, у вигляді окремих стрічок, не пов'язаних між собою, транспортується через робочий орган, відчувають деформацію стиснення і подальшого розтягування і ефективніше розрихлюються, у порівнянні з широким пластом.

#### *в. Осіння дрібна стрічкова обробка ґрунту*

При дрібній осінній обробці ґрунту для повного і рівномірного збору осінньо-зимової вологи у верхньому, найбільш ущільненому шарі, з мінімальними енерговитратами, після збирання врожаю по стерньовому фону виконується розпушування ґрунту, при якому утворюються розпушені смуги 1 (глибиною  $H$ , нижні половини 2 яких утворюють V- подібного перетину, шириною  $b$ , а верхні половини 3 прямокутного перетину шириною  $B$ , рівної  $2,2b$

-  $2,6b$  (рисунок 2.5). Розпушені смуги 1 утворюють з інтервалом  $L$ , рівним  $1,5B - 2,0B$ , утворюються не розпушені ділянки 4 з залишеною стернею.



$H$  - глибина розпушеної смуги;  $B$  - ширина верхньої половини розпушеної смуги;  $b$  - ширина нижньої половини розпушеної смуги;  $L$  - інтервал виникнення смуг; 1 - розпушена смуга; 2 - нижня половина розпушеної смуги; 3 - верхня половина розпушеної смуги; 4 - не розпушена ділянка; 5 - центральна кишенька; 6 - бічна кишенька; 7, 9 - похилі стінки; 8, 10 - вертикальні стінки.

Рисунок 2.5 - Схема дрібної смугової обробки ґрунту

Розпушені смуги 1 інтенсивно вбирають і накопичують осінньо-зимову вологу в бічних кишеньках 6 і центральній кишеньці 5, яка акумулює надлишки вологи під час рясних опадів, не дозволяючи верхньому шару ґрунту перезволожетися. При цьому з бічних кишень 6 волога мігрує в не розпушені ділянки 4 і розподіляється по всьому верхньому шару ґрунту при раціональному міжполосовому інтервалі  $L$ , а накопичена центральною кишенькою 5 волога, мігруючи через похилі стінки 7, 9 під бокові кишеньки 6 і далі під не розпушені ділянки 4, підтримує вологість у їх приповерхневому шарі, зволожуючому за рахунок міграції з бічних кишень 6.

Кожен з розроблених способів забезпечує зміну стану ґрунту від ущільненого до максимально можливого оптимального стану або мінімізує величину ущільнення ґрунту рушіями сільськогосподарських тракторів і машин. Усі способи застосовуються і оцінюються по їх ефективності послідов-



но відповідно до прийнятих технологічних процесів. Для визначення сумарного ефекту від пропонованих способів потрібний єдиний критерій, що об'єктивно відображає змінені оптимізовані властивості ґрунту.

Розглянемо ідеалізований процес розуцільнення промороженням ущільненого шару ґрунту при різних способах осінньої обробки ґрунту.

Зробимо допущення про те, що ґрунт в цьому шарі має ізотропні властивості, а фронт холодного повітря по усьому його зовнішньому периметру має однакову температуру, а також, що баланс кількості тепла(енергії) для елементарного об'єму ущільненого шару ґрунту можна записати відповідно до першого закону термодинаміки :

$$dQ = dU + dL, \text{ Дж} \quad (2.7)$$

де  $dQ$  - кількість тепла, відведеного від елементарного об'єму ущільненого ґрунту холодним повітрям, Дж;

$dU$  - кількість тепла, спрямованого на зміну внутрішньої енергії елементарного об'єму ущільненого ґрунту, Дж;

$dL$  - кількість тепла(енергії), витраченої на виконання роботи по розділенню елементарного об'єму ущільненого ґрунту на окремі складові, Дж.

*а. При осінній основній відвальній обробці ґрунту*

Після основної відвальної обробки, найбільш ущільненою частиною пласта ґрунту є його верхня частина, яка після його обороту і формування борозни займає положення ABCD (рисунок 2.6).

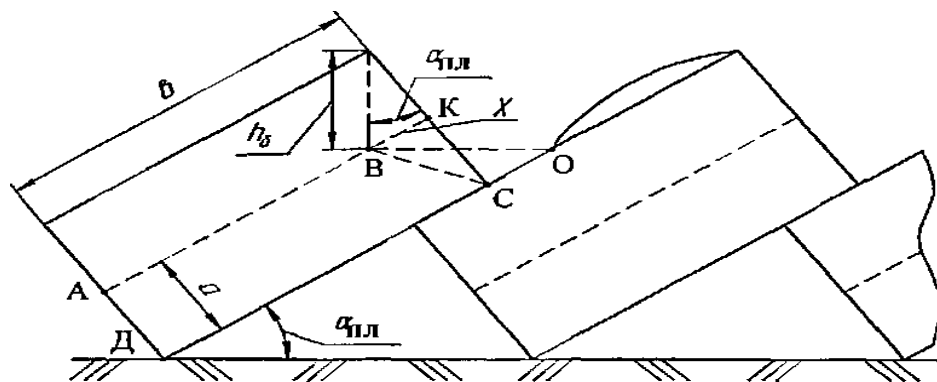


Рисунок 2.6 - Схема розташування ущільненого шару ґрунту після оранки і його параметри

Кількість тепла відведеного після відвальної обробки від пласта ґрунту одиничної довжини  $l_1$  холодним повітрям за час  $\Delta t = t_2 - t_1$  можна представити в наступному виді:

$$Q_O = \int_{t_1}^{t_2} dt \iint_{S_{СП}} k_{П} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{l_1} \int_0^{b-\chi} k_{П} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS + \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{l_1} \int_0^{h\delta} k_{П} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS, \text{Дж} \quad (2.8)$$

де  $a, b, ll, \chi, h\delta = BC \approx B$  - параметри ущільненого шару ґрунту одиничної довжини  $l_1$  (рисунок 2.6); м

$k_{П}$  -коэффициент теплопроводності ґрунту, Дж/ (м·с ·град);

$T$  - температура повітря, град;

$H$  - глибина ущільненого шару ґрунту, м;

$S_{СП}$  - площа теплообміну на поверхні ущільненого шару ґрунту, м<sup>2</sup>.

$\Delta t = t_2 - t_1$  - час теплообміну, с.

*б. При осінній основній безвідвальній обробці ґрунту з допоміжним поверхневим безвідвальним розпушуванням*

Кількість тепла відведеного після основної безвідвальної обробки від пласта ґрунту одиничної довжини  $l_1$ ,

$$Q_O = \int_{t_1}^{t_2} dt \iint_{S_{СП}} k_{П} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS = \Delta t \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} k_{П} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS, \text{Дж} \quad (2.9)$$

де  $l_2$  - одинична ширина поверхні ущільненого шару після безвідвальної обробки, м.

*в. При осінній дрібній смуговій обробці ґрунту*

Кількість тепла, відведеного з поверхні поля після дрібної полосової обробки ґрунту одиничної довжини  $l_1$  (рисунок 2.7) :

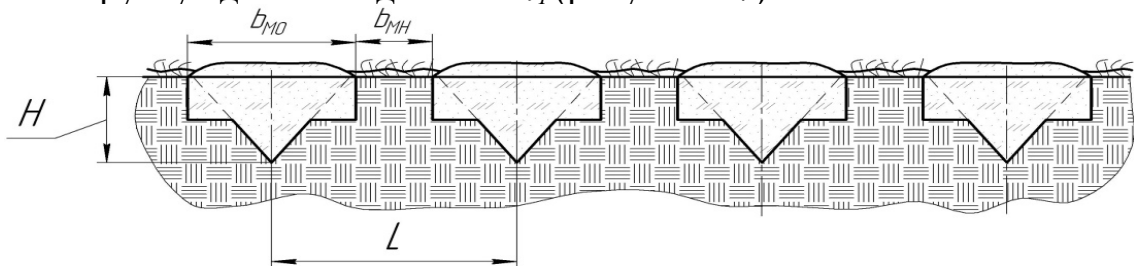


Рисунок 2.7 - Схема розташування ущільненого шару ґрунту після дрібної смугової обробки ґрунту

$$Q_M = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{l_1} \int_0^{b_{MO}} k_{II} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS + \int_{t_1}^{t_2} dt \int_0^{l_1} \int_0^{b_{MH}} k_{II} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS = \Delta t \left( \int_0^{l_1} \int_0^{b_{MO}} k_{II} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS + \int_0^{l_1} \int_0^{b_{MH}} k_{II} \cdot \frac{dT}{dh} \cdot dS \right)$$

(2.10)

де  $b_{MO}$ ,  $b_{MH}$  - одинична ширина поверхні поля після дрібної обробки по оброблених та необроблених інтервалах, м.

Величина  $dU$  спрямована на зміну температури мінеральної частини ґрунту і ґрунтової води на  $dT$ .

Щільність ґрунту після промороження в кожному із способів залежатиме від параметрів і характеру обробки ущільненого шару ґрунту, від початкової щільності ущільненого ґрунту, її вологості, величини негативної температури, тривалості промороження, а також від теплофізичних властивостей ґрунту, води і льоду.

#### 2.4 Функціональний опис процесу зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин

Одним з основних об'єктивно оціночних показників стану ґрунту, відповідно до агротехнічних вимог є його щільність. Використання цього показника при порівнянні результатів досліджень на різних типах ґрунтів дає досить великий розкид даних у зв'язку з тим, що кожен тип ґрунту має свою індивідуальну питому вагу твердої фази. Виходячи з цього, для досягнення точності при аналізі отримуваних результатів і об'єктивної оцінки при їх порівнянні, найприйнятніше застосовувати показник - коефіцієнт пористості [18;48].

$$E = \frac{1}{P} \quad (2.11)$$

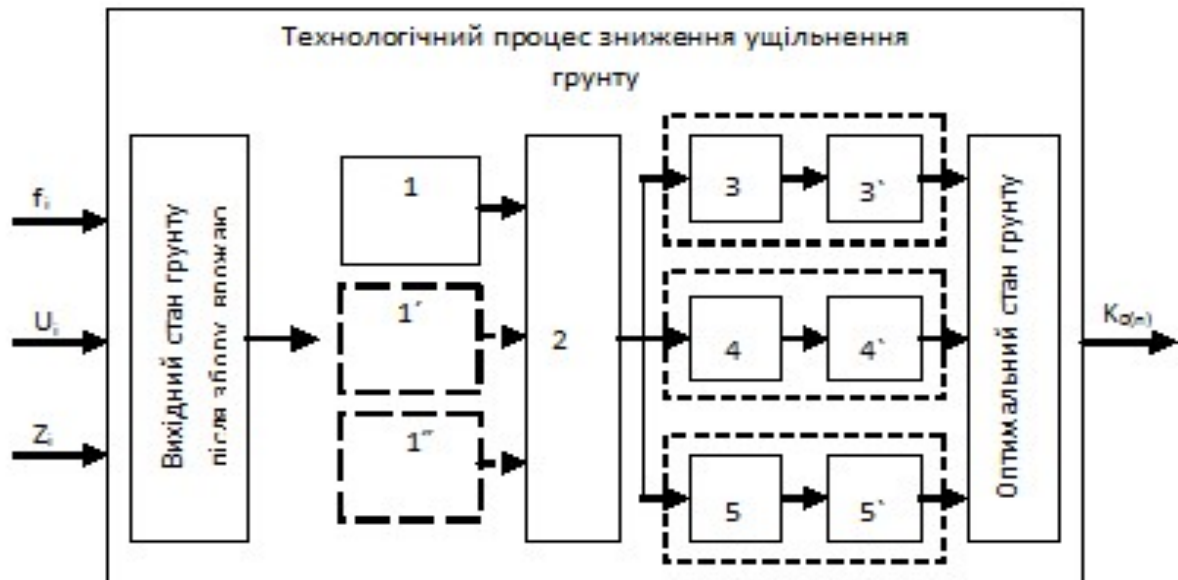
де  $P$  - пористість ґрунту у відносних одиницях.

$$E = \frac{d - d_v}{d_v} \quad (2.12)$$

де  $d$  - питома вага твердої фази ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

$d_v$  - щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Представлені способи є технологічними складовими в реалізації процесу зменшення ущільнення ґрунту, які здійснюються за допомогою ряду технічних пристроїв. Функціональні схеми способів, враховуючі реальні умови їх застосування, представлені на рисунку 2.7.



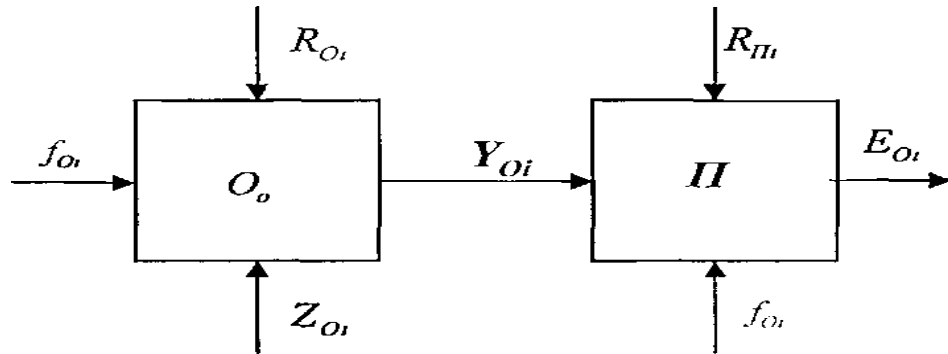
1 - основна відвальна обробка ґрунту з бороздоутворенням; 1' - основна безвідвальна обробка ґрунту комбінованим безвідвальним робочим органом; 1'' - осіння дрібна смугова обробка ґрунту; 2 - розущільнення промороженням; 3 - розрихлення по агрофону з основною безвідвальною обробкою; 4 - розрихлення по агрофону з основною відвальною обробкою і оптимальною вологістю ґрунту; 5 - розрихлення по агрофону з основною відвальною обробкою ґрунту, оптимальної вологості і вище.

Рисунок 2.7 - Структурна схема технологічного процесу зниження ущільнення ґрунту

Для досягнення високої якості при їх виконанні потрібно дотримання відповідних вимог, враховуючи особливості і призначення кожного.

Оціночними критеріями ефективності виконання способу (вихідними параметрами) при розущільненні ґрунту проморожуванням є (рисунку 2.8) : на першому циклі - глибина борозен на поверхні основної відвальної обробки ґрунту  $Y_{01}$ ; ширина борозни на поверхні основної відвальної обробки ґрунту

$Y_{o2}$ ; якість безвідвального розпушування поверхневого шару ґрунту при основній безвідвальній обробці  $Y_{o3}$ ; якість безвідвального розпушування поверхневого шару ґрунту при смуговій мінімальній обробці ; на другому циклі - коефіцієнт пористості ґрунту  $E_{oi}$ .



$f_{oi}$  - фактори зовнішнього впливу;  $Z_{oi}$  - внутрішні нерегульовані фактори;  
 $R_{oi}$  - внутрішні регульовані фактори;  $E_{oi}$  - коефіцієнт пористості ґрунту;  
 $Y_{oi}$  - глибина борозен на поверхні основної відвальної обробки ґрунту .  
 Рисунок 2.8 - Функціональна схема способу зниження ущільнення ґрунту

На величину вихідних параметрів пропонувані способів впливають чинники зовнішньої дії  $f_i$ , що характеризують початкові фізико-механічні, технологічні властивості ґрунту і стан довкілля; внутрішні нерегульовані чинники (чинники стану)  $Z_i$  застосованих пристроїв, що характеризують їх тип і параметри; внутрішні регульовані технологічні чинники (чинники управління)  $R_i$  - змінювані технологічні параметри застосованих пристроїв, що оптимізують виконуючий процес.

При розущільненні ґрунту проморожуванням факторами зовнішнього впливу  $f_{oi}$  є: глибина основної або мінімальної обробки -  $f_{H1}$ ; вирівняність, поверхні -  $f_{H2}$ ; якість кришення ґрунту -  $f_{K13}$ ; кількість стерньових залишків -  $f_{C14}$ ; вологість ґрунту -  $f_{W15}$ ; коефіцієнт тертя ґрунту о сталь -  $f_{T16}$ ; кількість осінньо-зимових опадів -  $f_{OC17}$ ; температура в осінньо-зимовий період -  $f_{i18}$ .

До внутрішніх нерегульованих факторам  $Z_i$ , застосовуваних пристроїв відносяться: кут між лезом бороздообразователя і напрямом руху -  $Z_{ЛН1}$ ; кут постановки леза бороздообразователя к дну борозни -  $Z_{Л62}$ ; відстань в попе-

речному напрямку від корпусу плуга до бороздообразователя -  $Z_{Л63}$ ; відстань в поперечному напрямленні від корпусу плуга до бороздообразователя -  $Z_{V66}$ ; відстань від плоскоріжучих лап до ножів-розпушувачів -  $Z_{ЛН5}$ ; кут входу ножів-розпушувачів в ґрунт -  $Z_{УН6}$ ; кут крошення горизонтальних лапок ножів-розпушувачів -  $Z_{УЛ7}$ ; глибина мінімальної смугової обробки лемешами -  $Z_{НЛ8}$ ; кут нахилу лемеша для мінімальної смугової обробки до горизонту в поперечному напрямку -  $Z_{ЛГ9}$ .

Внутрішні регульовані фактори  $R_{П}$ , застосовуваних пристроїв, що забезпечують оптимізацію процесу розуцільнення ґрунту проморожуванням: установка бороздообразователя по глибині -  $R_{П1}$ ; зміна ширини борозни -  $R_{П2}$ ; зміна глибини обробки ножем-щелерезом -  $R_{П3}$ ; відстань між ножами-щелерезами в поперечному напрямку -  $R_{П4}$ ; відстань між ножами-щелерезами в поздовжньому напрямку -  $R_{П5}$ ; кут нахилу лемеша для мінімальної смугової обробки до горизонту в поздовжньому напрямку -  $R_{П6}$ ; кут кришення бокового розпушувача пристроя для мінімальної смугової обробки -  $R_{П7}$ ; ширина захвату бокового розпушувача пристроя для мінімальної смугової обробки -  $R_{П8}$ ; відстань між рядами розпушувачів рихляще-прикочуючого катка пристроя для мінімальної смугової обробки -  $R_{П9}$ ; питомий тиск на ґрунт рихляще-прикочуючими катка пристроя для мінімальної смугової обробки -  $R_{П10}$ .

Метою кожного з перерахованих динамічних технологічних процесів є оптимізація вихідного параметра (функціоналу якості  $j_1$ ) - коефіцієнта пористості  $E$  ґрунту. У реальних умовах на кожен з досліджуваних процесів діє ряд факторів вхідного впливу, що мають не рівнозначний вплив, врахувати які досить важко, так як їх вплив носить випадковий, ймовірно-статистичний характер.

Тому доцільно динаміку зміни стану ґрунту при реалізації способів представити математичною моделлю, використовуючи для кожного по одному основному ведучому фактору вхідного впливу, що в результаті дозволить визначити закономірність їх впливу і провести аналіз і оптимізацію досліджуваних процесів.

Розглянемо стохастичний керований технологічний процес розуцілення ґрунту проморожуванням.

$$E = f(w, x, u, \xi) \quad (2.13)$$

де  $E$  - коефіцієнт пористості;

$w$  - вологість ґрунту при проморожуванні;

$x(w)$  - фазовий вектор стану об'єкту;

$u(w)$  - вектор керування змінами стану об'єкту;

$\xi$  - вектор випадкового впливу на процес розуцілення ґрунту проморожуванням.

Провідним чинником вхідного впливу приймається вологість ґрунту, на що відзначається в роботах А.Н. Зеленіна, Н.А. Цитовіч, П.В. Вершиніна [11,50,51].

Будемо розглядати орний горизонт по глибині, що складається з окремих елементарних шарів (нескінченно малі відрізки глибини); де зміна вологості від поверхні до розглянутої глибини обробки є безперервною функцією, в якій відповідні пошарові зміни вмісту води  $\Delta w_l \rightarrow 0$ .

Зміна вологості ґрунту  $w_l$ , по глибині  $h_l$ , можна представити у вигляді такої залежності:

$$w_l = f(h_l) \quad (2.14)$$

Процес проморожування повинен здійснюватися при необхідному рівні негативної температури. Моделі, що відображають процес зміни стану об'єкта від вхідних впливів (вологість, початковий стан ґрунту, температура ) розглядаються як моделі задач оптимального управління такого вигляду:

$$F(w, E, T...) \rightarrow \min \text{ чи } \rightarrow \max.$$

де  $w$  - вологість ґрунту .

Стан об'єкта при певній температурі проморожування характеризується: вектором випадкових збурень  $\xi$ , величину якого, на малому проміжку, зробивши припущення, приймаємо досить малою [30], а також керуючим параметром, тобто вектором управління  $u(w)$  і фазовим вектором  $x(w)$ , що характеризує поточний стан об'єкта.

Тому структурну схему процесу управління вологонакопичення  $u(w)$ , що забезпечує ефективність розуцільнення ґрунту проморожуванням при певній основній обробці ґрунту  $O_0$ , можна представити таким чином (рисунок 2.9):

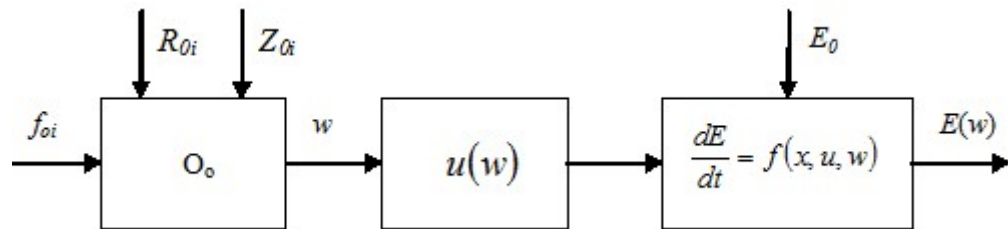


Рисунок 2.9 - Структурна схема процесу розуцільнення ґрунту проморожуванням з керуванням вологонакопиченням

Пропонована модель оптимізації розглянутого процесу проморожування дозволяє керувати динамікою коефіцієнта пористості ґрунту в залежності від його вологості, рівень якого визначається способами і засобами механізації обробки.

Ефективність способів оцінюється відповідним коефіцієнтом ефективності:

$$K_{icn} = 1 - \frac{E_{icn} - E_{opt}}{E_{вих} - E_{opt}}, \quad K_{проп} = 1 - \frac{E_{пред} - E_{opt}}{E_{вих} - E_{opt}}; \quad (2.15)$$

де  $E_{icn}$  - коефіцієнти пористості ґрунту після проморожування за базовим способом обробки ґрунту;

$E_{проп}$  - коефіцієнт пористості ґрунту після проморожування із застосуванням запропонованого способу з відповідними засобами механізації обробки ґрунту;

$E_{вих}$  - коефіцієнти пористості ґрунту до її обробки;

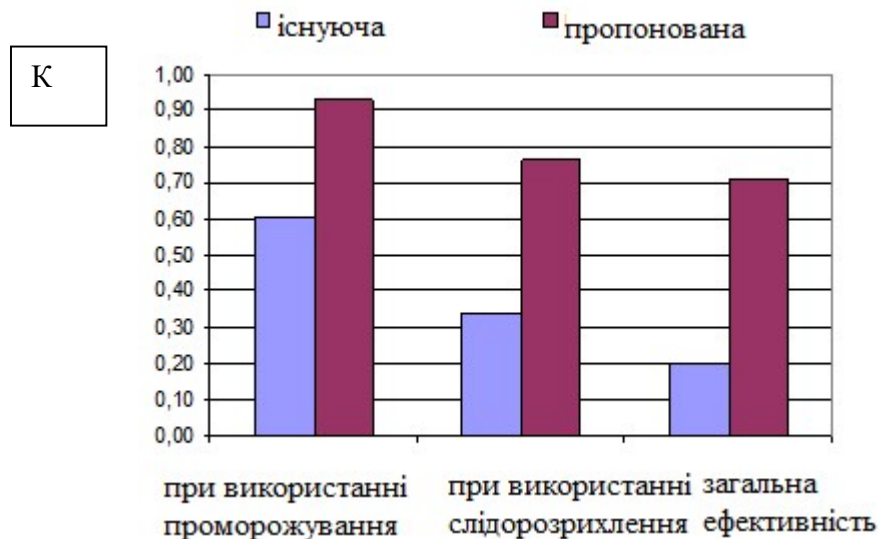
$E_{opt}$  - оптимальна величина коефіцієнта пористості ґрунту для сільськогосподарських культур.

Загальний коефіцієнт ефективності розроблених способів зниження уцільнення ґрунту можна представити у виді:

$$K_0 = K_{п} - K_{с} \quad (2.16)$$



По виразах (2.15) і (2.16), на підставі літературних даних і результатів розрахунків з використанням комп'ютерної програми "Microsoft Excel", на рисунку 2.10 представлена динаміка зміни коефіцієнтів ефективності розроблених способів зниження ущільнення ґрунту.



К – коефіцієнт ефективності

Рисунк 2.10 - Зміни коефіцієнтів ефективності розуцільнення ґрунту розроблених способів зниження ущільнення ґрунту

Представлені дані показують, що ефективність зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин пропонованими способами і засобами механізації істотно вище приміняних у виробництві. При цьому, загальний коефіцієнт ефективності  $K_0$  розроблених способів зниження ущільнення ґрунту склав 0,71, що дозволяє зробити висновок про необхідність вирішення сформульованої проблеми з відповідним теоретичним обґрунтуванням.

Для реалізації пропонованого технологічного процесу зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин по пропонованих способах, на підставі аналізу існуючих для цього засобів механізації, розроблені відповідні конструктивно-технологічні схеми засобів механізації : Бороздоутворювач відвального плуга, комбінований робочий орган

для безвідвальної обробки ґрунту, знаряддя для мінімальної смугової обробки ґрунту.

### **Висновки по розділу**

1. Зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин може бути досягнуте розробкою, вдосконаленням способів і засобів механізації розущільнення ґрунту з оптимізацією їх технологічних процесів, функціональних схем і конструктивно-технологічних параметрів.

2. Проаналізовані нові способи розущільнення ґрунту з використанням принципово нових засобів механізації : розущільнення проморожуванням, за рахунок формування певного профілю оброблюваної поверхні і збільшення волого накопичення в найбільш ущільнених шарах і в усьому оброблюваному горизонті.

3. В результаті аналізу процесу взаємодії засобів механізації з ущільненим ґрунтом, що створюють умови, що підвищують його вологибезпеченість при різних видах осінньої обробки ґрунту для послідуєчого, розущільнення промороженням, отримані математичні вирази за визначенням конструктивно-технологічних і енергетичних параметрів їх робочих органів залежно від фізико-механических властивостей ґрунту і характеру виконуваних технологічних процесів.

### **3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ**

#### **3.1 Вплив сільськогосподарської техніки на ущільнення ґрунту**

З експлуатацією тракторів масою понад 4–8 т, особливо в зрошуваних умовах, інтерес до змін властивостей ґрунтів зріс, оскільки такі трактори негативно впливали на ґрунт. Виявлено дві причини, які спричинюють негативний вплив техніки на властивості ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур: це неконтрольоване зростання маси машинно-тракторних агрегатів (МТА) і явна недосконалість організації ведення механізованих польових робіт. Крім того, при розробленні використовуваних нині у виробництві конструкцій МТА можливих негативних наслідків ущільнення ґрунту не брали до уваги [19;28;38].

Практично всі типи сільськогосподарських тракторів ущільнюють ґрунт на значну глибину. Проходи коліс важких МТА по розпушеному і зволоженому ґрунту особливо несприятливі. Ущільненню сприяє буксування і вібрація рушіїв, високий тиск у шинах, вузькі відстані між опорами ходових систем (що, зокрема, істотно збільшує загальну площу ущільнення поля).

Несприятливі фактори ущільнення негативно впливають на воднофізичні властивості ґрунту: зростає щільність і твердість (за різними даними до глибини 30 – 120 см), знижується швидкість надходження в ґрунт атмосферної вологи, зменшується її доступність і різко погіршуються умови для розвитку корневих систем рослин. Дослідженнями встановлено, що збільшення або зменшення об'ємної маси ґрунту від оптимальної на 0,1–0,3 г/см<sup>3</sup> призводить до зниження врожаю на 20–40% [29].

Багаторазові циклічні переміщення МТА по полю призводять до того, що площа, яка покривається ходовими системами тракторів, перевищує площу поля. Проте кількість проходів по одному й тому самому місцю поля не-

однакова. Дія ходових систем тракторів на ґрунт залежить від типу рушія (гусеничний, колісний) і маси трактора. При роботі тракторів МТЗ-80, ДТ-75М, Т-70С ущільнювальна дія поширюється на глибину до 45 см, Т-150К і К-700 на 50–70 см. Іноді ущільнення від дії ходових систем тракторів Т-150К і К-700 поширюється на глибину 1–1,2 м. При цьому істотно збільшується об'ємна маса орного і підорного шарів, досягаючи 1,35–1,45 г/см<sup>3</sup>, зменшується загальна пористість на 23–25%. У багатьох ґрунтово-кліматичних зонах щільність будови ґрунту не самовідновлюється і в наступні роки [29;41;42].

Ущільнення ґрунту пов'язане насамперед із зміною порового простору, причому цей процес починається з деформації крупних некапілярних пор. Найбільш цінними для фізичних властивостей ґрунту є пори розмірами 100–300 мк і більше, по яких транспортується і перерозподіляється велика кількість води, швидко і глибоко проникає в ґрунт повітря. Волога, що міститься в порах розміром менше 10 мк, малодоступна рослинам. Ущільнення ґрунтів призводить до зменшення пор розміром понад 10 мк. Так, при ущільненості ґрунту від 1,25 до 1,62 г/см<sup>3</sup> загальна пористість зменшується від 52 до 39%. За об'ємної маси 1,32 г/см<sup>3</sup> пори розміром понад 300 мк становлять 2–3% від об'єму ґрунту. При ущільненні до 1,50 г/см<sup>3</sup> кількість пор понад 10 мк зменшується до 6%, але в 1,5 разу збільшується об'єм пор розміром менше 3 мк [41]. Це призводить до того, що при однаковій ваговій вологості внаслідок ущільнення ґрунту зменшується кількість доступної рослинам вологи і збільшується вміст недоступної води в мікропорах. Навіть після поливу запас доступної вологи в активному шарі ґрунту на ущільнених ділянках на 250–300 м<sup>3</sup>/га нижчий, ніж на не ущільнених. Крім того, водопроникність ущільненого ходовими системами тракторів ґрунту зменшується в 2–4 рази і більше.

Ущільнення ґрунту ходовими системами спричинює брилоутворення. На ущільнених ділянках під час оранки утворюються брили діаметром 60–70 см і масою 35–40 кг. Істотно погіршується кришіння при підготовці такого

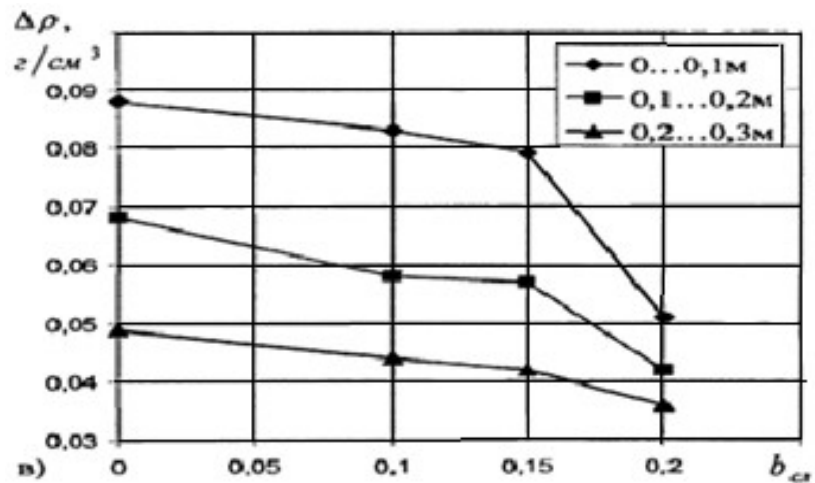
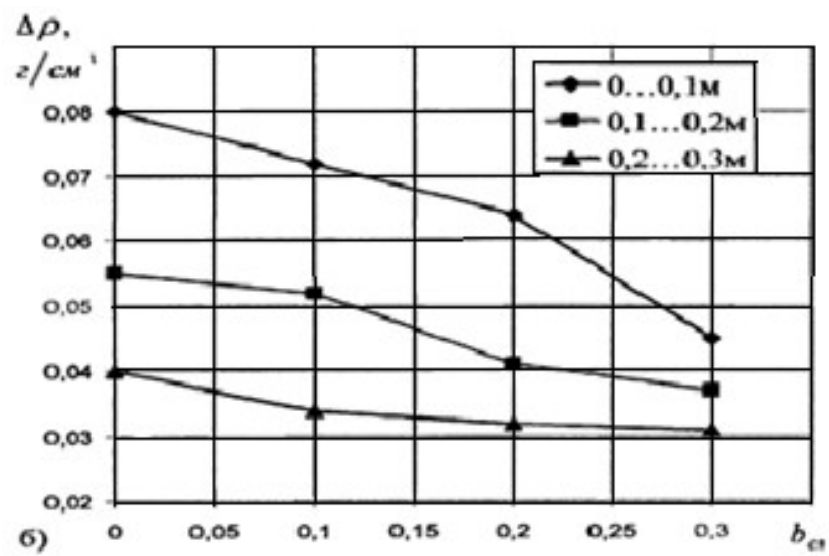
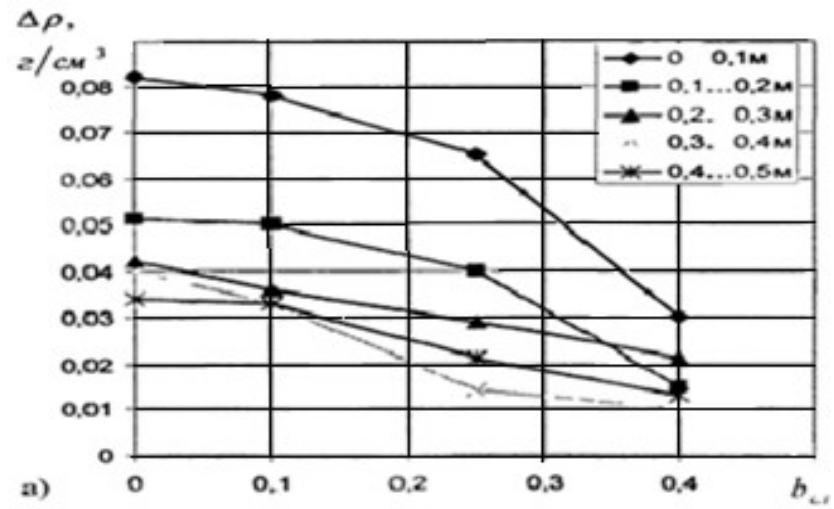
зораного ґрунту під посів культур. Якщо на не ущільнених ділянках грудок розмірами понад 10 мм налічує 12–15%, то на ущільнених колесами трактора К-700 їх у верхньому шарі 38–45%.

Оранка і наступний механічний обробіток попередньо ущільненого ґрунту хоч і знижують його об'ємну масу до  $0,9\text{--}1\text{ г/см}^3$ , але супроводжуються утворенням брил. Одночасно з цим зростають затрати енергії на обробіток. Так, на слідах гусеничних тракторів опір оранці зростає на 16–25%, важких колісних тракторів і автомобілів — на 46–65, транспортних агрегатів — на 72–90%. Щоб одержати приблизно однакові показники кришіння ґрунту в колії, утвореній колесом Т-150К, і за її межами, необхідно докласти певних зусиль, щоб зруйнувати неоднаковість їхньої ущільненості, яка відрізняється в 10 разів.

При взаємодії рушіїв тракторів і сільськогосподарських машин з ґрунтом характер і результат ущільнюючої дії залежить не тільки від виду рушія, але і від типу, вихідного стану ґрунту, виду і особливостей виконуваного технологічного процесу при якому передбачається здійснювати заходи щодо зниження ущільнення ґрунту. Тому були проведені дослідження основних фізико-механічних і технологічних властивостей ґрунту, застосовуваних при обґрунтуванні параметрів представлених способів і засобів механізації для зниження ущільнення ґрунту [34,41].

3.1.1 Щільність і твердість ґрунту в ґрунтовому горизонті після проходу рушіїв тракторів

Щільність і твердість ґрунту після проходу рушіїв тракторів і сільськогосподарських машин є характеристиками, необхідними для проведення заходів щодо зниження ущільнення ґрунту. Зміна щільності ґрунту була визначена в різних шарах ґрунтового горизонту по ширині сліду після проходу рушіїв тракторів К-701, Т150К і МТЗ-80 на поле, підготовленому під посів (рисунок 3.1).



а) трактора К-701; б) трактора Т-150К; в) трактора МТЗ-80

Рисунок 3.1 - Зміна величини ущільнення ґрунту в слідах рушіїв:

За профілем сліду максимальна величина ущільнення ґрунту щодо оптимального рівня у всіх колісних рушіїв спостерігається по центру колеса. При цьому найбільш інтенсивно ущільнюється верхній шар 0...0,10 м, і становить у тракторів К-701 Т-150К і МТЗ-80 відповідно: 0,082; 0,08 і 0,088 г/см. Динаміка ущільнення ґрунту зменшується до краю сліду, що можна пояснити як нерівномірним розподіл питомих тисків по ширині протекторів, так і переміщення частини обсягу ґрунту з-під рушія в поперечному напрямку. Ущільнююча дія рушіїв на ґрунт спостерігається і за межами їх площі контакту. Аналогічна тенденція спостерігається і в інших верствах ґрунтового горизонту, проте інтенсивність ущільнення зменшується з глибиною.

3.1.2 Зміна твердості і щільності ґрунту в орному горизонті після проходу рушіїв

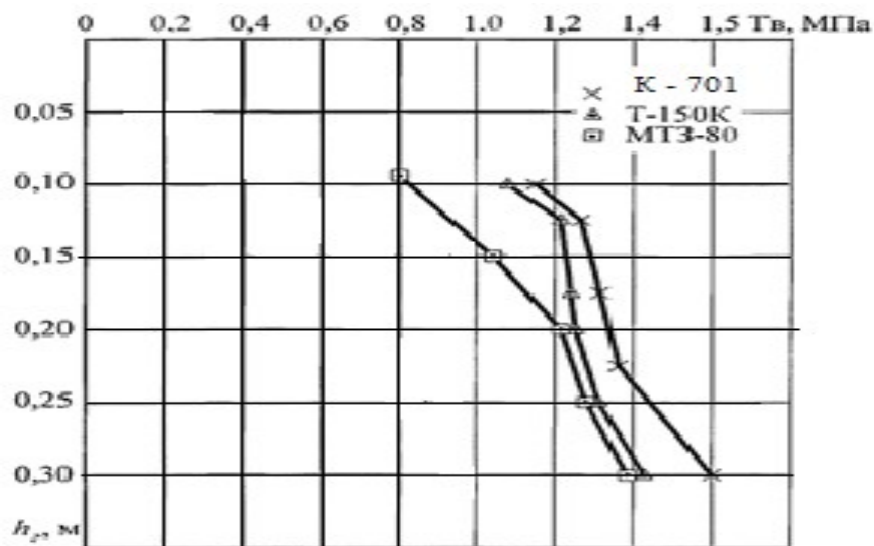


Рисунок 3.2 - Зміна твердості ґрунту в орному горизонті після проходу рушіїв: трактора К-701; трактора Т-150К; трактора МТЗ-80

При цьому можна припустити, що на даний процес впливає наявність плужної підшви, так як, прилеглий до неї шар має динаміку ущільнення близьку до попереднього шару ґрунту. За наведеними даними можна відзначити, що глибина ущільнення ґрунту у даних тракторів досягає 0,40 .. 0,50 м. Характер зміни твердості ґрунту показує, що ущільнюється весь орний горизонт, а найбільш інтенсивно верхні шари ґрунту тракторами К-701 і Т-150К.

На глибині 0,10 м під рушіями тракторів К-701, Т-150К і МТЗ-80 твердість ґрунту збільшилася відповідно на 0,63; 0,58 і 0,35 МПа.

Процес промороження ґрунту в природних умовах робить істотний вплив на зниження щільності ущільненого ґрунту (рисунок 3.3). При цьому ущільнений ґрунт після збирання врожаю без осінньої обробки відновлюється за зимовий період у верхньому найбільш ущільненому шарі 0,10 м з 1,25г / см до рівня 1,19г / см.

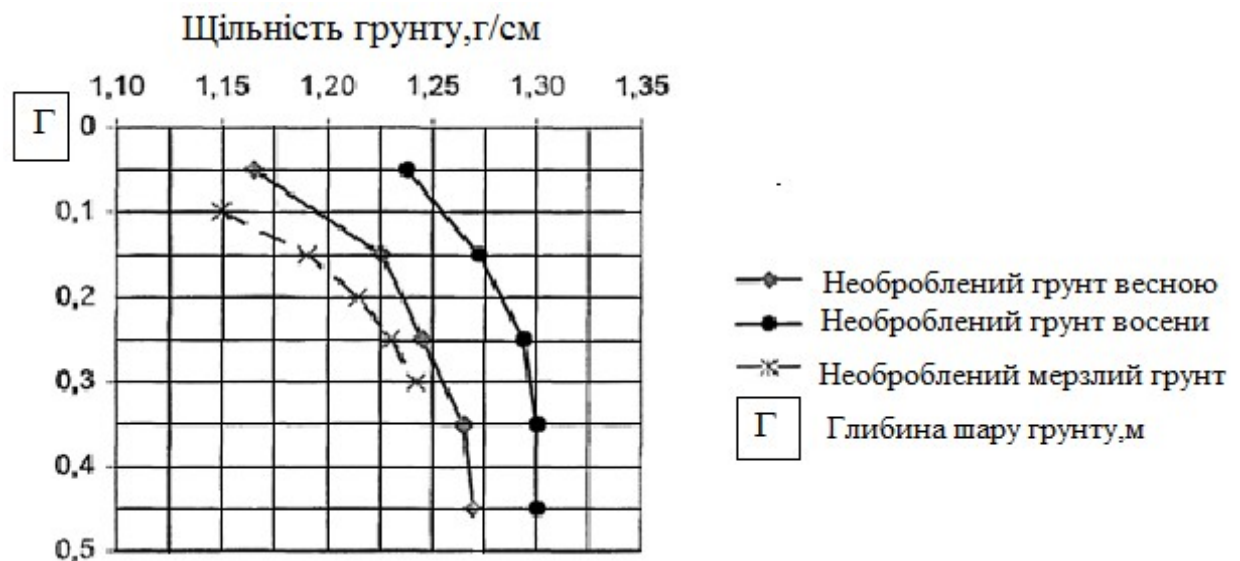


Рисунок 3.3 - Зміна щільності ґрунту по глибині в осінньо-зимово-весняний період

### 3.2 Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів засобів механізації, які забезпечують розущільнення ґрунту

У результаті проведеного аналізу способів зниження ущільнення ґрунту були обрані відповідні засоби механізації, забезпечуючі розущільнення ґрунту.

#### 3.2.1 Борозноутворювач відвального плуга

Борозноутворювач встановлюють на плуг, наприклад, з правообертаючими корпусами 1 (рисунок 3.4).



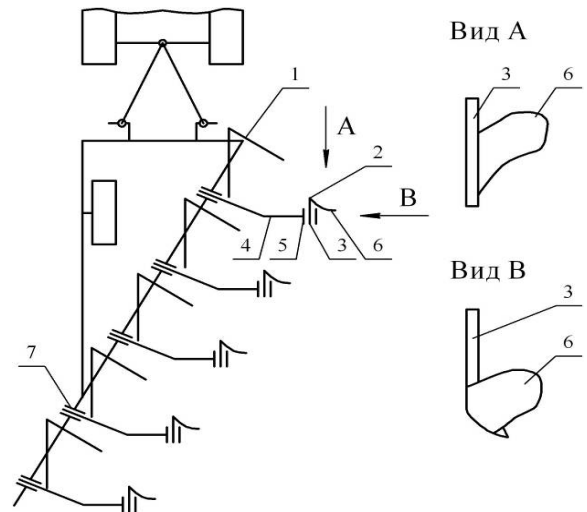


Рисунок 3.4 - Схема борозноутворювача і його установки на плуг

За кожним з корпусів плуга розташовані борозноутворювачі 3, стойки 3 яких встановлені на грядилях 4 за допомогою утримувачів 5 стійок 3, що примусово забезпечують розрахункову глибину борозен. На стійках 3, праворуч останніх, встановлені почвооборачиваючі відвали 6. Грядиля 4 закріплені на рамі плуга утримувачами 7 грядилей. Форма бороздообразователів 3 відповідає формі нарізуваних ними борозен трикутного профілю з наклонною правою стінкою і розрахунковим кутом при вершині профілю. Утримувачі 7 грядилей 4 забезпечують нарізування борозен лівіше за стики обернутих пластів ґрунту. А утримувачі 5 стійок 3 забезпечують глибину борозен, при якій вершина профілю борозни утворюється на середині умовної межі між прийнятим для розуцільнення ущільненим шаром ґрунту і іншою частиною пласта.

Бороздоутворювач для відвального плуга дозволяє сформувати на поверхні обернутих пластів ґрунту борозни і за рахунок більшої площі вбирання, збільшити збір осінньої вологи в найбільш ущільнений шар і увесь орний горизонт.

### 3.2.2 Комбінований робочий орган для безвідвальної обробки ґрунту

Пропонований робочий орган для безвідвальної обробки ґрунту включає плоскоріжучу лапу 2, закріплену на рамі плоскорізу засобом стійки 2, а попереду і вище за плоскоріжучою лапою по усій ширині останньої встановлені ножі-щілерізи 3, виконані у вигляді продольно-вертикальних пластин, розміщені з інтервалом один відносно одного, закріплені на рамі (рисунок 3.5).

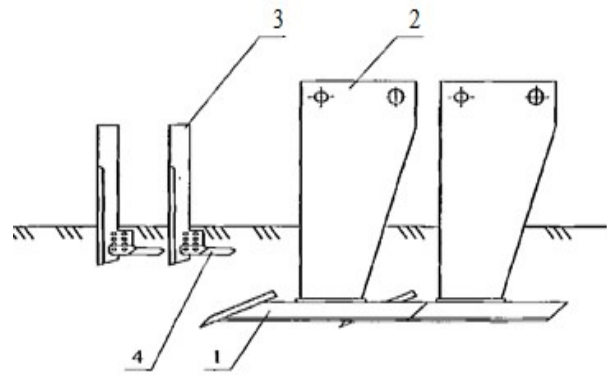


Рисунок 3.5 - Схема плоскоріза–глибокорозпушувача з комбінованим робочим органом для безвідвальної обробки ґрунту

При цьому на нижній частині вертикальних ножів-щілерізів 3 закріплені підрізаючі лапки-розпушувачі 4, виконані у вигляді горизонтальних стріловидних пластин, розташованих вище за плоскоріжучу лапу 1 на  $1/3-1/2$  глибини робочого ходу останньої. Вертикальні ножі-щілерізи 3 розміщені по лінії, що утворює кут, конгруентний куту, утвореному різальною кромкою плоскоріжучої лапи.

Робочий орган працює таким чином. При русі робочого органа ножі-щілерізи 3 розрізають верхній шар ґрунту разом з кореневою системою у вигляді стрічок на  $1/3-1/2$  глибини ходу основної плоскоріжучої лапи 1.

При вертикальному розрізанні верхнього шару пласта ножі-щілерізи 4 розрізають кореневі сплетіння рослин між сусідніми утворившимися стрічками ґрунту. Окрім тієї основи ножі-щілерізи 3 надрізають згори великі брили основного оброблюваного пласта ґрунту. Підрізаючі лапки-розпушувачі 4 підрізають і частково сколюють в горизонтальній площині нарізані ножами

стрічки пласта, утворюючи в під стерньовому шарі лінії сколювання. Тим самим стрічки ґрунти, нарізані у вертикальній площині, сколюються в їх основі і в горизонтальній площині і відділяються від оброблюваного пласта ґрунту. Утворюються вузькі стрічки оброблюваного шару заввишки рівною  $1/3-1/2$  глибини ходу плоскоріжучої лапи 1 і шириною рівною відстані між ножами-щілерізами 3 виступаючі під підрізуючими лапками-розпушувачами 4 закінчення ножів-щілерізів 3 надрізають ґрунт під пластом, що підрізаний цими лапками. Услід за ножами-щілерізами 3 і підрізуючими лапками-розпушувачами 4 плоскоріжуча лапа 1 підрізує увесь оброблюваний пласт ґрунту знизу і підіймає його. Оскільки верхня частина пласта нарізана на стрічки, зв'язок між сусідніми стрічками порушений, а великі брили основного оброблюваного шару ґрунту надрізані нижніми закінченнями ножів-щілерізів 3, то при піднятті пласта над плоскоріжучою лапою 1 відбувається остаточне розламування його на смуги в поперечно-вертикальній площині. Пласт ґрунту, у вигляді окремих стрічок не пов'язаних між собою, транспортується через плоскоріжучу лапу 1. Стрічки ґрунтового пласта витримують деформацію стискування і подальшого розтягнення при транспортуванні через лапу 1 і легко розламуються, порівняно з широким пластом. При цьому покращується ефективність обробки усього шару ґрунту, зі збереженням на поверхні стерні.

У складі комбінованого робочого органу ножі-щілерізи 3 розміщені по лінії, що утворює кут, конгруентний куту, утвореному різальною кромкою плоскоріжучої лапи. Це розміщення забезпечує узгодженість взаємодії плоскоріжучої лапи 1 і ножей - щілерізів 3 з підрізуючими лапами 4. Тобто процес обробки ґрунту погоджений в усіх повздовжньо-вертикальних площинах оброблюваного пласта, де розміщені ножі-щілерізи 3.

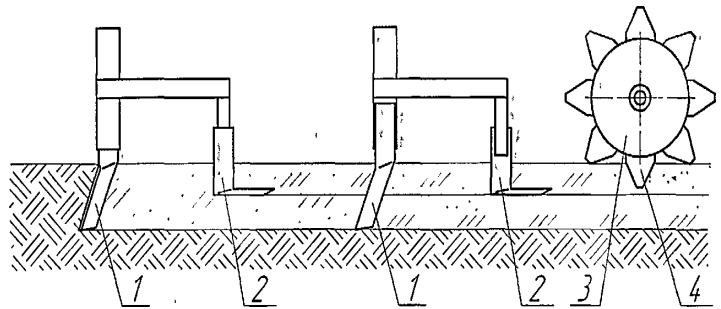
Комбінований безвідвальний робочий орган забезпечує, за рахунок якісної обробки ущільненого ґрунту усього орного горизонту, найповніший

сбір, рівний розподіл і збереження осінньо-зимової вологи у верхньому ущільненому шарі ґрунту при основній безвідвальній обробці.

### 3.2.3 Знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту

Для здійснення способу нами пропонується знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту. Пропоноване знаряддя дозволяє зменшити енерговитрати на осінню обробку ґрунту, завдяки менш енергомісткій обробці - смуговому розпушуванню, із залишенням нерозпушених ділянок з не порушеною капілярною мережею, по якій підніматиметься волога до фронту промороження ґрунту з настанням заморозків. Знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту (рисунок 3.6), містить робочі органи, виконані у вигляді закріплених на стійках право і ліво-оброблювальних лемешів 1. Лемеша розміщені на рамі в два ряди в шаховому порядку. Перший ряд утворений право-оброблювальними лемешами, другий - ліво-оброблювальними. Позаду і уздовж кожного ряду лемешів розміщені ряди односторонніх розпушувальних лапок 2. Ззаду, до знаряддя шарнірно кріпиться коток 3 з рихляще-мульчируючими елементами 4, розташованими по колу і розміщеними з однаковим інтервалом по тій, що утворює коток.

Знаряддя працює таким чином. При русі перший ряд право-оброблювальних похилих лемешів 1 і услід перший ряд право-оброблювальних односторонніх розпушувальних лапок, що рухається, 2' підрізує і розпушує пласт ґрунту на глибину  $H$ , формуючи ліві бічні стінки розрихлюючих смуг 1. Услід за першими рядами право-оброблювальних лемешів 1 (рисунок 3.6) і право-оброблювальних односторонніх розпушувальних лапок 2 просуваються другі ряди ліво-оброблювальних лемешів і ліво-оброблювальних односторонніх розпушувальних лапок 2, що формують праві стінки розрихлюваних смуг 1. Коток 3 (рисунок 3.6), своїми рихляще-мульчуючими елементами 4, кришить великі грудки на розпушених ділянках, подрібнює і перемішує солону з ґрунтом на не розпушених участках, утворюючи при цьому вирівняний мульчований шар ґрунту.



- 1 - похилі лемеша; 2 - односторонні розрихляючі лапки;  
3-мульчуючий коток; 4-рихляще-мульчуючий елемент

Рисунок 3.6 - Знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки(вигляд збоку)

Таким чином, в ґрунті формується профіль з чергуванням не розпушених ділянок і розпушених смуг, що утворюються кожна однією парою лемешів і їй парою відповіді плоских ножів, а вирівняний мульчований шар ґрунту забезпечує хороше вбирання і утримання вологи.

Знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту здійснюється за допомогою смугової обробки формування профілю поверхні поля, що забезпечує при нерівному макрорельєфі, повний збір, рівномірний розподіл і збереження осінньо-зимової вологи у верхньому ущільненому шарі ґрунту.

### 3.3 Результати розуцільнення ґрунту завдяки запропонованим засобам механізації

#### 3.3.1 Бороздоутворювач відвального плуга при основній відвальній обробці ґрунту

Осіня оранка ґрунту після збирання врожаю на глибину 0,24 м плугом ПЛН-4-35, оснащеним бороздоутворювачем з оптимізованими параметрами, дозволила збільшити запаси вологи в оброблюваному горизонті і, зокрема в найбільш ущільнених шарах 0..0,10 м і 0,10 .. .0,20м на 2 і 2,9% в порівнянні з аналогічною обробкою плугом ПЛН-4 -35 (рисунок 3.7а). В результаті після

проморожування щільність ґрунту до початку весняно-польових робіт склала в шарах 0,10м і 0,10 ... 0,20м відповідно 0,97 і 1,02 г/см<sup>3</sup> (рисунок 3.76).

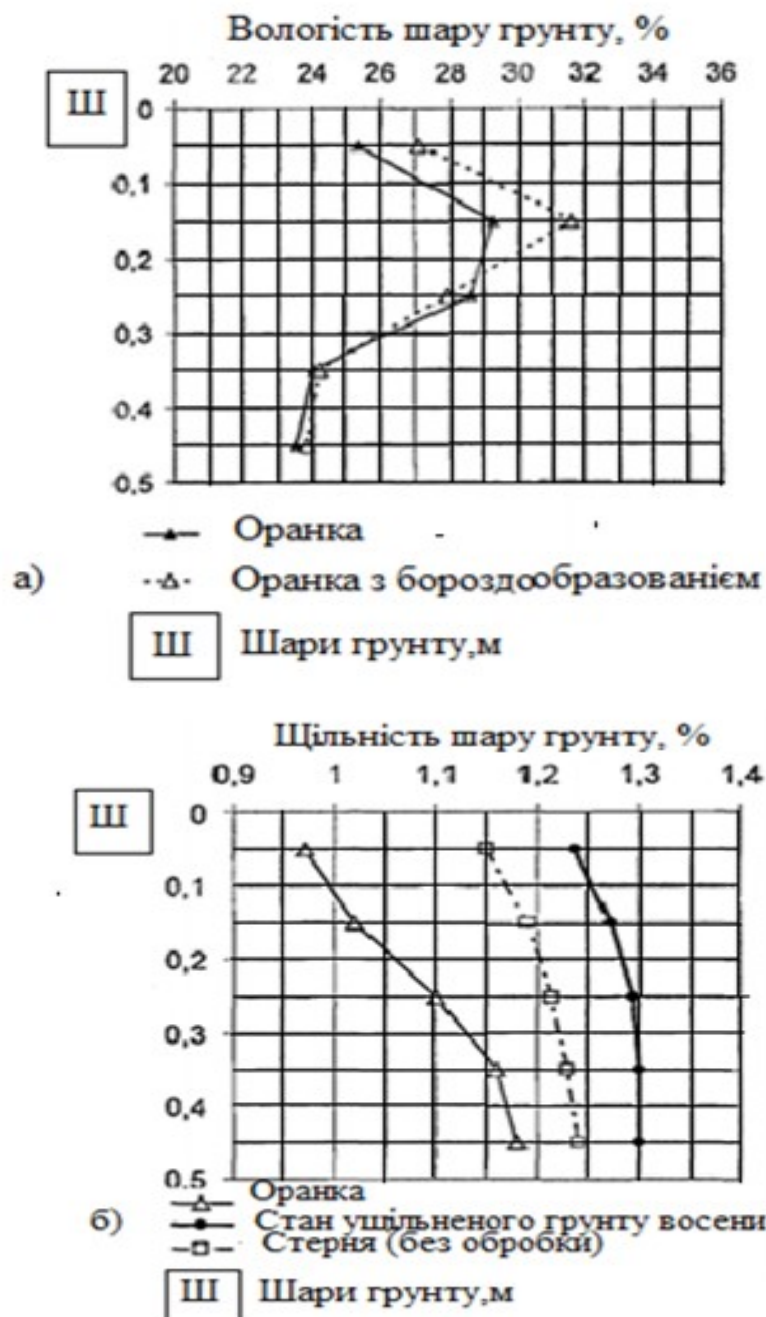


Рисунок 3.7 - а) Зміна вологості ґрунту по глибині ґрунтового горизонту після основного обробітку;

б) Зміна щільності ґрунту по глибині ґрунтового горизонту

3.3.2 Плоскоріз-глибокорозпушувач з комбінованим робочим органом для основної безвідвальної обробки ґрунту

Застосування для основної безвідвальної обробки ґрунту плоскоріз - глибокорозпушувач з комбінованими безвідвальними робочими органами до-

зволило забезпечити більш якісне розпушування оброблюваного горизонту, як у верхніх шарах, так і на основній глибині, у порівнянні з серійним плоскорізом-глибокорозпушувачем КПП-250. За рахунок якісного розпушування і вирівнювання ущільненого ґрунту здійснювався більш повний збір і збереження осінньої вологи, завдяки чому, до періоду настання стійких морозів, в найбільш ущільнених верхніх шарах ґрунту 0 ... 0,10 і 0,10 ... 0,20 м була забезпечена прибавка вологості на 2,6 і 2% (рисунок 3.8 а).

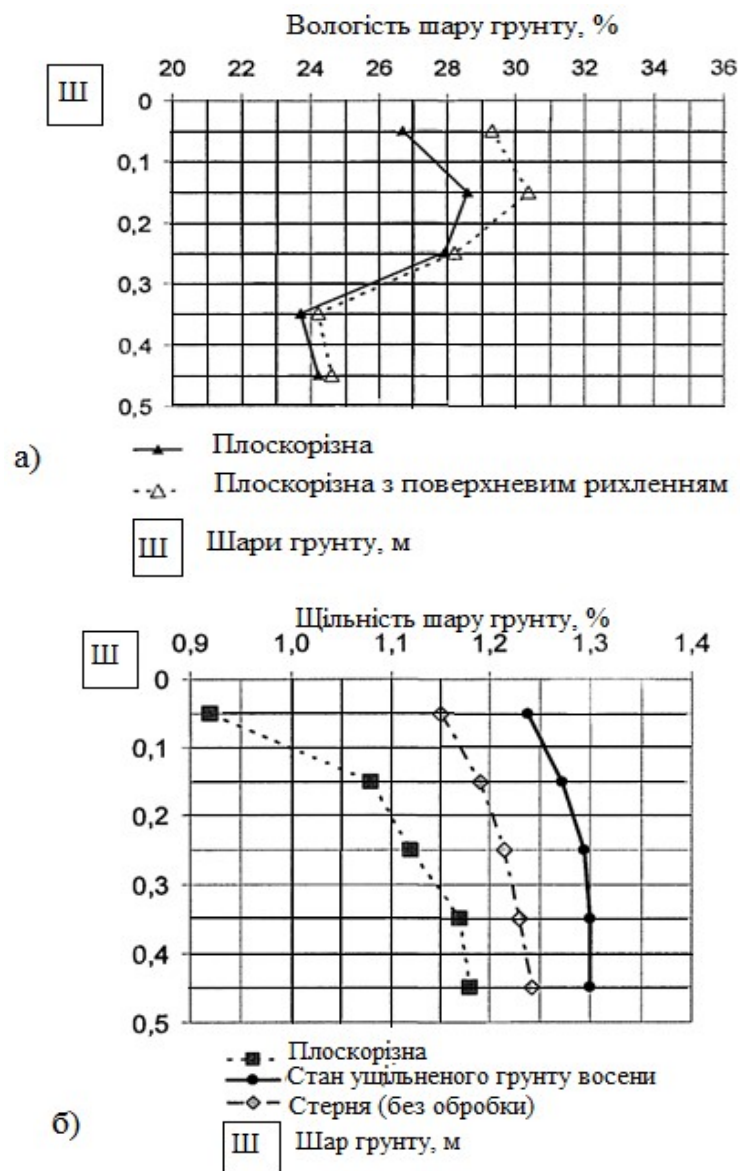


Рисунок 3.8 - а) Зміна вологості ґрунту по глибині ґрунтового горизонту в зимовий період після обробки ґрунту плоскорізом -глибокорозпушувачем з

безвідвальними комбінованими робочими органами;

б) Зміна щільності ґрунту по глибині ґрунтового горизонту

Високий рівень вологонакопичення дозволив за зимовий період ґрунту ефективно розуцільнитись в шарах ґрунту 0 ... 0,10 і 0,10 ... 0,20 м з 1,24 і 1,27 г/см<sup>3</sup> відповідно до 0,94 і 1,08 г/см<sup>3</sup> (рисунок 3.8 б).

3.3.3 Комбіноване знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту

Застосування комбінованого знаряддя для осінньої дрібної смугової обробки ґрунту ОМО-2,5 в агрегаті з трактором МТЗ-80 на глибину 0,16 м дозволило забезпечити ефективний збір і збереження осінньо-зимової вологи в шарах 0 ... 0,10 м і 0,10 ... 0,20 м відповідно до рівня 33 і 28%, що на 2,1 і 1,2% більше ніж при обробці знаряддям для дрібного суцільного обробітку ПБО-4,4 (рисунок 3.9а) [39,40].

Після проморожування щільність ґрунту до початку весняно-польових робіт склала в шарах 0,10 м і 0,10 ... 0,20 м відповідно 1,03 і 1,102 г/см<sup>3</sup> (рисунок 3.10).

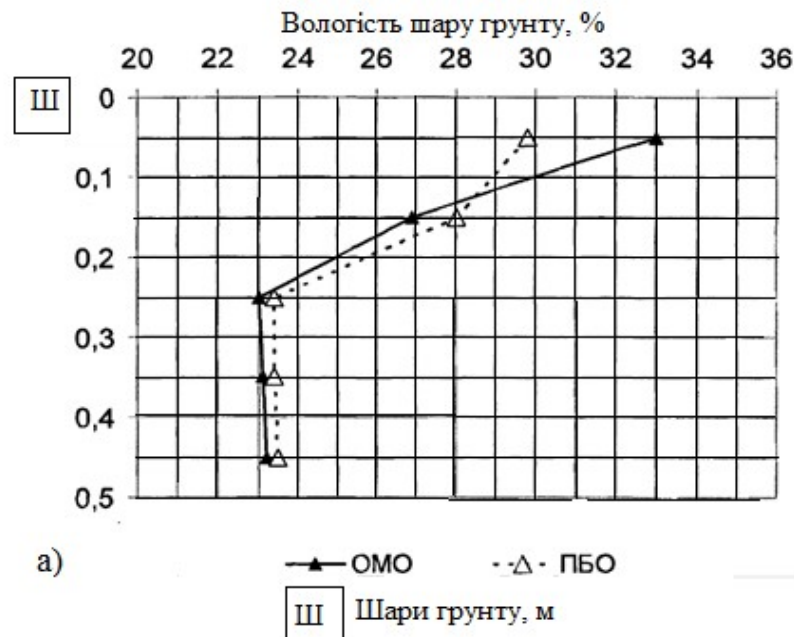


Рисунок 3.9 - Зміна вологості ґрунту в зимовий період по глибині ґрунтового горизонту після застосування комбінованого знаряддя для смугової обробки ґрунту;





Рисунок 3.9 - Зміна щільності ґрунту по глибині ґрунтового горизонту

### Висновки по розділу

1. За профілем сліду максимальна величина ущільнення ґрунту щодо оптимального рівня у всіх колісних рушійів спостерігається по центру колеса. При цьому найбільш інтенсивно ущільнюється верхній шар 0...0,10 м, і становить у тракторів К-701 Т-150К і МТЗ-80 відповідно: 0,082; 0,08 і 0,088 г/см.

2. Зміни твердості ґрунту показує, що ущільнюється весь орний горизонт, а найбільш інтенсивно верхні шари ґрунту тракторами К-701 і Т-150К. На глибині 0,10 м під рушійями тракторів К-701, Т-150К і МТЗ-80 твердість ґрунту збільшилася відповідно на 0,63; 0,58 і 0,35 МПа.

3. Бороздоутворювач для відвального плуга дозволяє сформувати на поверхні обернутих пластів ґрунту борозни і за рахунок більшої площі вибирання, збільшити збір осінньої вологи в найбільш ущільнений шар і увесь орний горизонт.

4. Комбінований безвідвальний робочий орган забезпечує, за рахунок якісної обробки ущільненого ґрунту усього орного горизонту, най-

повніший збір, рівний розподіл і збереження осінньо-зимової вологи у верхньому ущільненому шарі ґрунту при основній безвідвальній обробці.

5. Знаряддя для дрібної осінньої смугової обробки ґрунту здійснюється за допомогою смугової обробки формування профілю поверхні поля, що забезпечує при нерівному макрорельєфі, повний збір, рівномірний розподіл і збереження осінньо-зимової вологи у верхньому ущільненому шарі ґрунту.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз стану охорони в с.г. підприємствах

Аналіз технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві показує, що воно є однією з найбільш травмонебезпечних галузей народного господарства України.

Стан умов і безпеки праці в сільськогосподарському виробництві залишається незадовільним. Достатньо сказати, що ризик стати жертвою нещасного випадку або професійного захворювання в Україні в декілька разів вищий, ніж у розвинутих країнах.

5-го лютого 2008 року Україну було офіційно прийнято до Світової організації торгівлі (СОТ), що є одним з кроків входження нашої держави до виробничо-економічних, наукових та навчальних світових структур.

Разом з тим, це означає, що Україна взяла на себе зобов'язання дотримуватись високих міжнародних стандартів, зокрема у галузі охорони праці. Деякі з них є достатньо жорсткими щодо забезпечення нормативів безпеки на виробництві. До таких документів, зокрема, належить Конвенція Міжнародної організації праці про безпеку та гігієну праці у сільському господарстві від 5.06.2001 р. № 184. Верховна Рада України ратифікувала цю Конвенцію окремим Законом 01.04.2009 р. (Закон України "Про ратифікацію Конвенції Міжнародної організації праці (МОП) № 184 про безпеку та гігієну праці в сільському господарстві" № 1286-VI).

Держави, які підписали Конвенцію, повинні розробляти, впроваджувати і періодично переглядати погоджену національну політику в галузі безпеки і гігієни праці у сільському господарстві. Ця політика ставить за мету профілактику нещасних випадків і ушкодження здоров'я, які настають з виробничих причин, через усунення, зведення до мінімуму виробничих ризиків чи встановлення контролю за ними у сільському господарстві.

Зауважимо, що у даному контексті сільське господарство потрібно розглядати не лише як виробництво рослинницької, тваринницької чи рибницької продукції у сільській місцевості, а й у поєднанні з технологічними процесами перероблення сільськогосподарської продукції, тобто як весь агропромисловий комплекс (АПК).

В с.г. підприємствах інструкції з техніки безпеки розробляються для виконавців технологічних процесів різних професій у сільському господарстві, головним чином, зайнятих у рільництві: трактористів, механізаторів, ремонтників, при роботі з пестицидами та агрохімікатами, при виконанні робіт з застосуванням пожежонебезпечних матеріалів та шкідливими речовинами та інші.

Складовою частиною плану економічного і соціального розвитку дослідного господарства є комплексні плани поліпшення умов охорони праці і санітарно-оздоровчих заходів. Вони погоджені з техпромфінпланами, забезпечуються необхідними матеріально-технічними і фінансовими ресурсами, в обов'язковому порядку включаються в колективний договір і угоду по соціальних питаннях і охороні праці.

При розробці комплексного плану розвитку господарства особливу увагу приділяють плануванню заходів по вивільненню працюючих, у першу чергу жінок, з важких фізичних, монотонних і небезпечних робіт, з виробництв зі шкідливими умовами праці і нічних змін, на поліпшення оздоровчої роботи серед працюючих.

В даний час у господарстві діють: правила техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських машинах і на кожному робочому місці по видах роботи.

Інженер з охорони праці має право забороняти: експлуатацію несправних машин і устаткування, котельних установок, що працюють під тиском, підйомно-транспортних засобів тощо, а також роботи на ділянках з наявністю загрози здоров'ю працюючих; припиняти роботи, що ведуться з грубим порушенням правил техніки безпеки.

Вступний інструктаж з охорони праці проводить при прибутті на підприємство інженер з охорони праці та техніки безпеки. Можна проводити груповим чи індивідуальним методом у вигляді бесіди-лекції за тематикою, розробленою спеціалістом з охорони праці і узгодженою з директором підприємства. Вступний інструктаж реєструється в "Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці". На робочому місці проводяться наступні види інструктажів: первинний, повторний, позапланований та цільовий.

В адміністративному приміщенні є кабінет з охорони праці, яким завідує інженер з охорони праці та техніки безпеки. У кабінеті, обладнаному в господарстві, більше місця приділяють питанням безпечних методів праці ведучої галузі. Облік роботи кабінету техніки безпеки ведеться в спеціальному журналі, де вказується захід і відповідальний за його проведення.

**Недоліками відділу є:**

- не повне забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та спецодягу;
- недостатність знань з охорони праці у працюючих на підприємстві;
- відсутність на виробничих ділянках куточків з охорони праці.

## **4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори**

Сприятливі, здорові умови праці, не тільки збереже здоров'я працюючих, але і забезпечить високу продуктивність праці, запобіжить виробничому травматизму.

Для створення нормальних умов праці робоче місце повинне бути забезпечено засобами індивідуального захисту: комбінезоном, респіратором, звукопоглинальними навушниками, рукавицями, діелектричним взуттям, гумовим килимком.

У процесі виробництва на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори згідно з ГОСТ 12.0.003.

### 4.3 Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничому процесі

1. При допуску працівників до різних видів робіт необхідно керуватися НПАОП 0.03-8.06-94.

2. Право на керування транспортними засобами надається особам, які мають посвідчення, видане відповідним органом.

3. До керування підйомно-транспортним обладнанням допускаються особи не молодші 18 років, які мають посвідчення на право керування цим обладнанням, пройшли медичний огляд і навчання з безпеки праці [35].

4. Працівники, які працюють на електрифікованих технологічних установках або з електроінструментом (не електротехнічний персонал), допускаються до роботи після проходження первинного інструктажу з електробезпеки під час роботи на даній електроустановці з оформленням у журналі реєстрації з питань охорони праці. Інструктаж проводить особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за її письмовим розпорядженням, особа зі складу електротехнічних працівників із групою не нижче III. Після перевірки знань і запису в журналі реєстрації цим особам присвоюється I група з електробезпеки (без видачі посвідчення).

5. До роботи на автоклавах допускаються працівники, які мають посвідчення на право обслуговування посудин, що працюють під тиском.

6. До робіт із застосуванням пестицидів, рідкого аміаку, хімічних консервантів не допускаються особи молодше 18 років, вагітні жінки й жінки-годувальниці, а також особи, які мають медичні протипоказання.

7. До роботи із сильнодіючими високотоксичними речовинами допускаються особи, які пройшли відповідну підготовку на курсах.

8. Працівники, які зайняті на вантаженні (розвантаженні) небезпечних і особливо небезпечних вантажів, повинні проходити спеціальне навчання з безпеки праці з подальшою перевіркою знань.

9. Стропальниками призначаються особи, які досягли 18 років, навчені за спеціальною програмою, затвердженою Міністерством освіти та погодже-

ною з Держнагляддохоронпраці, атестовані кваліфікаційною комісією і мають посвідчення на право проведення таких робіт.

10. Працівники, відповідальні за безпечне проведення вантажно-розвантажувальних робіт, безпечну експлуатацію газового господарства, справний стан і безпечну дію посудин, що працюють під тиском, за справний стан і безпечну експлуатацію котлів, за електрогосподарство, повинні проходити перевірку знань особливостей технологічного процесу, будови і безпечної експлуатації підйимально-транспортного обладнання, пожежної безпеки, гігієни праці і виробничої санітарії відповідно до посадових обов'язків і в порядку, встановленому органами Держнагляддохоронпраці згідно з вимогами НПАОП 0.00-8.01-09.

#### **4.4 Забезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту**

1. Засоби захисту працівників повинні відповідати ГОСТ 12.4.011.
2. Забезпечення засобами індивідуального захисту працівників здійснюється за рахунок власника відповідно до НПАОП 0.00-3.01-09.
3. Вибір конкретного типу засобів захисту працівників повинен здійснюватися з урахуванням вимог безпеки для даного технологічного процесу або виду робіт.
4. Засоби індивідуального захисту (далі - ЗІЗ) потрібно застосовувати у тих випадках, коли безпека робіт не може бути забезпечена конструкцією обладнання, організацією виробничих процесів і архітектурно-планувальних рішень, засобами колективного захисту.
5. Засоби індивідуального захисту повинні мати інструкції, де вказане призначення, термін використання виробу, правила його експлуатації й зберігання.
6. Засоби колективного захисту працівників конструктивно повинні бути з'єднані з виробничим обладнанням або його елементами керування таким чином, щоб у разі потреби, спрацювала примусова дія засобу захисту.

Допускається використовувати засоби колективного захисту як елементи керування для включення й виключення виробничого обладнання.

7. Засоби колективного захисту працівників повинні бути розміщені на виробничому обладнанні або робочому місці таким чином, щоб постійно забезпечувати контроль його роботи, а також безпечно обслуговування й ремонт.

8. Робочий одяг і спецодяг повинні зберігатися окремо від особистого одягу працівників.

9. Вносити спецодяг з підприємства, а також віддавати його додому для прання не дозволяється. Власник організовує ремонт, прання, хімічну чистку, знешкодження та знезараження спецодягу централізовано. Прання проводиться у міру забруднення, але не рідше одного разу на 6 змін. Бавовняний одяг, який сорбує й утримує небезпечні й шкідливі речовини, підлягає щоденному пранню.

10. Спецодяг і спецвзуття, які були у використанні, можна видавати працівникам і службовцям тільки після їх прання, дезінфекції та ремонту.

11. При видачі працівникам ЗІЗ власник організовує навчання з правил користування ними і найпростішим методам перевірки їх справності.

12. Працівники, які під час роботи контактують із пестицидами, повинні бути забезпечені ЗІЗ з урахуванням властивостей препаратів, які застосовуються, відповідно до НПАОП 0.03-1.12-09.

13. Під час роботи з пилоподібними мінеральними добривами повинні використовуватися протипилові респіратори Ф-62Ш, “Астра-2”, “Лепесток” або універсальний респіратор РУ-60М.

14. Засоби індивідуального захисту необхідно підбирати за розмірами. Після закінчення роботи їх слід очистити (провітрити, висушити, знепилити) або знешкодити.

#### **4.5 Забезпечення екологічної безпеки**

Враховуючи тісний взаємозв'язок між здоров'ям працівників і станом навколишнього середовища, розробку технологій, проектування машин і об-



ладнання, а також організацію виробничих процесів у сільському господарстві на всіх етапах потрібно здійснювати з урахуванням мінімальної негативної дії на навколишнє середовище і досягати за рахунок:

- застосування технологій обробітку ґрунту з мінімальним його руйнуванням;
- використання розфасованих у тару малого об'єму мінеральних добрив;
- удосконалення способів зберігання пестицидів у підприємствах і запобігання їх попаданню до водойм;
- усунення підтікання в з'єднаннях паливо- і маслопроводів машин і обладнання;
- використання спеціальних накопичувачів для збирання і тимчасового зберігання відпрацьованих мастил.

Діяльність підприємств щодо захисту навколишнього природного середовища повинна регламентуватися вимогами Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища”, Закону України “Про пестициди і агрохімікати”, НПАОП 0.03-3.01-71 (СН № 245-71), ГОСТ 17.1.3.11, СанПіН 4630-88, ОНТП 8-85, Правил та інших чинних нормативних документів.

Асортимент, способи застосування пестицидів, норми й кратність обробок повинні відповідати НПАОП 0.03-1.12-98 та Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, додатку до Переліку та інструкціям з безпечного застосування пестицидів, розробленим установами Міністерства охорони здоров'я, погодженим з Мінекобезпеки та іншими заінтересованими організаціями.

Оброблення рослин, і об'єктів пестицидами слід проводити з урахуванням економічного порога шкідливості, розвитку хвороб рослин і бур'янів, прогнозу погоди.

Поряд з охороною праці займає важливе місце охорона навколишнього середовища. До охорони навколишнього середовища відноситься такі нормативні документи ГОСТ 17.0.01-76 “Система стандартів в області охорони навколишнього середовища та поліпшення використання природних ресурсів. Основні положення ГОСТ 17.1.3.11-84 “Охорона природи, Гідросфера. Зага-

льні виноси від забруднення мінеральними добривами та пестицидами”.

Агрегати не повинні забруднювати та чинити шкоду навколишньому середовищу: шкідливими викидами.

Вихлопні гази повинні бути злагодженими з нормами CO 0,4 Н г/м<sup>3</sup> та СН 0,15 Н г/м згідно з законодавством України про екологічну безпеку навколишнього середовища.

Забороняється: проливання паливно-мастильних матеріалів та інших рідин; не слід проводити миття або технічну чистку чи промивання елементів паливної системи та частин вузлів, які знаходяться під шаром, мастила, біля водопитних або біля наземних резервів з водою.

Також забороняється обприскування посівів при швидкості вітру більш ніж 5 м/с.

Забороняється використання гербіцидів, пестицидів та інсектицидів, які не пройшли іспити на забруднення середовища.

#### **4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Вимоги пожежної безпеки**

До початку збирання врожаю вся збиральна техніка, агрегати та автомобілі повинні нести відрегульовані системи живлення, оснащення, охолодження, запалювання, а також бути оснащені справжніми іскрогасниками, обладнані первинними засобами пожежегасіння (комбайни і трактори - двома вогнегасниками, двома штиковими лопатами, двома мітлами). Трактористи, комбайнери їх помічники та інші особи задіяні на роботах по збиранню врожаю, повинні пройти протипожежний інструктаж.

Корпуси комбайнів повинні бути оснащені заземлювальним металевим ланцюгом, що торкається землі.

Період дозріванням колосових (у період воскової стиглості) хлібні поля в місцях прилягання їх до лісових та торф'яних насивів, степової смуги, автомобільних шляхів та залізниць мають бути обкошені (із підбиранням скошеного) і обрані смугою не менше 4 м. завширшки.

Безпосередньо на хлібному масиві площею понад 25 га з якого збирається врожай, необхідно мати наготові трактор з плугом на випадок пожежі.

У разі групового методу збирання до складу збирально-транспортних загонів необхідно включати спеціалізовані автомобілі з насосами (авторідні-норозкидачі, водороздавачі та інші) пристосовані для гасіння пожеж зернових.

У польових умовах заправлення палива збиральної техніки повинно здійснюватися за межами поля (не ближче 30 м.) паливо заправником коли заглушені двигуни.

Радіатори двигунів, соломонабивачів, транспортерів, шнеки та інші вузли й деталі збиральних машин повинні своєчасно очищуватись від пилу, соломи та зерна.

Не дозволяється [35]:

- Робота тракторів, самохідних шасі, автомобілів та іншої збиральної техніки без капотів або з відкритими капотами (для запобігання потраплянню соломи на випускний колектор двигуна). На комбайнах та інших машинах з двигунами внутрішнього згорання які не мають капотів, випускний колектор повинен бути захищений металевим щитком, що закриває його вздовж усієї довжини зверху та збоку;
- Застосування паяльних ламп для випалювання радіаторів двигунів;
- Заправлення збиральної техніки з хлібних масивах;
- Заправлення машин у нічний час в польових умовах.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

Розрахунок економічної ефективності способу розущільнення ущільненого ґрунту промороженням, проведений за результатами використання відповідних засобів механізації по плугу ПЛН- 4-35 з борозноутворювачами в порівнянні з плугом ПЛН- 4-35, по культиватору- плоскорізу глибокорозпушувачу КПП- 250 з комбінованими робочими органами порівняно з культиватором-плоскорізом глибокорозпушувачем КПП- 250, по знаряддю для осінньої дрібної смугової обробки ґрунту(ОМО- 2,5) порівняно зі знаряддям для дрібної обробки ґрунту ПБО- 4,4 (таблиця 5.1).

При оцінці роботи знарядь визначалася якість виконання заданих технологічних процесів по найповнішому забезпеченню збору і збереженню осінньої вологи в оброблюваному шарі ґрунту, дозволяючій ефективніше розущільнювати ущільнений ґрунт промороженням і створити сприятливі умови для розвитку рослин і збільшенню їх врожайності.

Розрахунки техніко-економічних показників ґрунтообробних агрегатів проводилися на основі результатів довідково-нормативних матеріалів [6], згідно методики [31], з урахуванням цін на грудень 2020 року.

Техніко-економічні характеристики базового плуга ПЛН- 4-35 і плуга ПЛН-4-35 з борозноутворювачами, базового плоскоріза-глибокорозпушувача КПП- 2-150 і плоскоріза-глибокорозпушувача КПП- 2-150 з комбінованими робочими органами, базового знаряддя ПБО- 4,4 і знаряддя ОМО- 2,5 для дрібної осінньої смугової обробки представлені в таблиці 5.1 для виконання економічних розрахунків.

При розрахунку економічної ефективності агрегатів визначалися: економія витрат праці на одиницю виконуваної роботи, економія експлуатаційних витрат на одиницю виконаної роботи або отриманій продукції і зниження її собівартості, розміри додаткових капіталовкладень на впровадження засобів механізації і термін їх окупності.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні характеристики базових і комплектованих ґрунтообробних машин.

Техніко-економічні показники	Позначення	Числові значення показників					
		Основна відвальна обробка		Основна безвідвальна обробка		Дрібна обробка	
		ПЛН-4,35	ПЛН-4,35 + бороздообробувачі	КПГ-2,150	КПГ-2,150 + щілерізи-розрихлювачі	ПБО-4,4	ОМО-2,5
Агрегаткування		МТЗ-	МТЗ-	МТЗ-	МТЗ-	Т-150К	МТЗ -
		1221	1221	1221	1221		80
Кількість обслуговуючого персоналу	-	1	1	1	1	1	1
Коефіцієнт використання часу зміни	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Середньорічне завантаження	год.	100	100	100	100	100	100
Продуктивність :							
за 1 годину (основного часу)	га/год	0,63	0,63	1,12	1,12	2,3	1,2
за зміну	га/зм	4,41	4,41	8,74	8,74	16,1	8,4
за рік	га/рік	63	63	112	112	230	120
Норма відрахувань на амортизацію	%	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Норма відрахувань на ремонт і ТО	%	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Прямі експлуатаційні витрати, що доводяться на одиницю роботи, визначають сумою її складових. Експлуатаційні витрати на одиницю роботи(1 га), грн :

$$Z_E = Z_n + Z_A + Z_P + Z_T + Z_M \quad (5.1)$$

де  $Z_n$  - оплата праці робітників, обслуговуючих агрегат;

$Z_A$  - амортизаційні відрахування;

$Z_P$  - відрахування на поточний ремонт і технічні відходи;

$Z_T$  - вартість палива;

$Z_M$  - вартість допоміжних матеріалів.

Оплата праці робітників, обслуговуючих агрегат, робиться по тарифним ставкам з урахуванням доплат:

$$Z_n = Z_{n1} + Z_{n2} \quad (5.2)$$

де  $Z_{n1}$  - оплата праці основних робітників, грн

$$Z_{n1} = N_1 \cdot (C_{\text{тар.1}} + C_{\text{доп.}} + C_{\text{опт.}} + C_{\text{есн+ст}}) / W_{\text{год.}} \quad (5.3)$$

де  $N_1$  - кількість основних працівників, люд.;

$C_{\text{ТАР.1}}$  - годинна тарифна ставка основного робітника, з урахуванням галузевого коефіцієнта, грн;

$C_{\text{ДОП.}}$  - додаткова оплата основному працівникові за якість і термін -25% від тарифної ставки (береться з положення по оплаті праці), грн;

$$C_{\text{ДОП.}} = 0,25 \cdot C_{\text{ТАР.1}} \quad (5.4)$$

$C_{\text{ОПТ.}}$  - резерв на відпустки 8,43% від суми тарифної ставки і доплати, грн;

$$C_{\text{ОПТ.}} = 8,43 \cdot (C_{\text{ТАР.}} + C_{\text{ДОП.}}) / 100 \quad (5.5)$$

$C_{\text{ЕСН+СТ}}$  - єдиний соціальний податок (20%) і внесок до фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань(1,7%) 21,7% від суми тарифної ставки, доплат, резервів на відпустки (при сплаті ЕСХН ЕСН складає 10,3%).

$$C_{\text{ЕСН+СТ}} = 21,7 \cdot (C_{\text{ТАР.}} + C_{\text{ДОП.}} + C_{\text{ОПТ.}}) / 100 \quad (5.6)$$

де  $Z_{\text{П2}}$ - оплата праці підсобних робітників, грн

$$Z_{\text{П2}} = N_2 \cdot (C_{\text{ТАР.2}} + C_{\text{ДОП.}} + C_{\text{ОПТ.}} + C_{\text{ЕСН+СТ}}) / W_{\text{год.}} \quad (5.7)$$

де  $N_2$  - кількість підсобних робітників, люд.;

$C_{\text{ТАР.2}}$  - годинна тарифна ставка підсобних робітників з обліком галузевого коефіцієнта, грн;

$C_{\text{ДОП.}}$ ,  $C_{\text{ОПТ.}}$ ,  $C_{\text{ЕСН+СТ}}$  - розраховуються аналогічно, як і для основних робітників.

Відрахування на поточний ремонт і технічні відходи визначаються по формулі:

$$Z_p = \frac{B_{\text{тр}} \cdot P_{\text{тр}}}{100 \cdot D_{\text{сез тр}} \cdot W_{\text{год.тр}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot P_{\text{м}}}{100 \cdot D_{\text{сез м}} \cdot W_{\text{год.м}}}, \quad (5.8)$$

де  $B_{\text{тр}}$ ,  $B_{\text{м}}$  - балансові вартості трактора, машини;

$P_{\text{тр}}$ ,  $P_{\text{м}}$ - норма відрахування на поточний ремонт і технічні відходи у відсотках від балансової вартості;

$D_{\text{сез тр}}$ ,  $D_{\text{сез м}}$  - кількість годин роботи трактора, машини за сезон;

$W_{\text{год.м}}$  - продуктивність агрегату за годину змінного часу, га.

Вартість палива обчислюється по формулі:

$$Зп = Нп \cdot Цп, \quad (5.9)$$

де  $Нп$  - норма витрати палива на 1 га, кг;

$Цп$  - комплексна ціна палива за 1 кг, грн

Вартість допоміжних матеріалів визначається по формулі:

$$Зм = Нм \cdot Цм \quad (5.10)$$

де  $Нм$  - питома витрата матеріалів на одиницю роботи, кг, м, шт.;

$Цм$  - ціна одиниці матеріалу, що витрачається, грн

Усі перераховані складові і показники експлуатаційних витрат в гривнях на 1 га приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники експлуатаційних витрат

Елементи витрат	Числові значення показників					
	Основна відвальна обробка		Основна безвідвальна обробка		Дрібна смугова обробка	
	ПЛН-4-35	ПЛН-4-35+ бороздооб-разувачи	КПГ-2-150	КПГ-2-150+ щільніз-розрихлювачі	ПБО-4,4	ОМО-2,5
Оплата праці з нарахуваннями соціальних потреб, грн./га	57,60	57,60	32,40	32,40	15,78	30,24
Амортизаційні нарахування, грн./га	464,04	478,88	216,38	226,28	178,95	146,39
Витрати на ремонт, ТО і зберігання, грн./га	111,37	114,93	51,93	54,31	42,95	35,13
Витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га	464,00	476,00	242,00	250,00	165,6	110,0
Сума експлуатаційних витрат, грн./га	1097,01	1127,41	542,71	562,98	403,27	321,77

Річну економію від впровадження знарядь для осінньої обробки ґрунту визначають по формулі:

$$\Gamma_{\text{эф.}} = (I_{\text{уд.с}} - I_{\text{уд.н}}) \cdot Q_n + Д, \quad (5.11)$$

де  $Q_n$  - об'єм робіт при проектуваному варіанті, грн

$Д$  - грошова оцінка додатково отриманої продукції, грн

$У$  свою чергу грошова оцінка  $Д$  визначається як:

$$Д = \Delta N_y \cdot Ц \cdot Q_n, \quad (5.12)$$

де  $\Delta N_y$  - додаткова врожайність оброблюваної культури, т/га;

$Ц$  - ціна 1 тони продукції, грн.

Термін окупності основних капітальних вкладень  $T_{OK}$  :

$$T_{OK} = K_0 \cdot G_{\Phi}, \quad (5.13)$$

де  $K_0$  - основні капітальні вкладення, грн

Результати розрахунку економічної ефективності застосування ґрунтообробних знарядь представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати розрахунку економічної ефективності використання ґрунтообробних знарядь.

Показники	Числові значення показників		
	Основна відвальна обробка	Основна безвідвальна обробка	Дрібна смугова обробка
	Бороздообразувачі до плугу ПЛН-4-35	Щілерізи-розрихлювачі до плоскорізу КПГ-2-150	ОМО-2,5
Економічний ефект від використання знарядь для осінньої обробки ґрунту, грн./га	1703	1234	1078
Річна економія при нормативному річному завантаженню 100 год, грн.	107315,83	138210,18	129379
Строк окупності додаткових капітальних вкладень, років	1,14	0,61	0,59

### Висновок по розділу

Застосування способу зниження ущільнення ґрунту проморожуванням економічно вигідно при різних видах осінньої обробки ґрунту з відповідними комбінованими засобами механізації. При сумі експлуатаційних витрат: відвальним плугом з бороздоутворювачем 1127,41 грн/га, культиватором-плоскорізом глибокородрихлювачем з комбінованими робочими органами 562,98 грн/га, знаряддям для дрібної осінньої смугової обробки 321,77 грн/га, забезпечуються за рахунок підвищення врожайності відповідної річної економії, при нормативній річній завантаженості 100 год., - 107315,83; 138210,18; 129373 гривні і відповідні економічні ефекти від впровадження - 1703 грн/га, 1234 грн/га, 1078 грн/га.



## ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу літературних джерел, результатів наукових досліджень запропоновані нові способи зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин (із застосуванням принципово нових конструктивно-технологічних схем засобів механізації) : промороженням з використанням борозноутворювача для відвального плуга, комбінованого робочого органу для плоскоріза-глибокорозпушувача, знаряддя для осінньої смугової дрібної обробки ґрунту.

2. В результаті вивчення закономірностей зниження ущільнення ґрунту, розроблені функціональні схеми пропонувані способів, з вказівкою структурних властивостей машин. На основі використання теоретичного методу розроблена структурна схема усього технологічного процесу зниження ущільнення ґрунту від рушіїв сільськогосподарських тракторів і машин.

3. Отримані математичні залежності для прогнозування: величини щільності ґрунту для способу розущільнення ґрунту промороженням при різних видах осінньої обробки ґрунту. Встановлені математичні залежності для розрахунку пропонувані засобів механізації.

4. На основі проведеного аналізу впливу сільськогосподарської техніки на ущільнення ґрунту, були представлені графіки зміни щільності і твердості ґрунту в ґрунтовому і орному горизонті після проходу рушіїв тракторів та графіки зміни вологості та щільності ґрунту після його обробки пропонуваніми засобами механізації.

5. Встановлено, що найбільш інтенсивно ущільнюється верхній шар 0...0,10 м, і становить у тракторів К-701 Т-150К і МТЗ-80 відповідно: 0,082; 0,08 і 0,088 г/см. На глибині 0,10 м під рушіями тракторів К-701, Т-150К і МТЗ-80 твердість ґрунту збільшилася відповідно на 0,63; 0,58 і 0,35 МПа.

6. Осіння оранка ґрунту плугом ПЛН-4-35, оснащеним борозноутворювачами, дозволила збільшити запаси вологи в оброблюваному горизонті на 2 і 2,9% в порівнянні з аналогічною обробкою плугом ПЛН-4 -35. В результаті

щільність ґрунту до початку весняно-польових робіт повинна скласти відповідно 0,97 і 1,02 г/см<sup>3</sup>.

7. Застосування плоскоріз -глибокорозпушувача з комбінованим безвідвальним робочим органом для основної безвідвальної обробки ґрунту дозволило здійснювати більш повний збір і збереження осінньої вологи, завдяки чому, до періоду настання стійких морозів, в найбільш ущільнених верхніх шарах ґрунту 0...0,10 і 0,10...0,20 м прибавка вологості може скласти на 2,6 і 2%. Високий рівень вологонакопичення дозволить за зимовий період ґрунту ефективно розущільнитись відповідно до 0,94 і 1,08 г/см<sup>3</sup>.

8. Застосування комбінованого знаряддя для осінньої дрібної смугової обробки ґрунту ОМО-2,5 в агрегаті з трактором МТЗ-80 на глибину 0,16 м дозволило забезпечити ефективний збір і збереження осінньо-зимової вологи в шарах 0...0,10 м і 0,10...0,20 м відповідно до рівня 33 і 28%, що на 2,1 і 1,2% більше ніж при обробці знаряддям для дрібного суцільного обробітку ПБО-4,4.

9. Застосування запропонованих способів і засобів механізації зниження ущільнення ґрунту у виробничих умовах дозволили отримати економічний ефект на одну машину: для плуга з борозноутворювачами - 1073,15 грн./га, для плоскоріза-глибокорозпушувача з комбінованими робочими органами - 1382,10 грн./га, по знаряддю для дрібної смугової обробки - 1293,79 грн./га.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров, Г.А. Влияние ходовых органов тракторов на структуру почвы / Г.А. Александров, Н. Королев // Техника в сельском хозяйстве. — 1974.— №11. —С.83.
2. Белов, Г.Д. Уплотнение почвы тракторами и урожай / Г.Д. Белов, А.П. Подолько // Земледелие. - 1977. - №9. - С. 46-47.
3. Бондарев, А.Г. Комментарий к ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы допустимого воздействия движителей на почву / А.Г. Бондарев, В.В. Медведев, А.В. Русанов, А.В. Судаков // Земледелие. - 1987. -№3. - С.29-30.
4. Бондарев, А.Г. Проблемы уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А.Г. Бондарев // Почвоведение. - 1990. - №5.-С. 31-37.
5. Вилде, А.А. Почвощадящие технологии и машины / А.А. Вилде, У.Э. Пиннис // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989. - №5. - 15-17.
6. Власов, Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники / Н.С. Власов. -М.: Колос, 1979. - 396 с.
7. Водяник, И.И. Процессы взаимодействия тракторных ходовых систем с почвой: учеб. пособие / И.И. Водяник: Кишинев, 1986. - 110 с.
8. Водяник, И.И. Пути снижения вредного воздействия ходовых систем МТА на почву в условиях Юго-Запада Украины: учеб. пособие / И.И. Водяник. — Кишинев: Типография КСХИ, 1987. - 63 с
9. Вражнов, А.В. Деформация почвы мощными тракторами / А.В. Вражнов // Земледелие. - 1965. - №12. - С. 27-29.
10. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин. — М.: Колос, 1965.
11. Зеленин, А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами -М.: Машиностроение, 1968. - 375 с.: ил.

12. Исаков, П.К. Уплотнение почвы ходовыми частями тракторов / П.К. Исаков, И.А. Чуданов // Обработка почвы в степном Заволжье / Под ред. И.А. Чуданова. - Куйбышев, 1980. - С. 25-30.
13. Казаков, Г.И. Влияние проходов тракторов на уплотнение почвы / Г.И. Казаков // Степные просторы. - 1981. - №10. - С. 27-28.
14. Каипов, М.У. Изменение плотности твердости почвы от воздействия движителей колесного трактора / М.У. Каиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2001. — №1. - С. 12-13.
15. Кацыгин, В.В. Взаимодействие ходовых систем тракторов с почвой / В.В. Кацыгин, А.Н. Орда, Н.И. Афанасьев, И.И. Подобедов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1983. — №5. — С. 18-19.
16. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики: сб. науч. тр. — Минск: Урожай, 1964. - Т. XIII. - С. 13-89.
17. Качинский, Н.А. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. — М.: Сельхозгиз, 1927. - 168 с.
18. Качинский, Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. - М.: Высшая школа, 1965.-279 с.
19. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. - М.: Колос, 1994. - 751 с.
20. Климанов, А.В. Повышение проходимости и тягово-сцепных свойств сельскохозяйственных тракторов: учеб. пособие / А.В. Климанов. — Куйбышев: Волжская коммуна, 1982. - 95 с
21. Кононов, А.М. Уплотнение почвы агрегатами / А.М. Кононов, В.А. Гарбар // Мех. и электр. соц. сел. хоз-ва. - 1973. — №1. — С.46—47.
22. Кононов, А.И. Повышать проходимость машин / А.И. Кононов // Земледелие. - 1985. - №2. - С. 34
23. Королев, А.В. Создание оптимального строения пахотного слоя / А.В. Королев, В.Ф. Баранов // Земледелие. - 1965. - №12. - С. 19-24.

24. Кравченко, В.И. Уплотнение почв машинами / В.И. Кравченко. — Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1986. - 96 с.
25. Ксеневиц, И.П. О нормах и методах оценки механического воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники / И.П. Ксеневиц, М.И. Ляско // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1986. - №3. — С.9-15.
26. Ксеневиц, И.П. Проблема воздействия движителей на почву: некоторые результаты исследований / И.П. Ксеневиц, В.А. Русанов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2000. — №1. — С. 15-20.
27. Кушнарев, А.С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении промышленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур: лекция для студентов заочников / А.С. Кушнарев, В.М. Мацепуро. — М.: Всесоюзный СХИ заочного образования, 1986. — 56 с.
28. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины / М.Н. Летошнев. - М.: Гос. изд. с.х. лит., 1955. - 759 с.
29. Медведев, В.В. Изменчивость оптимальной плотности сложения почвы и её причины / В.В. Медведев // Почвоведение. - 1990. - №5. - С. 20-30.
30. Медведев, В.В. Нормирование допустимых нагрузок ходовых систем на почву/ В.В. Медведев, В.Г. Цыбулько, П.И. Схабоджж // Воздействие движителей на почву: сб. науч. тр. / ВИМ. - М., 1988. — Т. 118.-С. 57-67.
31. Нуйкин, А. А. Почвообрабатывающая техника. Технический справочник из серии сельскохозяйственной техники. / А.А. Нуйкин, Н.П. Ларюшин. — Пенза: ПензаАгротех, 2004. - 172с
32. Пронин В.В., Механико-технологическое обоснование комбинированного рабочего органа для мелкой обработки почвы: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / В.В. Пронин. - Пенза: 2007. - 20 с.
33. Разработка технологии и технических средств для разуплотнения почвы после проходов сельскохозяйственных тракторов и машин: отчет о

НИР (промежуточ.) / Самарская ГСХА; Руководитель Ю.А.Савельев -Деп. В ЦНТИ. - № ГР 01.200505416. - Инв. № 02.200602364. - Кинель, 2005. - 37 с.

34. Ревут, И.Б. Физика в земледелии / И.Б. Ревут. - М.: Физматгиз, 1960.-400 с.

35. Рогач Ю.П. Пожежна безпека / Ю.П. Рогач. – Сімферополь: Форма, 2001. – 140 с.

36. Русанов, В.А. Проблема воздействия движителей на почву и эффективное направление её решения / В.А. Русанов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1994. -№5. - С. 12-16.

37. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В.А. Русанов. - М.: ВИМ, 1998. - 368 с.

38. Рыбалко, А.Г. Сельскохозяйственные машины / А.Г.Рыбалко, Н.П. Волосевич, Б.Н. Емелин [и др.]. - М.: Колос, 1992. - 488 с.

39. Савельев, Ю.А. Комбинированное орудие для мелкой осенней полосовой обработки почвы / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин // Вестник Красноярского ГАУ. - 2009. - №3. - С. 137-140.

40. Савельев, Ю.А. Осенью - полосовое рыхление / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин // Сельский механизатор. — 2007. - №10. - С.20.

41. Сапожников, П.М. Физические параметры почв при уплотняющем действии сельскохозяйственной техники / П.М. Сапожников // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1990. - №6. — С.59-67.

42. Сапожников, П.М. Характеристика процессов уплотнения - разуплотнения типичных черноземов / П.М.Сапожников, В.Ф. Уткаев, Н.Щепотьев // Изменение агрофизических свойств почв под воздействием антропогенных факторов: сб. науч. тр. / Почв, ин-т им. В.В. Докучаева. - М., 1990. - С. 11-18.

43. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. - М.: Машиностроение, 1977. - 322 с.

44. Скворцова, Е.Б. Сезонная динамика строения порового пространства в пахотных горизонтах серых лесных почв / Е.Б. Скворцова, П.М. Сапожников // Почвоведение. - 2002. - № 3. - С. 319-326.
45. Скворцова, Е.Б. Трансформация порового пространства уплотненных почв в ходе сезонного промерзания и оттаивания / Е.Б.Скворцова, П.М.Сапожников //Почвоведение. - 1998. -№11. - С. 137-138.
46. Тапоненко, В.С. Уплотнение почвы ходовыми устройствами тракторов / В.С. Гапоненко, Б.Т. Федотов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. — 1974. — №8. -С. 48-50.
47. Тинджюлис, А.П. Внедрять широкозахватные и комбинированные агрегаты / А.П. Тинджюлис, А.В. Зимкувене // Земледелие. - 1985. - №2. - С.33-34.
48. Троицкая, М.Н. Зависимость между силой и деформацией как основа расчета прочности грунтов в дорожных инструкциях / М.Н. Троицкая // Тр. Ин-та ДорНИИ. М., - 1947. - Вып. 7.
49. Управление системой «рабочие органы-почва» с целью оптимизации водного режима в условиях среднего Поволжья: отчет о НИР (промежуточ.) / Самарская ГСХА; Руководитель А.И. Канаев — Исполн.: Есипов В.И., Савельев Ю.А., Парфенов О.М., Иванайский С.А., Нугманова Т.С., Апаликов А.И. — Деп. В ЦНТИ. - № ГР 01950000896. - Инв. № 02.200401544. -Кинель, 2003. - 141 с.
50. Управление системой «рабочие органы-почва» с целью оптимизации водного режима в условиях среднего Поволжья: отчет о НИР (промежуточ.) / Самарская ГСХА; Руководитель А.И. Канаев - Исполн.: Есипов В.И., Савельев Ю.А., Парфенов О.М., Иванайский С.А., Гриднева Т.С., Апаликов А.И. - Деп. В ЦНТИ. - № ГР 01950000896. - Инв. № 02.2004003976. - Кинель, 2004. - 125 с.
51. Цытович, Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная) / Н.А. Цытович. - М.: Высшая школа, 1973. — 446 с.

52. Цытович, Н.А. Основы механики грунтов / Н.А. Цытович. - Л., М.:  
Главная редакция строительной литературы, 1934. — 305 с.