

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

Шуляк М.Л.

“08” квітня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чубенку Сергію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування ґрунтозахисних технологій вирощування культур в системах точного землеробства

керівник роботи: Хворост Тетяна В'ячеславівна, к.е.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” березня 2024 року № 669/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: «19» липня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Нормативно-технічна документація по розробці механізованих технологічних процесів у рослинництві. 2. Науково-технічна література. 3. Літературні джерела інформації та Інтернет ресурси. 4. Монографії, тощо за темою наукового дослідження. 5. Методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Теоретичні аспекти точного землеробства. 2. Методики вимірювання твердості ґрунтів та складання технологічних карт. 3. Експериментальна частина. 4. Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Список літературних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Хворост Т.В.		
Економічне обґрунтування роботи	Мікуліна М.О.		

7. Дата видачі завдання «08» квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів дипломної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником дипломної (магістерської) роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	до 12.04.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.04.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 19.04.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 22.04.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Аналітична частина»	до 26.04.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Основна частина»	до 03.06.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Охорона праці»	до 14.06.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Економічна доцільність»	до 28.06.2024 р.	
9.	Написання висновків та пропозицій	до 05.07.2024 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 08.07.2024 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 15.07.2024 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 19.07.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Чубенко С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної (магістерської) роботи

_____ (підпис)

Хворост Т.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг дипломної роботи складає: 64 сторінки друкованого матеріалу
кількість ілюстрацій 25 шт., таблиць 5 шт., список використаних джерел - 27 шт.

Магістерська робота "Обґрунтування ґрунтозахисних технологій вирощування культур в системах точного землеробства" присвячена вирішенню питання зменшення ущільнення ґрунту та розробці заходів щодо розуцільнення ґрунтів із застосуванням сучасних технологій цифрового землеробства.

Автор магістерської роботи має наукову публікації в Збірник наукових праць науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (14-16 травня 2024 р.). м. – Суми, 2024.

Ключові слова: СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, ЩІЛЬНІСТЬ ГРУНТУ, ТВЕРДІСТЬ ГРУНТУ, РОЗУЦІЛЬНЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Теоретичні аспекти точного землеробства	9
1.1 Технології та методи точного землеробства	9
1.2 Роль цифрових технологій у точному землеробстві	10
1.3 Переваги та обмеження використання точного землеробства...	11
1.4 Основні аспекти ґрунтозахисних технологій у системах точного землеробства.....	14
Висновок.....	16
2 Методики вимірювання твердості ґрунтів та складання технологічних карт.....	17
2.1 Загальні відомості	17
2.2 Будова і призначення пенетрометра S600.....	21
2.3 Методика вимірювання	26
2.4 Обробка даних	30
2.5 Складання технологічних карт.....	31
Висновок	34
3 Експериментальна частина	35
3.1 Програма досліджень	35
3.2 Вимірювання твердості та обробка результатів	36
3.3 Розробка плану механізованих робіт при вирощуванні пшениці озимої.....	44
3.4 Розрахунок екологічної оцінки технології вирощування пшениці озимої за критерієм ущільнення ґрунту.....	47
Висновок.....	50
4 Охорона праці.....	52
4.1 Організаційні заходи з охорони праці	52
4.2 Аналіз шкідливих факторів при роботі з цифровим пенетрометром у полі.....	52
Висновок	54
5 Економічне обґрунтування роботи	55

5.1 Суть економічного ефекту.....	55
5.2 Розрахунок економічної ефективності	55
Висновок	59
Загальні висновки.....	60
Список використаних джерел.....	62
Додатки	

ВСТУП

Сучасне сільське господарство постає перед численними викликами, серед яких одним із найважливіших є збереження та покращення родючості ґрунтів. Ущільнення ґрунтів внаслідок використання важкої сільськогосподарської техніки є однією з основних причин зниження їх продуктивності та погіршення екологічного стану агроландшафтів. У зв'язку з цим розробка і впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування культур набувають особливої актуальності.

Системи точного землеробства, що ґрунтуються на застосуванні сучасних цифрових технологій, відкривають нові можливості для оптимізації агротехнічних процесів та зменшення негативного впливу на ґрунти. Використання GPS-навігації, автоматичного керування сільськогосподарською технікою, диференційного внесення добрив і засобів захисту рослин дозволяє більш раціонально використовувати ресурси та знижувати ступінь ущільнення ґрунту.

Метою магістерської роботи є обґрунтування ґрунтозахисних технологій вирощування культур в системах точного землеробства та розробка заходів щодо розущільнення ґрунтів із застосуванням сучасних технологій цифрового землеробства.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні **завдання**:

- Аналіз сучасного стану проблеми ущільнення ґрунтів в агроекосистемах.
- Визначення впливу різних технологій вирощування культур на ущільнення ґрунту.
- Дослідження ефективності систем точного землеробства у зменшенні ущільнення ґрунту.
- Розробка та обґрунтування методів розущільнення ґрунтів із застосуванням цифрових технологій.
- Оцінка економічної та екологічної ефективності запропонованих ґрунтозахисних технологій.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси вирощування сільськогосподарських культур в умовах застосування систем точного землеробства, що призводять до зменшення ущільнення ґрунтів і вимірювання їх твердості.

Предметом дослідження є вплив сучасних цифрових технологій на ступінь ущільнення ґрунтів та розробка методів розуцільнення ґрунтів.

У процесі виконання роботи використовувались загальнонаукові **методи дослідження**: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, а також спеціальні методи: польові експерименти, лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів, економічний аналіз ефективності застосування ґрунтозахисних технологій.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні та розробці комплексних ґрунтозахисних технологій вирощування культур на основі систем точного землеробства. Було проведено комплексне дослідження впливу цифрових технологій на ступінь ущільнення ґрунтів та запропоновано методи їх розуцільнення.

Результати дослідження можуть бути використані в практичній діяльності сільськогосподарських підприємств для підвищення ефективності технологічних процесів вирощування культур та зменшення негативного впливу на ґрунти. Запропоновані ґрунтозахисні технології сприятимуть збереженню родючості ґрунтів, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур та покращенню екологічного стану агроландшафтів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

1.1 Технології та методи точного землеробства

Технології та методи точного землеробства використовуються для оптимізації сільськогосподарських процесів та максимізації врожайності, враховуючи варіабельність угідь та інших факторів. Давайте розглянемо основні технології та методи, що використовуються в точному землеробстві:

1. *GPS-технології:*

- Геопросторове картографування: Використовується для створення детальних карт угідь, які відображають різниці у властивостях ґрунту, вологості, врожайності тощо.

- Автоматичне управління машинами: GPS дозволяє автоматизувати рух та роботу сільськогосподарських машин, що дозволяє точно виконувати агротехнічні операції.

- Посів та добривація за GPS: Розрахована на точну розмітку та нанесення на поля рослинних матеріалів та добрив, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів.

2. *Дистанційне зондування:*

- Супутникові зображення: Використовуються для оцінки стану угідь, визначення вологоносності, врожайності та інших параметрів, що допомагає визначити оптимальні стратегії управління.

- Теплові карти: Використовуються для визначення температурних різниць у ґрунті та рослинах, що дозволяє виявляти проблеми з водопостачанням та стресові умови рослин.

3. *Сучасні методи обробки ґрунту та розподілу добрив:*

- Прицільне внесення добрив: Використовується для точного нанесення добрив в зони з високим потенціалом врожайності, що дозволяє ефективно використовувати ресурси та зменшує негативний вплив на довкілля.

- *Мульчування та обробка за допомогою GPS:* Використовується для створення оптимальних покривних структур на полях та точного розподілу матеріалів для підживлення ґрунту.

- *Точне зрошення та полив:* GPS дозволяє точно керувати системами зрошення та поливу, забезпечуючи рівномірне забезпечення водою та уникнення перенасичення деяких ділянок.

Ці технології та методи дозволяють фермерам максимізувати ефективність виробництва, зменшуючи витрати та негативний вплив на довкілля. Вони дозволяють точно реагувати на варіабельність угідь та мінімізувати втрати ресурсів, що робить їх ключовими компонентами сучасного точного землеробства.

1.2 Роль цифрових технологій у точному землеробстві

Роль цифрових технологій у точному землеробстві є критичною, оскільки вони сприяють вдосконаленню агротехнічних процесів, підвищенню продуктивності та оптимізації управління сільськогосподарськими угіддями. Давайте розглянемо детальніше роль сучасних інформаційних технологій, аналізу даних та Інтернету речей у вдосконаленні точного землеробства:

1. Сучасні інформаційні технології:

- *Системи управління фермою (Farm Management Systems, FMS):* Ці системи дозволяють збирати, зберігати та аналізувати дані про сільськогосподарські угіддя та процеси вирощування рослин. Вони надають можливість керувати різними аспектами фермерської діяльності, включаючи планування робіт, контроль запасів, облік витрат тощо.

- *Інтернет речей (Internet of Things, IoT):* Системи IoT дозволяють зв'язувати сільськогосподарське обладнання та датчики з мережею Інтернет, що дозволяє отримувати реальний час інформації про стан угідь, рівень вологості, температуру тощо. Це дозволяє фермерам швидко реагувати на зміни умов та приймати обґрунтовані рішення.

2. Аналіз даних:

- Big Data в агрономії: Обробка та аналіз великих обсягів даних дозволяє виявляти патерни, тренди та кореляції у сільськогосподарських процесах. Це допомагає фермерам приймати кращі управлінські рішення, оптимізувати використання ресурсів та підвищувати ефективність виробництва.

- Машинне навчання та штучний інтелект: Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє прогнозувати врожаї, виявляти хвороби та шкідників, рекомендувати оптимальні сільськогосподарські практики на основі аналізу даних.

3. Інтерактивні технології та зв'язок:

- Мобільні додатки та платформи: Додатки для смартфонів та платформи забезпечують доступ до важливої інформації для фермерів в будь-який час та в будь-якому місці. Вони дозволяють моніторити та керувати сільськогосподарськими процесами зручним та ефективним способом.

- Віддалений моніторинг та керування: Інтерактивні технології дозволяють фермерам віддалено моніторити стан угідь та обладнання, керувати агротехнічними процесами та реагувати на зміни в реальному часі.

1.3 Переваги та обмеження використання точного землеробства

Переваги використання точного землеробства:

1. Підвищення врожайності: Точне землеробство дозволяє зробити оптимізацію по використанню: добрив, вода та насіння, що призводить до збільшення врожайності.

2. Ефективне використання ресурсів: Застосування точного землеробства дозволяє фермерам точно визначити потреби угідь та застосовувати агротехнічні заходи лише там, де вони дійсно потрібні, що зменшує витрати на добрива, воду та енергію.

3. Зменшення впливу на довкілля: Ефективне використання ресурсів та точна аплікація агротехнічних заходів дозволяють зменшити негативний вплив сільського господарства на екологію .

4. Покращення якості продукції: Точне землеробство дозволяє забезпечити рівномірний розподіл добрив та інших агрохімікатів, що може покращити якість та однорідність врожаю.

5. Підвищення ефективності праці: Використання автоматизованих систем та GPS-технологій дозволяє зменшити фізичне навантаження на фермерів та зробити сільське господарство більш ефективним.

Обмеження використання точного землеробства:

1. Високі витрати на впровадження: Інвестування і впровадження технологій точного землеробства

2. Складнощі інтеграції: Інтеграція різних систем та технологій точного землеробства може бути складною, особливо для невеликих фермерських господарств з обмеженими ресурсами.

3. Необхідність доступу до технологій та навичок: Використання точного землеробства передбачає наявність доступу до сучасних технологій та навичок управління ними, що може бути проблемою для деяких фермерів.

4. Питання приватності та безпеки даних: База даних викликає питання до безпеки цих даних.

5. Потреба в сталому підході: Ефективне використання точного землеробства потребує системного підходу та постійного моніторингу, що може бути викликом для фермерів.

7. Перспективи розвитку точного землеробства

Перспективи розвитку точного землеробства є обіцяючі і включають різноманітні напрями вдосконалення технологій, розширення застосування та можливості інтеграції з іншими галузями аграрного виробництва. Ось деякі з них:

1. Розвиток сенсорних технологій: Вдосконалення сенсорних систем та датчиків дозволить отримувати більше точних даних про угруповання рослин, стан ґрунту, кліматичні умови тощо. Це дозволить більш точно прогнозувати потреби рослин та оптимізувати агротехнічні процеси.

2. Розширення застосування штучного інтелекту та машинного навчання: Використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання дозволить розробляти більш точні прогнози, аналізувати великі обсяги даних та розробляти інноваційні стратегії вирощування.

3. Інтеграція з дронами та безпілотними технологіями: Використання дронів та безпілотних технологій для моніторингу полів, аналізу рослинного покриву та нанесення добрив дозволить збільшити ефективність та точність сільськогосподарських процесів.

4. Розвиток платформ інтеграції даних: Створення платформ, які об'єднують дані з різних джерел (супутникові зображення, дрони, сенсори тощо) та надають аналітичні інструменти для їх аналізу, дозволить фермерам з легкістю управляти та оптимізувати свої поля.

5. Інтеграція з агротехнологіями та генетичними дослідженнями: Посилення співпраці з агротехнологічними компаніями та провідними науковими установами у галузі генетичних досліджень дозволить розробляти нові сорти рослин, які були більш адаптованими до умов конкретного поля та більш стійкими до шкідників та хвороб.

6. Екосистеми агротехнологічного стартап-інкубатора: Створення екосистем, що підтримують стартапи в галузі точного землеробства, допоможе сприяти розвитку та інноваціям у сфері агротехнологій.

7. Інтеграція зі смарт сільським господарством: Зв'язок точного землеробства з концепцією смарт сільського господарства дозволить створити інтегровану систему керування, яка автоматизує та оптимізує всі аспекти фермерської діяльності, від вирощування рослин до управління виробництвом.

Ці напрями розвитку допоможуть покращити ефективність, економічну доцільність та сталість точного землеробства, що зробить його більш привабливим та доступним для фермерів у майбутньому.

1.4 Основні аспекти ґрунтозахисних технологій у системах точного землеробства

1 Вплив ущільнення ґрунту на продуктивність культур

Ущільнення ґрунту є серйозною проблемою для сільського господарства, оскільки воно знижує пористість ґрунту, обмежує рух води та повітря, а також кореневий ріст рослин. Ущільнення може бути спричинене важкою сільськогосподарською технікою, надмірним проходженням техніки по одному і тому ж маршруту, а також природними процесами, такими як осідання ґрунту після рясних дощів.

Негативні наслідки ущільнення ґрунту включають:

- Зниження водопроникності, що призводить до збільшення стоку поверхневих вод і ерозії ґрунту.
- Обмеження росту кореневої системи, що знижує доступ рослин до води та поживних речовин.
- Зменшення аерації ґрунту, що негативно впливає на мікробіологічну активність і родючість ґрунту.

2 Методи визначення ступеня ущільнення ґрунту

Для ефективного управління ущільненням ґрунту в системах точного землеробства необхідно використовувати сучасні методи моніторингу та оцінки ступеня ущільнення. Серед таких методів:

1. Пенетрометрія: Використання пенетрометрів для вимірювання опору ґрунту при проникненні конуса. Цей метод дозволяє оцінити щільність ґрунту на різних глибинах.

2. Лазерне сканування: Використання лазерних сканерів для створення тривимірних моделей ґрунтового профілю та визначення ступеня його ущільнення.

3. Геофізичні методи: Використання електромагнітних індукційних методів та радарів для оцінки структурних змін у ґрунті.

4. Дистанційне зондування: Використання супутникових знімків та дронів для моніторингу стану ґрунту і рослин, що дозволяє виявити зони підвищеного ущільнення.

3 Ґрунтозахисні технології зменшення ущільнення ґрунту

У системах точного землеробства застосовуються різноманітні технології для зменшення ущільнення ґрунту та збереження його структури:

1. Контроль руху техніки: Планування маршрутів руху сільськогосподарської техніки для мінімізації проходжень по одному і тому ж місцю. Використання GPS-навігації для точного управління траєкторією руху техніки.

2. Безвідвальна обробка ґрунту: Зменшення частоти та глибини обробки ґрунту для збереження його структури і зменшення ущільнення. Використання спеціалізованих агрегатів, які мінімально впливають на структуру ґрунту.

3. Сівозміна: Введення сівозміни культур з різною кореневою системою для поліпшення структури ґрунту та зменшення ризику ущільнення. Розміщення культур, що потребують різних обробок ґрунту, в послідовності, яка мінімізує ущільнення.

4. Покривні культури: Використання покривних культур для збереження структури ґрунту та зниження ущільнення. Покривні культури сприяють збільшенню органічної речовини в ґрунті і покращенню його фізичних властивостей.

4. Використання систем точного землеробства для управління ущільненням ґрунту

Системи точного землеробства надають можливість інтеграції різноманітних технологій для ефективного управління ущільненням ґрунту. Серед основних компонентів ТЗ, які використовуються для цього завдання:

1. GPS-навігація: Забезпечує точне управління рухом техніки, що знижує ймовірність ущільнення ґрунту внаслідок повторного проходження техніки по одному і тому ж місцю.

2. Варіабельне внесення добрив та води: Дозволяє оптимізувати використання ресурсів залежно від конкретних умов на полі, що сприяє зниженню негативного впливу на ґрунт.

3. Дистанційне зондування та аналіз даних: Використання даних з супутників і дронів для моніторингу стану ґрунту і виявлення зон підвищеного ущільнення.

4. Автоматизовані системи обробки даних: Інтеграція різних джерел даних для створення карт ущільнення ґрунту і планування відповідних агротехнічних заходів.

Висновок

Впровадження ґрунтозахисних технологій в системах точного землеробства є важливим кроком на шляху до стійкого сільського господарства. Використання сучасних методів моніторингу і оцінки ступеня ущільнення ґрунту, а також інтеграція різноманітних технологій для управління цим процесом, дозволяють зберегти структуру ґрунту, підвищити його родючість та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Такий підхід забезпечує ефективне вирощування культур та сприяє довгостроковій стійкості аграрних систем

2 МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТІВ ТА СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

2.1 Загальні відомості

Методика вимірювання твердості ґрунтів та складання технологічних карт передбачає оцінку фізичних властивостей ґрунту, зокрема, його стійкості до деформацій та здатності витримувати тиск, що накладається на нього, наприклад, тиск рушіїв трактора. Основні етапи цієї методики включають в себе:

1. Визначення тиску рушіїв енергомашин, їх значення величини
 - Для вимірювання тиску рушіїв використовуються спеціальні пристрої, наприклад, шиномонтажний тискомір або плита з відомим розміром і вагою. Після цього виконуються вимірювання тиску, який трактор накладає на ґрунт за допомогою цих пристроїв.

2. Визначення залежності: тиск рушія та маса трактора
 - Зазвичай, зі збільшенням маси трактора, тиск, який він накладає на ґрунт, також збільшується. Це може бути розглянуто як один з факторів, які впливають на твердість ґрунту.

Така залежність є важливим аспектом в агротехніці, оскільки вона впливає на стійкість ґрунту, його водопроникність, а також на врожайність та якість урожаю. Чим більша маса трактора, тим більший тиск він накладає на ґрунт, що може мати як позитивні, так і негативні наслідки.

Для оптимального розвитку рослин щільність ґрунту має знаходитись в межах 1,08...1,3 г/см³ [3]. Користуючись довідковою літературою [4, 5] встановили величину тиску рушіїв тракторів на ґрунт (табл. 2.1). Це необхідно для того, щоб ми могли планувати перспективний план механізованих процесів при вирощуванні соняшника та пшениці озимої.

Таблиця 2.1 – Величина тиску рушіїв тракторів на ґрунт

Трактор	Тиск на ґрунт, кг/см ²
ХТЗ-150К-09	1,65
ХТЗ-16131К	1,62
МТЗ-82.1	1,0
ДТ-75М	0,4
Т-70С	0,35

Зважаючи на дані табл. 2.1 нами були отримані дві залежності, які чітко характеризують залежність тиску рушіїв трактора на ґрунт від маси (рис. 2.1).

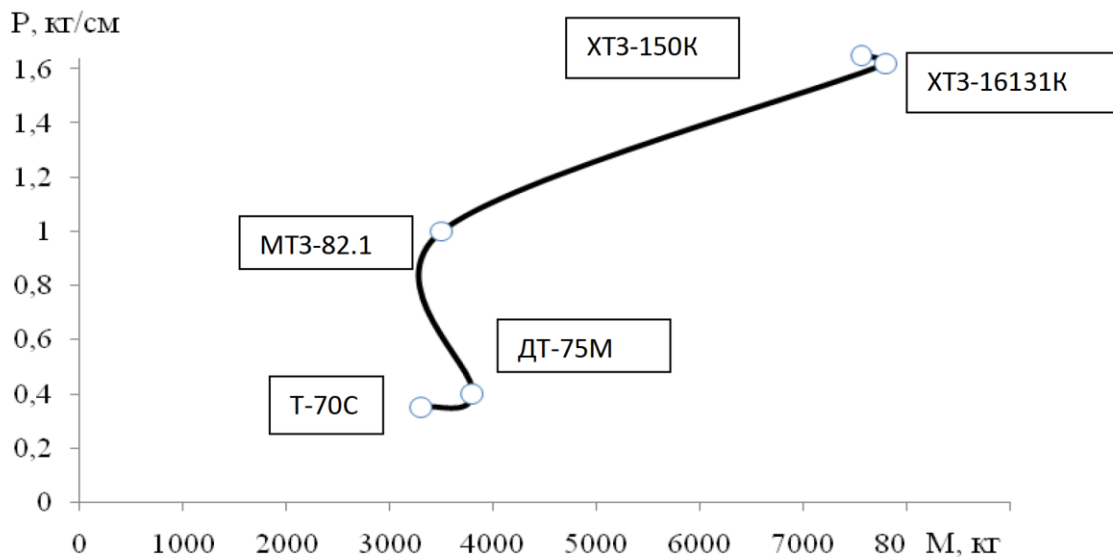


Рисунок 2.1 - Залежність тиску рушіїв трактора на ґрунт від його маси

З рис.2.1 можна побачити чітку залежність між величиною тиску на ґрунт та типом рушіїв тракторів. У даному господарстві гусеничні трактори відсутні.

Таким чином, основним критерієм раціонального використання техніки та стримування надмірного ущільнення ґрунту колісними рушіями є контроль твердості ґрунту, складання карт твердості та розробка операційно-технологічних заходів, направлених на зменшення негативної дії рушіїв на ґрунти. Зауважимо, що ми будемо контролювати параметр твердості ґрунту, а не щільності.

При збільшенні маси трактора зазвичай спостерігається збільшення тиску, який він накладає на ґрунт. Це відбувається через простий фізичний закон: чим більше маса трактора, тим більше сили він здатний використовувати на підсилення тиску на підкладки або колеса, які контактують з ґрунтом.

На практиці, така залежність може бути представлена наступним чином:

1. Лінійна залежність: У деяких випадках тиск, накладений трактором на ґрунт, збільшується пропорційно його масі. Це може бути характерно для однорідних ґрунтів та однакових умов покриття.

2. Нелінійна залежність: У складних умовах, коли ґрунт має різну глибину, вологість або композицію, залежність може бути нелінійною. Наприклад, при великих масах тракторів може відбуватися непропорційне збільшення тиску на ґрунт через мінливість умов його підкладки.

3. Критичні межі: Для кожного конкретного типу ґрунту та умов роботи існують критичні межі, коли збільшення маси трактора може призвести до значного погіршення стану ґрунту та зменшення врожайності.

Урахування цієї залежності дозволяє фермерам вибирати оптимальні моделі тракторів та використовувати їх на полях з максимальною ефективністю, мінімізуючи негативний вплив на ґрунтове середовище та максимізуючи врожайність.

3. Визначення твердості ґрунту:

○ Твердість ґрунту можна виміряти пенетрометром, яким виміряють опорний опір ґрунту на певну глибину. Результати вимірювань дозволяють оцінити твердість ґрунту.

Твердість ґрунту є ключовим параметром, який визначає його стійкість до деформацій та здатність витримувати навантаження, що накладається на нього. Це важливий показник в агротехніці, оскільки від твердості ґрунту залежить можливість використання різноманітних технічних засобів, таких як трактори, комбайни, а також ефективність проведення сільськогосподарських робіт.



Рисунок 2.2 – Залежності твердості і щільності ґрунту

Твердість ґрунту визначається його фізичними властивостями, такими як розмір часток, їхня форма, структура, вологість та склад. Вимірювання твердості може проводитися за допомогою різноманітних приладів, таких як твердомір або конусний пенетрометр. Ці прилади дозволяють виміряти опорний опір ґрунту на певну глибину, що дозволяє оцінити його твердість.

Залежно від типу робіт, які планується виконати на ґрунті, може бути важливою як висока, так і низька твердість ґрунту. Наприклад, для посіву насіння або обробки ґрунту може бути бажаною певна м'якість, яка дозволяє насінню проростати або розподілити рідку речовину, таку як добрива. З іншого боку, для проведення важких сільськогосподарських робіт, таких як збирання врожаю або обробка ґрунту на глибину, може бути необхідною висока твердість, щоб забезпечити стійкість та ефективність виконання цих робіт.

Для забезпечення оптимальних умов для сільськогосподарських робіт важливо мати інформацію про твердість ґрунту на конкретному полі. Це дозволяє фермерам вибирати відповідну техніку та оптимізувати умови для виконання робіт з підвищенням врожайності.

2.2 Будова і призначення пенетрометра S600

Цифровий пенетрометр S600, виробництва компанії Skok Agro (Україна), є сучасним інструментом для вимірювання твердості ґрунту та визначення його опорного опору на певну глибину. Цей прилад дозволяє здійснювати точні та надійні вимірювання, які можуть бути використані для планування сільськогосподарських робіт та будівельних проектів. Цифровий пенетрометр S600, вироблений компанією Skok Agro, вражає своєю функціональністю та можливостями. Однією з його ключових особливостей є наявність вбудованого приймача GPS-сигналів, що відкриває безліч можливостей для аналізу даних та створення карт вимірювань.

Завдяки GPS-приймачу, пенетрометр може автоматично записувати координати точок вимірювань під час проходження по полю. Це дозволяє точно визначати місця, де здійснювалися вимірювання, і в подальшому створювати детальні карти твердості ґрунту. Така можливість допомагає фермерам та агрономам аналізувати різноманітні аспекти стану ґрунту на їхніх полях, виявляти зони з різною твердістю та розробляти індивідуальні стратегії обробки землі.

Додатково, наявність GSM-антени та Sim-карти дозволяє передавати зібрані дані в реальному часі на сервер або до спеціальної програми на комп'ютері чи мобільному пристрої. Це значно полегшує процес обробки даних та швидкої їхньої аналізу та інтерпретацію. Крім того, наявність карти пам'яті на 2000 замірів дозволяє зберігати великий обсяг інформації без необхідності постійного вивантаження на зовнішні пристрої.

Загалом, ці функціональність та можливості пенетрометра S600 дозволяють забезпечити максимальну ефективність вимірювань та аналізу даних в агросекторі, що робить його незамінним інструментом для фахівців в галузі агрономії та землевпорядкування.



Рисунок 2.3 – Цифровий пенетромтр S600

Призначення:

1. Вимірювання твердості ґрунту на різних глибинах.
2. Визначення опорного опору ґрунту для планування сільськогосподарських робіт.
3. Контроль якості ґрунту для будівельних проектів.
4. Оцінка стійкості ґрунту для визначення оптимальних умов для сільськогосподарських робіт та будівельних проектів.

Програмне забезпечення, що супроводжує цифровий пенетромтр S600 від компанії Skok Agro, представлене у вигляді особистого кабінету користувача на веб-сайті "portal.skokagro.com". Цей особистий кабінет надає користувачам зручний та централізований доступ до зібраних даних, а також різноманітних сервісів та функцій, пов'язаних з використанням пенетромтра та аналізом результатів вимірювань. (див.рис. 2.4)

Основні можливості та функціональність цього програмного забезпечення включають:

1. Створення особистого кабінету користувача: Кожен користувач отримує особистий обліковий запис на веб-сайті "portal.skokagro.com", що дозволяє зберігати та керувати своїми даними.

2. Передача та зберігання даних: Користувач може завантажувати зібрані дані з пенетромтра на свій обліковий запис через інтерфейс веб-

сайту. Ці дані зберігаються в безпечному хмарному сховищі та доступні для подальшого аналізу.

3. Аналіз даних: Програмне забезпечення надає користувачам інструменти для аналізу та обробки зібраних даних. Це може включати візуалізацію результатів вимірювань у вигляді графіків, таблиць та інших форматів.

4. Генерація звітів: Користувачі можуть створювати звіти на основі зібраних даних для подальшого використання у виробничих процесах, звітності або інших цілях.

5. Керування налаштуваннями: У особистому кабінеті користувач може налаштовувати різноманітні параметри та опції, що стосуються роботи з пенетрометром та аналізу даних.

6. Технічна підтримка та навчання: Програмне забезпечення може надавати доступ до довідкової інформації, інструкцій, відеоуроків та інших матеріалів, які допомагають користувачам в оволодінні технікою та використанні пенетрометра.

Загалом, це програмне забезпечення надає користувачам зручні та потужні інструменти для збору, аналізу та використання даних, що дозволяє покращити ефективність та результативність сільськогосподарських робіт.

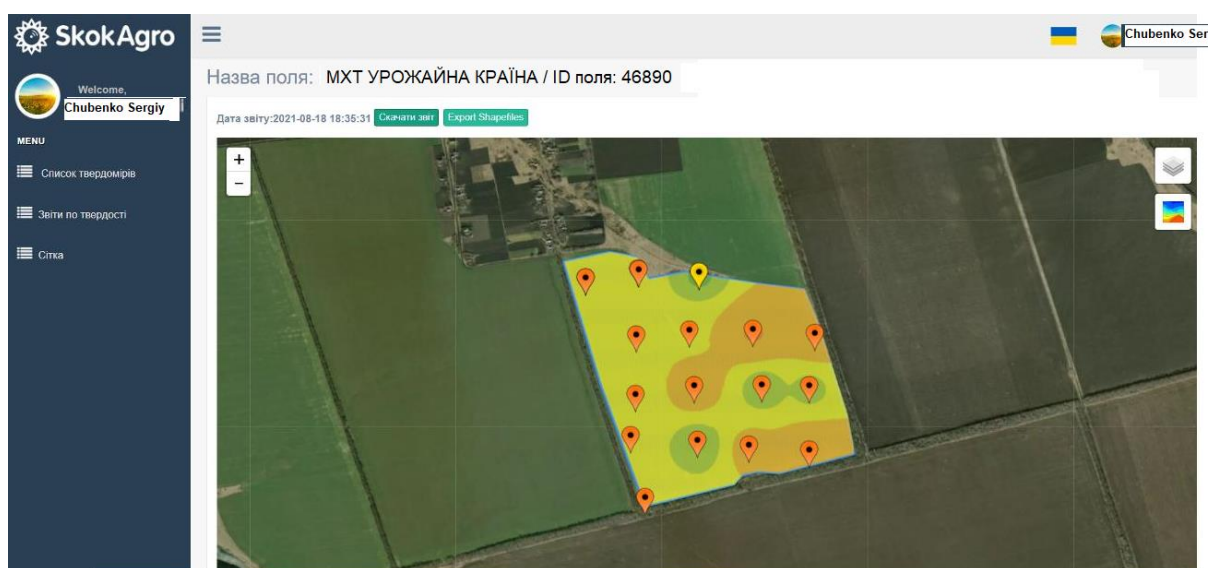


Рисунок 2.4 - Інтерфейс особистого кабінету користувача пенетрометра S600

Цифровий пенетрометр S600 оснащений вбудованим дисплеєм, на якому відображається інформація про вимірювання 1. Для керування та налаштування використовуються спеціальні кнопки.

Шток це довгий металевий валик 3, який проникає в ґрунт під дією тиску. Шуп 2 з'єднується з тензометричною станцією, яка забезпечує рухомість та контроль глибини проникнення. На кінці штоку (щупа) розташований конусний датчик, який проникає в ґрунт під час вимірювання. Конус 4 має певний радіус і дозволяє виміряти опорний опір ґрунту на різних глибинах.

Пенетрометр живиться вбудованим акумулятором, який забезпечує безперервну роботу пристрою. Для зарядки акумулятора в комплекті є зарядний пристрій.

Пенетрометр S600 має інтерфейси для підключення до комп'ютера або мобільного пристрою для збереження даних або вивантаження результатів вимірювань.

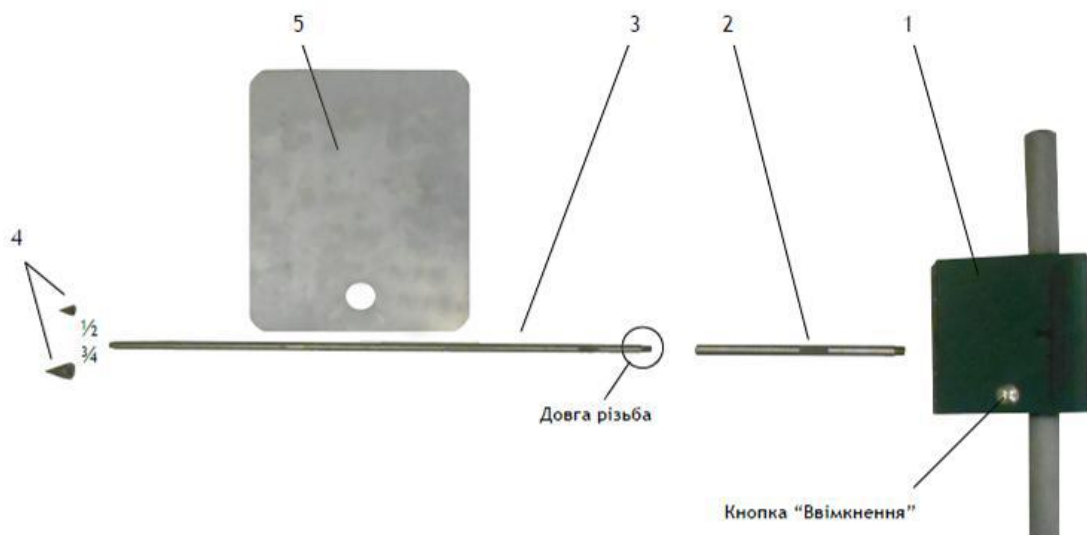


Рисунок 2.5 – Будова пенетрометра: 1 - вимірювальний блок; 2 - шуп для з'єднання з тензодатчиком; 3 - вимірювальний шуп; 4 - наконечники 1/2" для звичайних ґрунтів, 3/4" для піску або дуже вологого ґрунту; 5 – металева пластина для ви- значення глибини занурення щупа.

Пенетрометр має власний акумулятор, який заряджається від звичайного адаптера для мобільних телефонів або від ноутбука через USB-порт.

На вимірювальному блоці зверху розташований багатофункціональний екран (рис.2.6). На ньому відображаються необхідні функції, налаштування.

Також на ньому відображається поточне положення за GPS-координатами, та кількість супутників (рис.2.6), що визначає точність фіксації Вашого положення на поверхні Землі. При першому запуску необхідно дочекатися встановлення зв'язку приладу з якомога більшою кількістю супутників – це підвищить точність положення дослідника. У нижній частині екрану з'являться координати положення – прилад фіксує координати місцеположення.

Налаштування вимірювального блока:

Після запуску приладу ви побачите стартовий екран.

Бажано дочекатися визначення GPS-координат.

Для перегляду статусу пошуку натисніть на кнопку "GPS".

GPS-координати буде визначено коли іконка супутника змінить колір на зелений, та в полях Lat та Lng з'являться координати.

В центральній частині екрану Ви бачите кількість та рівень сигналу супутників які побачив твердомір.

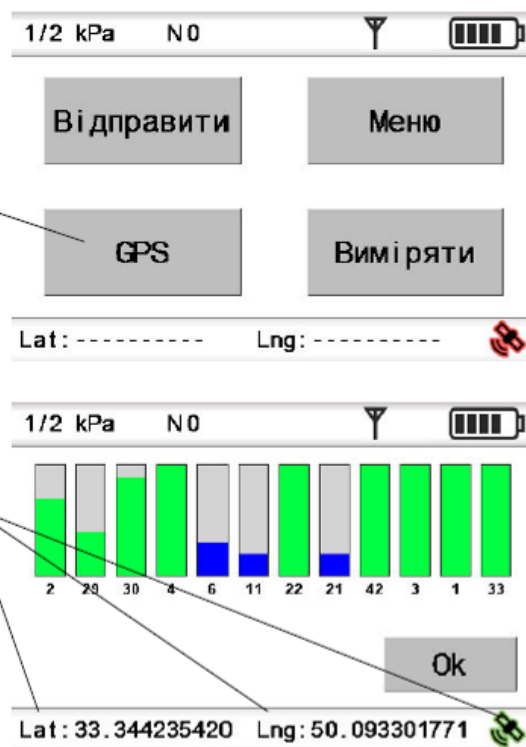


Рисунок 2.6. - Основне меню, яке відображається на екрані при запуску приладу в роботу

На екрані обираються функції: мова (англійська, українська, іспанська, російська); вид конічного наконечника (1/2 або 3/4 дюйма); одиниця вимірювання (кПа, кг/см², psi) та інші.

Після того, як встановлено зв'язок із супутниками GPS і встановлено основні параметри приладу, можна переходити до вимірювань.

2.3 Методика вимірювання

Методик вимірювання твердості ґрунту за допомогою цифрового пенетрометра S600 компанії Skok Agro включає в себе ряд етапів та функцій, що забезпечують точність та зручність процесу вимірювань.

Особистий кабінет користувача на веб-сайті "portal.skokagro.com" має функцію "Сітка", яка дозволяє розташовувати точки вимірювань на мапі у вигляді сітки. Це спрощує планування робочих ділянок та розміщення точок вимірювань на полі.(рис.2.7)

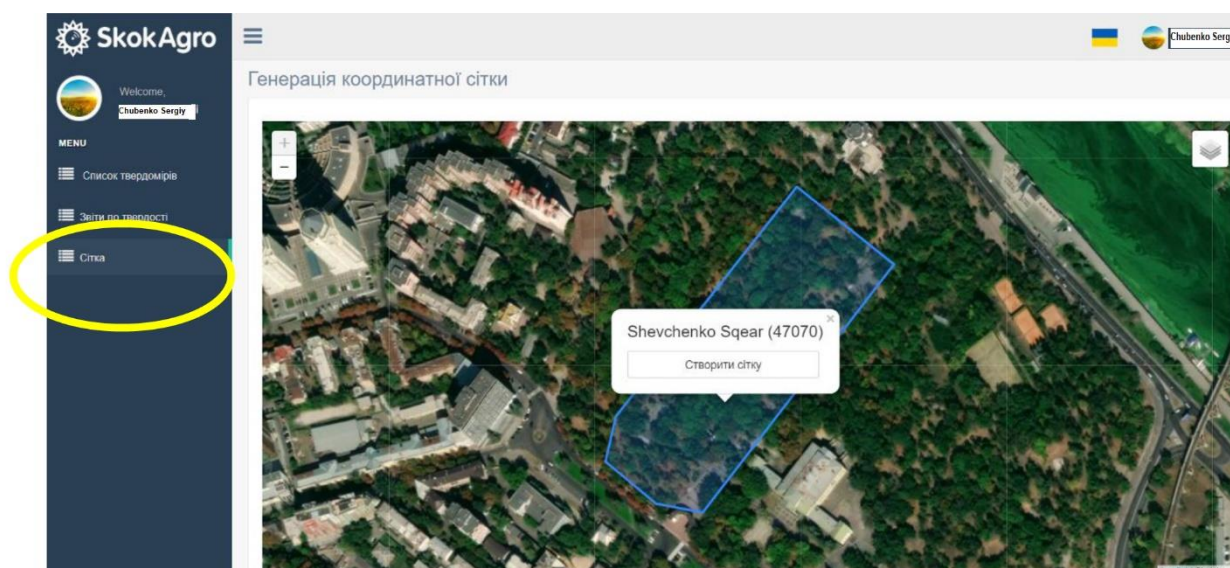


Рисунок 2.7 - Функція «Сітка» дозволяє генерувати точки вимірювань, що рівновіддалені одна від одної

Також при створенні сітки, програма пропонує визначити частоту вимірювань (рис.2.8). Це може бути одне вимірювання на 15 га, на 10 га, на 5 га або інша дискретність, визначена самим оператором. Ця величина залежить від площі поля і від бажаної точності побудови майбутньої карти твердості поля.

Після того, як сітка створена, її необхідно сумістити з реальним положенням оператора в просторі. Для цього, необхідно викачати файл, який містить інформацію про розташування сітки у форматі «KML». Для цього необхідно натиснути кнопку «Скачать KML» (обведено овалом на рис.2.8). Файл необхідно відправити на власну пошту, щоб потім його викачати звідти на свій смартфон.

Встановлюємо необхідну частоту вимірювань (на 15 га, на 10 га, на 5 га), тобто інтервал між кожним заміром твердості ґрунту. Це дозволяє збирати дані з різних ділянок поля з необхідною частотою для отримання повного обсягу інформації(рис.2.8)

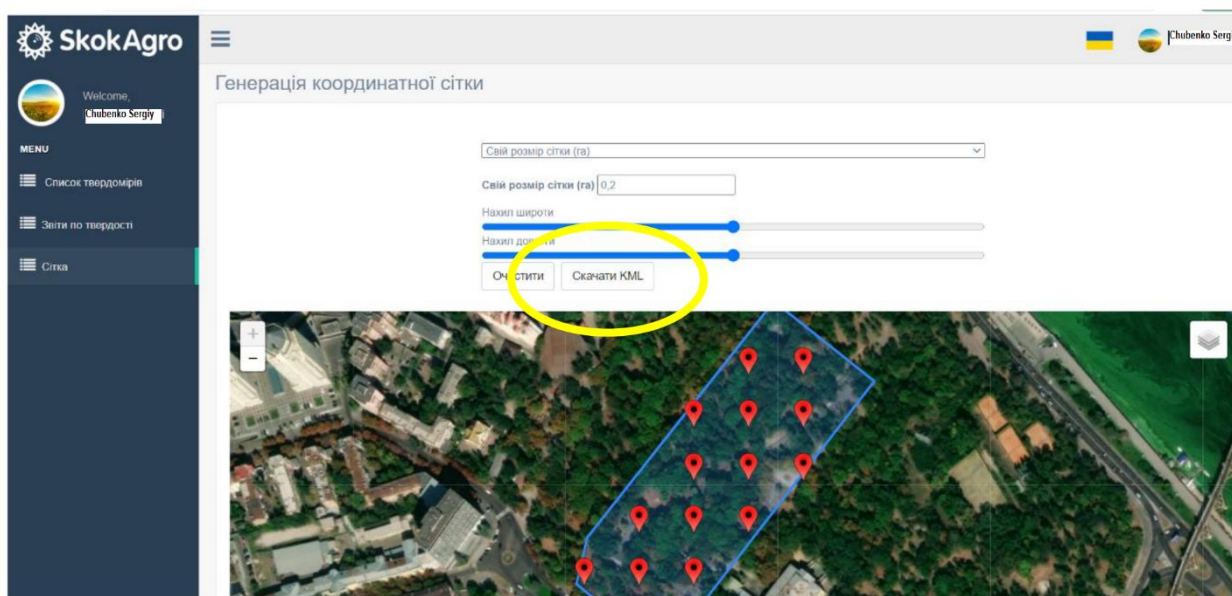


Рисунок 2.8 - Побудова сітки вимірювань: точки наносяться на поле автоматично при визначенні величини дискретності.

Пенетрометр S600 забезпечений GPS-приймачем, який дозволяє визначати реальне положення оператора на полі. Це допомагає уточнити місцезнаходження кожної точки вимірювання на мапі та враховувати географічні особливості поля під час аналізу результатів. Після завершення вимірювань завантажуюмо файли з результатами у форматі "KML", який є стандартом для обміну географічними даними. Ці файли можуть бути використані в інших програмах для подальшого аналізу або інтеграції з іншими геопросторовими даними.(див. овал на рис.2.8)

Для вимірювання твердості ґрунту можна використовувати навігаційний додаток "Locus Map", який дозволяє суміщувати точки навігації з точками вимірювань, що полегшує процес навігації та збору даних на місцевості.

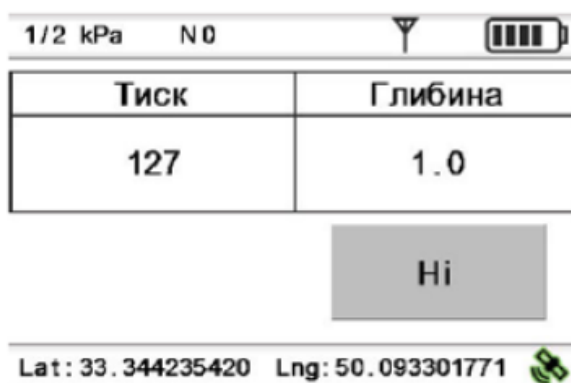
Загалом, ці функції та можливості програмного забезпечення, що супроводжує цифровий пенетрометр S600, роблять процес вимірювання твердості ґрунту ефективним та зручним для користувачів, дозволяючи отримувати надійні результати та аналізувати дані для прийняття обґрунтованих рішень.

Методика вимірювання твердості ґрунту за допомогою цифрового пенетрометра S600 включає наступні етапи:

1. Вибір ділянки поля з рівною поверхнею: Початковим кроком є вибір оптимальної ділянки на полі, яка має рівну поверхню без ямок або випадин.

Піднімаючи твердомір, виконано з метою уникнення будь-якого контакту з ґрунтом, розпочинається занурення його через отвір у ґрунті. Це проводиться плавно та під кутом 90 градусів відносно пластини. Занурення відбувається зі швидкістю приблизно 2-4 см/с.

Під час занурення твердоміра в ґрунт, показники тиску та глибини змінюються синхронно і відображаються на екрані пенетрометра (див.рис.2.9).



The screenshot shows a mobile application interface with a status bar at the top displaying '1/2 kPa', 'N0', a signal strength icon, and a battery icon. Below the status bar is a table with two columns: 'Тиск' (Pressure) and 'Глибина' (Depth). The 'Тиск' column shows the value '127' and the 'Глибина' column shows '1.0'. Below the table is a grey button with the text 'Ні' (No). At the bottom of the screen, there is a location bar showing 'Lat: 33.344235420' and 'Lng: 50.093301771' along with a location icon.

Тиск	Глибина
127	1.0

Ні

Lat: 33.344235420 Lng: 50.093301771

Рисунок 2.9 - Показники тиску та глибини будуть синхронно змінюватись при вимірюванні

Після того, як занурили на 60 сантиметрів глибиною шуп у ґрунт, на екрані (рис.2.10) буде відображено значення твердості (на кожен см глибини) які мають вигляд таблиці та графіку.

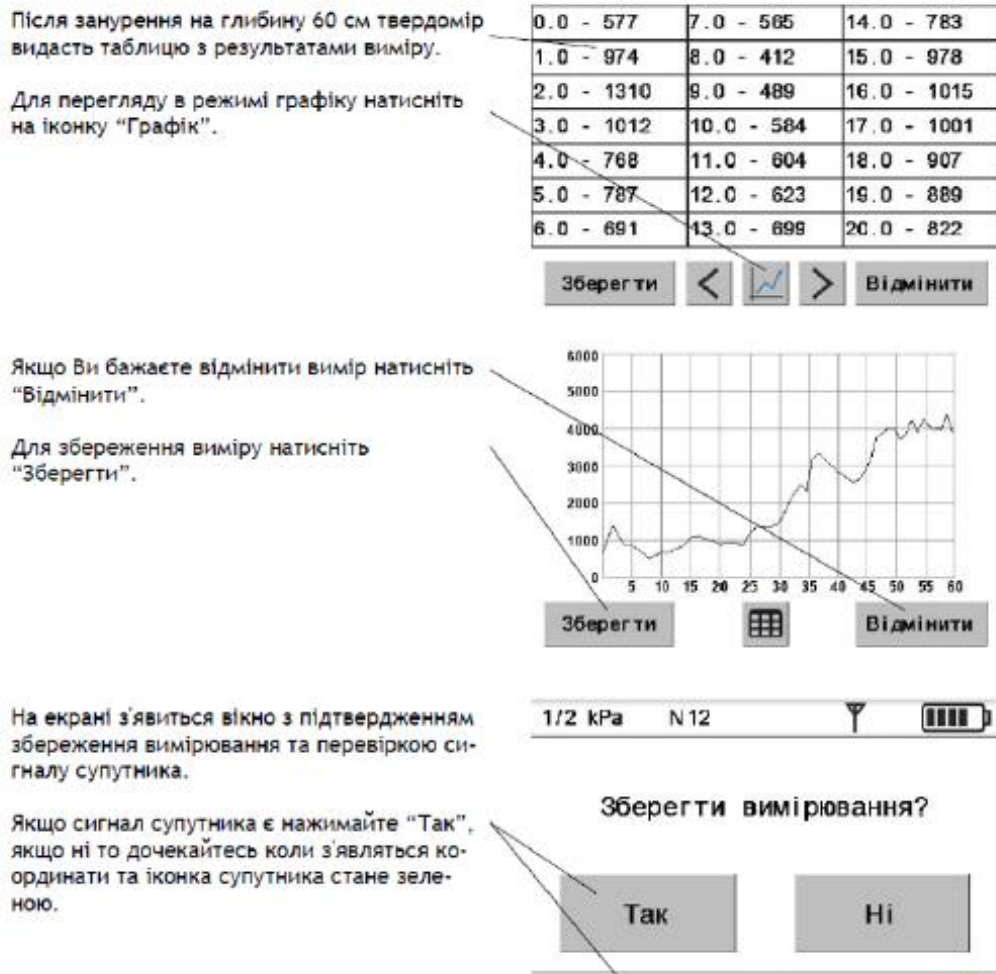


Рисунок 2.10 - Скріншот з інструкції користувача пенетрометра

Після завершення вимірювань отримана картина на екрані пенетрометра аналізується для отримання інформації про твердість ґрунту на різних глибинах.

Зібрані дані передаються на сервер через GSM-зв'язок. Це забезпечує їх збереження та доступність для подальшого аналізу та обробки.

Для збору даних на полі будується оптимальна траєкторія від точки до точки за допомогою додатку Locus Map. Це дозволяє ефективно організувати процес вимірювань та забезпечити покриття всієї ділянки поля.

Ця методика дозволяє отримати достовірні дані про твердість ґрунту на різних глибинах, що може бути використано для прийняття обґрунтованих рішень щодо обробки та використання земельних ділянок.

2.4 Обробка даних

Після збору даних про твердість ґрунту за допомогою цифрового пенетрометра S600 необхідно провести їх обробку для отримання корисної інформації та висновків. Основні кроки обробки даних можуть включати наступне:

Початкові дані можуть містити деяку шумову інформацію або артефакти внаслідок недосконалості вимірювальних приладів або впливу зовнішніх факторів. Тому першим кроком в обробці даних є їх очистка від зайвої або спотвореної інформації.

Після очищення можуть застосовуватися різні методи фільтрації для видалення шумів чи виявлення та корекції помилкових даних. Наприклад, може застосовуватися фільтр Калмана для стабілізації отриманих значень.

На основі очищених та відфільтрованих даних можна розрахувати різні показники твердості ґрунту, такі як середнє значення твердості, максимальне та мінімальне значення, варіація твердості тощо.

Отримані показники можуть бути проаналізовані для виявлення паттернів та тенденцій у твердості ґрунту на досліджуваній ділянці. Наприклад, може бути виявлено зони з високою або низькою твердістю, або можуть бути зроблені порівняльні аналізи між різними ділянками поля.

Отримані результати можуть бути використані для прийняття рішень щодо оптимізації обробки та використання земельної ділянки. Наприклад, може бути розроблена стратегія регуляції волого- та повітропроникності ґрунту, вибір оптимальних сортів рослин для конкретних умов тощо.

Для зручності та наглядності отриманих результатів можуть бути побудовані графіки, діаграми, картографічні або 3D-моделі твердості ґрунту.

В результаті обробки даних отримуються цінні знання про стан твердості ґрунту на досліджуваній ділянці, які можуть бути використані для розробки ефективних агротехнічних стратегій та покращення врожайності.

2.5 Складання технологічних карт

Технологічні карти є невід'ємною складовою частиною планування та управління аграрними підприємствами. Вони забезпечують системний підхід до організації агротехнічних операцій, що дозволяє оптимізувати витрати ресурсів і підвищити ефективність виробництва. У цьому підрозділі розглянемо процес складання технологічних карт, джерела даних, які використовуються для їх підготовки, а також проведемо розрахунки тривалості робочого дня, кількості агрегатів, витрати палива, затрат праці, кількості нормо-змін та обсягу роботи в умовних еталонних гектарах.

Технологічна карта складається у вигляді детального документу, що містить інформацію про кожну агротехнічну операцію. Основні розділи технологічної карти включають:

Загальні відомості:

- Назва культури
- Площа посіву
- Календарний план проведення робіт

Перелік агротехнічних операцій:

- Назва операції
- Термін виконання
- Тривалість операції
- Використовувана техніка та обладнання

Розрахункові показники:

- Тривалість робочого дня
- Кількість агрегатів
- Витрата палива
- Затрати праці
- Кількість нормо-змін
- Обсяг роботи в умовних еталонних гектарах

Дані для складання технологічних карт беруться з різних джерел:

□ Нормативно-довідкові матеріали: Нормативи часу, витрати палива, норми виробітку.

□ Агрометеорологічні дані: Інформація про погодні умови, що впливають на терміни та умови проведення робіт.

□ Дані з попередніх років: Результати виконання агротехнічних операцій у минулі роки.

□ Супутникові та GPS дані: Для точного планування маршруту техніки і моніторингу виконання робіт.

Агротехнічна тривалість виконання операцій

Тривалість виконання агротехнічних операцій визначається на основі нормативних даних і враховує специфіку конкретних польових умов. Вона залежить від таких факторів, як:

- Тип ґрунту
- Погодні умови
- Тип і стан використовуваної техніки
- Кваліфікація персоналу

Тривалість робочого дня залежить від сезонних умов та режиму роботи на підприємстві. Зазвичай, в агросекторі тривалість робочого дня становить від 8 до 12 годин.

$$T_{доб} = T_{зм} \times K \quad (2.1)$$

де $T_{доб}$ – добова тривалість роботи агрегату, год.; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.; K – коефіцієнт змінності. Приймається в залежності від того, у скільки змін планується проведення робіт. Зазвичай обирають цей показник – 1,0; 1,5; 2,0; 3,0.

Наприклад, якщо технологічну операцію проводимо в три зміни, то тривалість дискування визначимо з виразу: $T_{доб} = 7 \times 3 = 21$ год.

Заносимо до відповідної графи (8).

Кількість агрегатів (техніки) визначається за формулою:

$$n = \frac{Q}{W_{доб} \cdot D_p}, \quad (2.2)$$

де n – кількість агрегатів; Q – обсяг робіт (графа 5), га; $W_{доб}$ – виробіток агрегату за добу, га/доб., т/доб.; Dr – агротехнічна тривалість виконання операції, діб.

Витрата палива розраховується на основі нормативних даних про споживання палива конкретними типами техніки:

Витрата палива дорівнює кількість агрегатів помножено на норму витрати палива на одиницю роботи та на обсяг роботи.

Витрату палива на одиницю роботи приймаємо за довідковою літературою [10-13]. Витрату палива на весь обсяг робіт, тобто на площі 250 га, знаходимо множенням даних графи 5 на графу 19.

Затрати праці на одиницю роботи (графа 21).

Затрати праці визначаються за кількістю людино-годин, необхідних для виконання операцій:

$$Z_n = \frac{m_{mex} + m_{доп}}{W_{год}}, \quad (2.3)$$

де Z_n – затрати праці, люд-год/га; люд-год/т; люд-год/м³; m_{mex} – чисельність трактористів-машиністів, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну; $m_{доп}$ – чисельність допоміжних працівників, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну; $W_{год}$ – виробіток агрегату, га/год; т/год.

Кількість нормо-змін визначається на основі тривалості виконання операцій і тривалості робочого дня:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{год}}, \quad (2.4)$$

де $H_{зм}$ – кількість нормозмін.

Так, кількість нормо-змін на дискуванні стерні ячменю на площі 250 га агрегатом Т-150 + «Хартехпром Слобода ЛТД-3» складе:

$$H_{зм} = \frac{250}{7 \cdot 3,7} = 9,65.$$

Обсяг роботи в умовних еталонних гектарах визначається для порівняння різних типів робіт та техніки:

$$Q_{ум.ет.га} = H_{зм} \cdot W_{зм.ет} \quad (2.5)$$

де $Q_{ум.ет.га}$ – обсяг роботи в умовних еталонних гектарах.

Так, при виконанні операції дискування стерні ячменю на площі 250 га агрегатом Т-150К + Хартехпром Слобода ЛТД-3 обсяг роботи складе:

$$Q_{ум.ет.га} = 9,741,6547 = 112,35. \text{ ум.ет.га}$$

Еталонний виробіток даного трактора за зміну визначають множенням коефіцієнта переведення його в умовні трактори на тривалість зміни в годинах.

Наприклад, коефіцієнти переведення деяких фізичних тракторів в еталонні такі: Т-150 – 1,6; ХТЗ-150К – 1,65; ЮМЗ-6 – 0,6; ДТ-75М – 1,1; МТЗ-82.1 – 0,73; МТЗ-1025 – 1,3.

Аналогічно проводимо розрахунки і по всіх інших операціях і результати розрахунків заносимо в план механізованих робіт (Додаток А)

Користуючись даними, наведеними в пунктах 2.2 і 2.3 розробляємо план механізованих робіт при вирощуванні соняшника та пшениці озимої відповідно до планового обсягу вирощування: соняшник – 110 га; пшениця озима – 84 га.

Висновок

Складання технологічних карт є критичним елементом управління агротехнічними операціями в системах точного землеробства. Вони дозволяють систематизувати процеси, оптимізувати використання ресурсів і підвищити ефективність виробництва. Використання сучасних джерел даних і методів розрахунку забезпечує точність планування і виконання робіт, що є запорукою успішного ведення сільського господарства.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Програма досліджень

Метою дослідження є оцінка ущільнення ґрунту на полях, де вирощуються пшениця озима та соняшник, і розробка технологічних карт для їх вирощування з урахуванням рекомендацій щодо розущільнення окремих ділянок ґрунту. Це допоможе оптимізувати агротехнічні операції та підвищити врожайність.

1. Вибір полів: для дослідження обираються два поля: поле для вирощування пшениці озимої та поле для вирощування соняшника.

Критерії вибору полів: різні типи ґрунту (для порівняння ефективності заходів щодо розущільнення). Однаковий або схожий розмір полів для зручності аналізу та порівняння результатів. Історія попередніх культур, щоб врахувати вплив попередніх обробок на стан ґрунту.

2. Проведення вимірювання твердості ґрунту. *Методи вимірювання:* використання пенетрометра для вимірювання опору ґрунту при проникненні. Вимірювання проводяться на різних глибинах: 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см. *Процедура вимірювання:* встановлення сітки вимірювань на полі з інтервалом 10 м. Проведення вимірювань у кожній точці сітки. Запис результатів у вигляді таблиці з координатами точок вимірювання та значеннями твердості ґрунту на різних глибинах.

3. Обробка результатів та складання карти ущільнення ґрунту: аналіз отриманих результатів вимірювань. Використання програмного забезпечення для створення карти ущільнення ґрунту (наприклад, GIS-програми). Складання карти ущільнення: візуалізація даних у вигляді карт, що показують рівень ущільнення ґрунту на різних глибинах. Ідентифікація зон підвищеного ущільнення, що потребують спеціальних агротехнічних заходів.

4. Розробка технологічних карт. *Технологічні карти для пшениці озимої:* включення загальних відомостей про культуру та площу посіву. Перелік агротехнічних операцій з урахуванням рекомендацій щодо розущільнення ґрунту. Розрахунок тривалості робочого дня, кількості агрегатів, витрати

палива, затрат праці, кількості нормо-змін та обсягу роботи в умовних еталонних гектарах. *Технологічні карти для соняшника*: аналогічно до пшениці озимої, розробка карти з урахуванням специфіки вирощування соняшника. Врахування рекомендацій щодо розуцільнення ґрунту на основі карти ущільнення. *Рекомендації щодо розуцільнення*: використання спеціальних агротехнічних заходів (глибоке рихлення, покривні культури). Планування маршрутів руху техніки з урахуванням зон ущільнення. Використання сучасної техніки та технологій точного землеробства для мінімізації ущільнення ґрунту.

5. Висновки та рекомендації:

Після завершення досліджень та складання технологічних карт необхідно зробити висновки щодо ефективності проведених заходів та надати рекомендації для подальшого покращення ґрунтозахисних технологій вирощування культур. Це включає: аналіз результатів врожайності пшениці озимої та соняшника; оцінку ефективності застосованих заходів щодо розуцільнення ґрунту; пропозиції щодо подальшого впровадження технологій точного землеробства для зменшення ущільнення ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

3.2 Вимірювання твердості та обробка результатів

Експеримент проводили на 2 полях за традиційною технологією: пшениця озима - 84 гектара та соняшник - 110 гектарів. Вимірювання твердості ґрунту проводилося для оцінки ступеня ущільнення ґрунту з метою оптимізації агротехнічних операцій та покращення умов для росту культур. Цей підрозділ описує процес проведення вимірювань, обробку результатів та створення карти ущільнення ґрунту на різних глибинах.

Поле для вирощування пшениці озимої: площа: 84 га, тип ґрунту: чорнозем типовий; агрофон (рис. 3.1): середній рівень родючості, середній вміст органічної речовини, помірна аерація ґрунту, стерня після операції дискутування, яке було на глибині від 7 до 9 сантиметрів,

(агрегат МТЗ-82.1 + Хартехпром Слобода ЛТД-3)



Рисунок 3.1 – Агрофон поля

Поверхня поля має вертикальний перепад до двох метрів.

Для проведення вимірювань була створена сітка поля з дискретністю 5 га. Це означає, що вимірювання проводилися в кожній точці сітки через кожні 5 гектарів. (див. рис.3.2.)

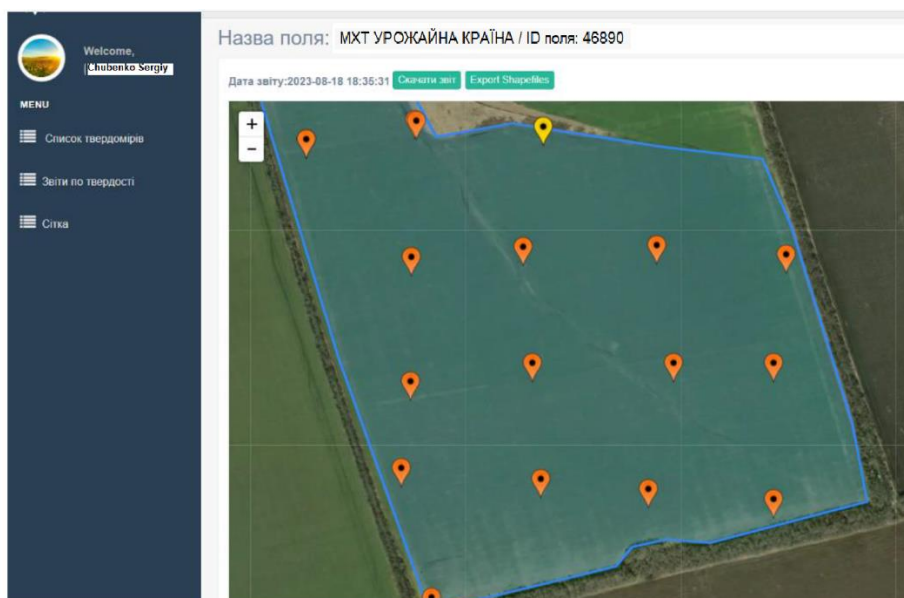


Рисунок 32 - Сітка поля. Дискретність 5 га

Загальний стан поля - нормальний, а твердість ґрунту до глибини 46-47 см – в межах допустимого, тобто 3000 кПа, це видно із середньостатистичної кривої. Глибина від 4 до -60см – твердість 3000-3100 кПа., це перевищення

межі, але незначне і носить характер природний. Найбільші значення – строкати, нестабільні, не більші ніж 4500 кПа (поодинокі випадки), рис3.3



Рисунок 3.3 - Картина твердості ґрунту на глибині 5 см

Проаналізуємо детально твердість по точках, так як показано на рис.3.2, тах крива свідчить про проблемні ланки.

Так як поле оброблялося лушчильником, то на глибинині до 11 см маємо найменшу твердість ґрунту, ґрунт розпушений. Тоді будемо розглядати пошарово.

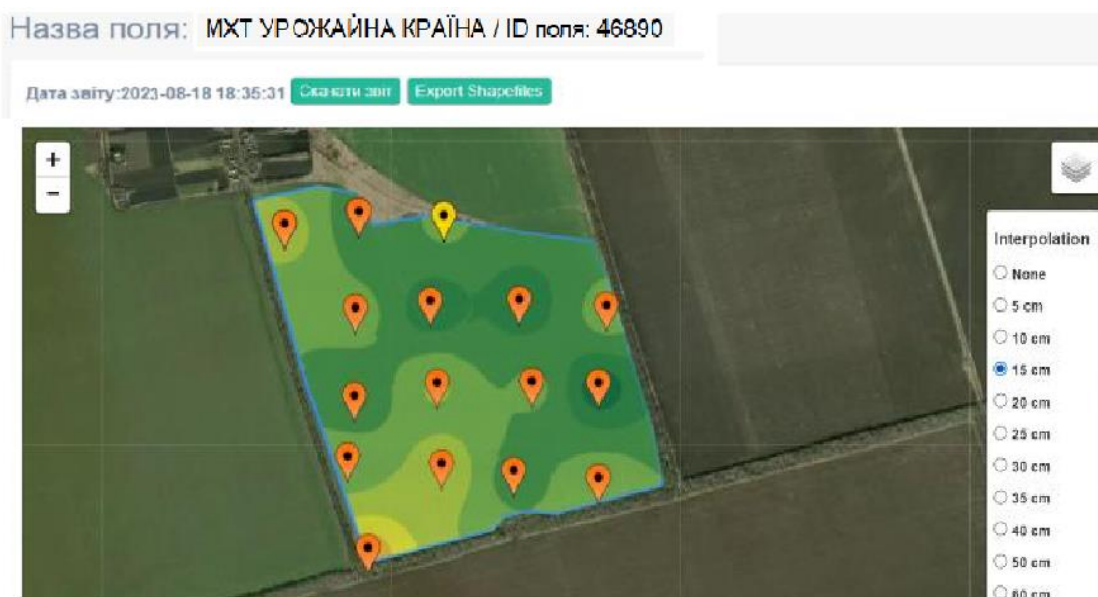


Рисунок 3.4 - Картина твердості ґрунту на глибині 15 см

Як видно із рис.3.3. 3.4, на невеликих глибинах, маємо незначну строкатість, що не є небезпечним.

На рис.3.5 червоними колами виділені дві точки з перевищенням межі в 3000 кПа, це на глибині 20 сантиметрів.



Рисунок 3.5 - Картина точки ущільнення на глибині 20 см.

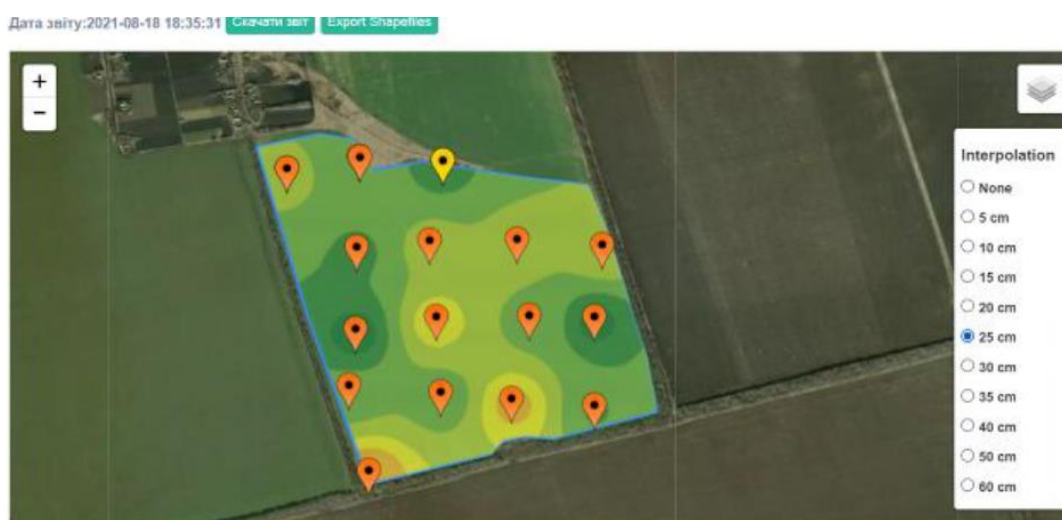


Рисунок 3.6 - Картина твердості ґрунту на глибині 25 см

Аналіз картин твердості ґрунту показує, що зі збільшенням глибини (25-30 см), величина твердості має межі 1800-3595 кПа, а тах значення твердості (виділено колом, див. рис.3.7) -3595 кПа



Рисунок 3.7 - Картина твердості ґрунту на глибині 40 см

На глибині 40 см, див. рис.3.7, діапазон твердості: 1940-4500 кПа, а max значення має 4500 кПа (виділено колом, див. рис 3.7), загалом, твердість в цьому нарі ґрунту має задовільний рівень.



Рисунок 3.8 - Картина твердості ґрунту на глибині 60 см

Межі твердості ґрунту глибиною 60 сантиметрів, мають значення 2600-3600 кПа, є точки (виділення колом на рис.3.8) які мають 4600 кПа.

Аналіз картин твердості показав, що один шар ґрунту (орного) глибиною до 30 сантиметрів загалом має сприятливі умови для нормального росту рослини.

Невеликі площі ущільнення мають вплив на характеристику стану ґрунту, але їх можна знищити обробітком поглибленим, що зробити бажано задля покращення стану.

Наведемо проблемні точки, які варті уваги. Динаміку зміни можна спостерігати на рисунках нижче.



Рисунок 3.9 - Динаміка твердості ґрунту в точці 5. Проблемна точка



Рисунок 3.10 - Динаміка твердості ґрунту в точці 6

Дана точка 6 (значення 3000кПа) звертає увагу на те, що ґрунт - твердий, але ця величина характерна шару (підорному) та показує, що чим більша глибина, тим твердість має стабільність, що в свою чергу означає і стійкість до навантаження (технологенного) від використання техніки.



Рисунок 3.11 - Динаміка твердості ґрунту в точці 9

На рис.3.11 видно, що з глибиною від 13 см зростає твердість до величини 3000 кПа, з починає зростати – з глибиною 27-29 см. Коли розпочнеться операція оранки, вона зробить розуцільнення ґрунту в даній точці.



Рисунок 3.12 - Динаміка твердості ґрунту в точці 12

В цій точці, де глибокі шари, маємо фіксацію великої щільності. Це можна виправити, якщо не допускати на цьому місці великого скупчення техніки.



Рисунок 3.13 - Динаміка твердості ґрунту в точці 14

Ми спостерігаємо, що починає утворюватися зона ущільнення на глибині 11-13 см. Це наслідок, як варіант, того, що агрегат та луцильник роблять проходи багато разів. Але це можливо ліквідувати операцією оранки.



Рисунок 3.14 - Динаміка твердості ґрунту в точці 16. Проблемна точка

Проблемна точка на рис. 3.14 утворилася за рахунок великої кількості автомобілів, комбайнів, які при збиранні врожаю, накопичуються в одному місці, а також постійний розворот машин.

Отже, агротехніка агропідприємства ТОВ «МХТ -Урожайна країна» може забезпечити в агротехнічних нормах щільність ґрунту. Проблемні точки,

що були виявлені при дослідженні, можна ліквідувати за рахунок більш глибокого обробітку ґрунту в зонах, що цього потребують. Якщо ґрунт має перезволоження- не допускається виїзд на нього машин та агрегатів, а також автомобілів під час навантаження зерна при збиранні врожаю.

3.3 Розробка плану механізованих робіт при вирощуванні пшениці озимої

Вносимо деякі зміни в технологічну удосконалену карту (див. табл. 3.1).

Після проведення дослідження пенетрометром на визначених ланках поля, до технологічної карти додаємо операцію оранки ділянок, що переущільнені. Операцію виконуватиме МТА МТЗ-82.1 та ПОН-3-35, що приведе до щільності (необхідної) та скоротить випрати до min.

Для зменшення тиску на ґрунт використовуватимемо трактор МТЗ-80, який має спарені ведучі колеса, для сівби озимої пшениці (бо навесні найвища загроза ущільнення).

При зборі врожаю техніка не повинна їздити по полю для навантажувально-розвантажувальних робіт, а робити це по краю поля.

В Додатку А наведено планування (перспективне) механізованих робіт в агропідприємстві.

Таблиця 3.1. – Перспективний план механізованих робіт при вирощуванні пшениці озимої

№ п/п	Технологічна операція	Склад агрегату		
		трактор	зчіпка	с.-г. м.
1	2	9	10	11
1	Навантаження добрив	Manitou		
2	Транспортування добрив	МТЗ-80		2ПТС-4
3	Внесення добрив	МТЗ-82.1		МВД-900
4	Дискування стерні попередника	МТЗ-82.1		ЛТД-3

Продовження табл.3.1

5	Оранка переущільнених ділянок	МТЗ-1025		ПОН-3-35
6	Передпосівний обробіток	МТЗ-82.1		КПС-3
7	Навантажування насіння	Manitou		
8	Навантажування добрив N16P16K16	Manitou		
9	Підвезення насіння	МТЗ-80		2ПТС-4
10	Підвезення мінеральних добрив	МТЗ-80		2ПТС-4
11	Сівба з прикочуванням (спарені колеса)	МТЗ-1025		СЗМ-4 "Ніка"
12	Навантаження добрив	Manitou		
13	Транспортування добрив	МТЗ-80		2ПТС-4
14	Внесення добрив по мерзлоталому ґрунту	МТЗ-82.1		МВД-900
15	Транспортування води	МТЗ-80		ВР-3М
16	Внесення рідких азотних добрив	МТЗ-80		ОП-2000
17	Транспортування води	ЮМЗ-6		ВР-3М
18	Приготування роб. розчину	ЮМЗ-6АКЛ		АПЖ-12
19	Внесення гербіцидів	МТЗ-82.1		ОПШ- 15.01
20	Транспортування води	ЮМЗ-6		ВР-3М
21	Приготування роб. розчину	ЮМЗ-6АКЛ		АПЖ-12
22	Внесення фунгіцидів та інсектиц.	МТЗ-82.1		ОПШ- 15.01
23	Пряме комбайнування	КЗС-11 "Дніпро"		
24	Протипожежне чергування	Т-150К		БДТ-7
25	Транспортування зерна на тік (розвантаження на краю поля)	КамАЗ-5320		ГБК-8527

Отже, за результатами вимірювань твердості ґрунту ми можемо планувати операцію оранки площею 22 гектари, що окреслено лінією на рис.3.15. Ця ланка має надлишкове ущільнення, що спричинили рушії техніки. Оранкою, що проводилась на цій ділянці, збільшили врожай наступного року. Згідно графіка (кривої) на рис.3.10 визначимо глибину операції оранка, сплануємо більше або 32 см, для того, щоб було зруйноване ущільнення,

машино-тракторним агрегатом (МТЗ-1025+ПОН-3-35), який дозволить виконання заданих умов.



Рисунок 3.15 – Схема поля з ділянкою для оранки. Дискутування буде проведено на всій площі поля

Отже, позитивного економічного ефекту ми зможемо досягти за диференціального підходу до обробітку поля, що і запишемо до плану механізованих робіт (Додаток А).

Аналогічним образом подамо, при врахуванні зон небезпеки на розущільнення, план (перспективний) і по вирощуванню соняшника(Додаток В).

В таблиці 3.2. подана інформація стосовно основних технологічних операцій в тій послідовності, в якій виїздять на поле.

Таблиця 3.2. – Послідовність операцій та МТА, що виконують роботи* при вирощуванні соняшника

№ з/п	Операції	Склад агрегату		
		трактор	зчіпка	с.-г. м.
1	Дискування	МТЗ-82.1		ЛТД-3
2	Навантаження добрив	Manitou		
3	Транспортування добрив	МТЗ-80		2ПТС-4

Продовження табл.3.2

4	Внесення добрив	МТЗ-82.1		МВД-900
5	Оранка	МТЗ-1025		ПОН-3-35
6	Ранньовесняне боронування	МТЗ-1025		ЗБР-24
7	Культивація передпосівна	МТЗ-1025		КПС-4 "Вогник"
8	Навант. мін. добр.	Manitou		
9	Перев мін добр	МТЗ-82.1		2ПТС-4
10	Сівба (спарені колеса)	МТЗ-80		УПС-6
11	Транспортування води	ЮМЗ-6		ВР-3М
12	Внесення гербіцидів	МТЗ-82.1		ОП-2000
13	Боронув до сход	МТЗ-80		КПС-3,4
14	Міжрядний обробіток з пригортанням	МТЗ-80		КРН-5,6
15	Збирання врожаю	Lexion-570		
16	Перевез зерна	КамАЗ		ГБК-8527

Аналогічно озимій пшениці, використаємо агрегат для посіву трактор МТЗ-80 з ведучими (спареними) колесами. Технологічна операція ранньовесняного боронування вводиться в заміну культивуації (суцільної). Таке боронування буде виконуватись агрегатом щирокого захвату, що причинить менше шкоди- менш енергоємний та причинить зменшене ущільнення, ще і принесе ефект волоутримання.

3.4 Розрахунок екологічної оцінки технології вирощування пшениці озимої за критерієм ущільнення ґрунту

Екологічна оцінка технологій вирощування сільськогосподарських культур є важливим аспектом сучасного землеробства. Ущільнення ґрунту може суттєво впливати на його екологічний стан, зокрема на родючість, водопроникність, аерацію та розвиток кореневої системи рослин.

Оцінка екологічного стану ґрунту проводиться на основі таких показників:

- Рівень ущільнення ґрунту: визначається за допомогою пенетрометра.
- Параметри ґрунтової структури: зокрема, пористість, водопроникність та аерація.
- Біологічна активність ґрунту: визначається за кількістю та активністю ґрунтових мікроорганізмів.

Вплив ущільнення ґрунту на екологічні параметри:

- ущільнення ґрунту може призводити до зниження кількості доступного кисню та води, що негативно впливає на розвиток кореневої системи та зменшує врожайність;
- підвищений рівень ущільнення знижує водопроникність, що призводить до застою води на поверхні та ерозії ґрунту;
- погіршується аерація, що впливає на активність ґрунтових мікроорганізмів;
- зниження кількості та активності мікроорганізмів в ущільнених шарах ґрунту, що впливає на розкладання органічних речовин та кругообіг елементів живлення.

Вимірювання твердості ґрунту після збирання пшениці озимої показало, що ущільнення ґрунту на глибині 60 см досягає середнього значення 4,0 МПа. Це значення перевищує критичний рівень 3,5 МПа, за якого починають проявлятися негативні наслідки для ґрунтової структури та екологічного стану поля. Після збирання спостерігається збільшення твердості ґрунту, що може бути пов'язано з використанням важкої техніки та відсутністю заходів для розущільнення ґрунту.

$$\begin{aligned} \Psi_{nz} = & \Psi_{nk} \cdot K_{вщ} + \Psi_0 + \Delta\Psi_z \cdot T_{nz} \times \\ & \times \left(\frac{S_{щz,1}}{S_{зз,1}} + \frac{S_{щz,2}}{S_{зз,2}} + \dots + \frac{S_{щz,n}}{S_{зз,n}} \right) + \Delta\Psi_k \cdot T_{nk} \times \\ & \times \left(\frac{S_{щк,1}}{S_{зк,1}} + \frac{S_{щк,2}}{S_{зк,2}} + \dots + \frac{S_{щк,n}}{S_{зк,n}} \right), \end{aligned}$$

де Ψ_{nk} – щільність ґрунту після збирання попередньої с.-г. культури, г/см³;
як- що цих даних немає, то приймається нормативне значення

$\rho_{пк} = 1,5 \text{ г/см}^3$; $K_{вщ}$ – коефіцієнт, який враховує відновлення щільності;
 $K_{вщ} = 0,05–0,10$; $\rho_{п0}$ – початкова щільність; $\rho_{п0} = 1,08–1,11 \text{ г/см}^3$; $D_{щг}$, $D_{щк}$
 – темп зростання щільності для гусеничних $0,025 \text{ г/см}^3$ і колісних $0,03 \text{ г/см}^3$
 машин відповідно; $T_{пг}$, $T_{пк}$ – кількість проходів відповідно гусеничної і
 колісної машин від початку весняно-польових робіт до закінчення збирання;
 $S_{щг,1}$, $S_{щг,2}$, ..., $S_{щг,n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з
 гусеничною машиною, м;
 $S_{зг,2}$, ..., $S_{зг,n}$ – ширина захвату агрегату з гусеничною машиною, м; $S_{щк,1}$,
 $S_{щк,2}$, ..., $S_{щк,n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з колісною
 машиною, м;
 $S_{зк,1}$, $S_{зк,2}$, ..., $S_{зк,n}$ – ширина захвату агрегату з колісною машиною, м.

Рівень екологічності по критерію щільнення оцінюється з урахуванням наступних факторів

$$K_{ещ} = \frac{\rho_{ен}}{\rho_{пз}}$$

де $\rho_{ен}$ – поріг ущільнення ґрунту; $\rho_{ен} = 1,5 \text{ г/см}^3$; $\rho_{пз}$ – щільність ґрунту після збирання с.-г. культури.

Підставивши дані, маємо

$$\begin{aligned}
 \rho_{пз} = & 1,5 \cdot 0,05 + 1,10 + 0,025 \cdot 8 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 2}{3} + (0,35 \cdot 2 / 1,05 \right. \\
 & \left.) + (0,3 \cdot 2 / 3) + (0,3 \cdot 2 / 4) + (0,3 \cdot 0,3 / 16) + (0,3 \cdot 2 / 24) + (0,3 \cdot 2 / 24) + (0,8 \cdot \right. \\
 & \left. 2 / 6) = 1,232 \text{ г/см}^3
 \end{aligned}$$

Отже, після проведених розрахунків та повного циклу по вирощуванні озимої пшениці (за планом робіт) ми отримали результат, що щільність ґрунту має 1.1.-1.5 г/см³ – це оптимальні межі.

Ми використовували тільки колісний трактор, тоді маємо:

$$\begin{aligned} \rho_{пз} &= 1,5 \cdot 0,05 + 1,10 + 0,03 \cdot 9 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 2}{3} + \frac{0,3 \cdot 2}{16} + \frac{0,35 \cdot 2}{1,05} + \right. \\ &+ \frac{0,45 \cdot 2}{24} + \frac{0,45 \cdot 2}{4} + \frac{0,35 \cdot 2}{5,6} + \frac{0,35 \cdot 2}{24} + \frac{0,3 \cdot 2}{3} + (0,3 \cdot 2/5,6) + (0,8 \cdot 2/6) \\ &= 1,28 \text{ г/см}^3 \end{aligned}$$

Отже, на дослідному полі щільність ґрунту має допустимо таке значення.

Висновки

Наведені результати вимірювань твердості ґрунту показали, що у переважній більшості агротехніка підприємства в цілому переважно забезпечує утримання щільності ґрунту в межах агротехнічних параметрів. Виявлені проблемні ділянки, на яких ґрунт переущільнений, твердість якого досягає 4500...5000 кПа. Запропоновано такі ділянки обробити глибокою оранкою (до 32 см) агрегатом МТЗ-1025 + ПОН-3-35: - при вирощуванні пшениці озимої – 22 га; - при вирощуванні соняшника – 32 га.

Також рекомендовано не допускати виїзд техніки на перезволожений ґрунт. Не допускати виїзду автомобілів на поле під час завантаження зерном.

Розроблені перспективні плани механізованих робіт з урахуванням диференційного обробітку ґрунту з плановою урожайністю пшениці озимої – 6,5 т/га; соняшника – 2,7 т/га.

Отже:

1. Ущільнення ґрунту суттєво впливає на екологічні параметри поля для вирощування пшениці озимої, зокрема знижуючи родючість, водопроникність та біологічну активність.

2. Рівень екологічності технології вирощування пшениці озимої за критерієм ущільнення ґрунту оцінюється як середній, з тенденцією до погіршення за відсутності належних заходів з розущільнення ґрунту.

3. Рекомендації для зменшення негативного впливу ущільнення:

- Використання техніки з низьким питомим тиском для зменшення ущільнення ґрунту.

- Застосування мінімальної обробки ґрунту для збереження його структури.
- Оптимізація руху техніки на полі для мінімізації тиску на ґрунт.
- Регулярний моніторинг стану ґрунту для своєчасного виявлення проблем та корекції агротехнічних заходів.

Запропоновані заходи допоможуть покращити екологічний стан ґрунту, підвищити його родючість та забезпечити оптимальні умови для вирощування пшениці озимої.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організаційні заходи з охорони праці

Для забезпечення безпеки праці та зниження рівня виробничого травматизму впроваджуються такі організаційні заходи:

-Навчання та інструктаж працівників (вступний інструктаж з ОП для нових працівників; первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі на робочих місцях; періодичне навчання працівників правилам безпеки та надання першої медичної допомоги).

-Організація робочих місць: забезпечення раціонального розміщення техніки та інвентарю; організація безпечних зон для зберігання та застосування хімічних засобів.

-Контроль за дотриманням правил охорони праці: регулярні перевірки робочих місць та технічного стану обладнання, впровадження автоматизованих систем управління є

Безпека праці у сільському господарстві, зокрема при вирощуванні пшениці озимої, вимагає системного підходу та комплексного впровадження організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та пожежних заходів. Здоров'я робітників є пріоритетним завданням для будь-якого аграрного підприємства. Рекомендується регулярно оновлювати знання та навички працівників, застосовувати сучасні технічні засоби безпеки, а також контролювати виконня норм ОП здійснювати постійний на всіх етапах виробничого процесу.

4.2 Аналіз шкідливих факторів при роботі з цифровим пенетрометром у полі

Цифровий пенетрометр використовуємо для визначення щільності ґрунту та оцінки його фізичних властивостей. Використання цього приладу потребує дотримання певних заходів безпеки, оскільки робота з ним може супроводжуватися впливом шкідливих факторів, що впливають на здоров'я та

безпеку працівників. У цьому підрозділі розглянемо основні шкідливі фактори при роботі з цифровим пенетрометром та заходи з їх мінімізації.

1. Механічні небезпеки: *Удари та порізи:*

- При роботі з пенетрометром можливі випадки механічних травм, зокрема ударів та порізів.

- Заходи безпеки: використання захисних рукавичок та обережне поводження з інструментом.

Травми від падіння обладнання:

- При неналежному закріпленні або неправильному використанні пенетрометр може впасти, що може призвести до травм.

- Заходи безпеки: забезпечення стабільності пенетрометра під час вимірювань та правильне зберігання обладнання.

2. Ергономічні небезпеки: *Неправильне положення тіла:*

- Тривала робота в незручній позі може призвести до м'язової втоми та болю в спині та шиї.

- Заходи безпеки: дотримання ергономічних рекомендацій, використання зручного положення тіла під час роботи, регулярні перерви для розминки.

Надмірне навантаження на руки:

- Постійне тримання важкого обладнання може спричинити перенапруження м'язів рук.

- Заходи безпеки: використання допоміжних засобів для полегшення навантаження, регулярні перерви.

1. Фізичні фактори: *Шум:*

- Деякі моделі пенетрометрів можуть створювати шум під час роботи, що може призводити до стресу та втрати слуху.

- Заходи безпеки: використання засобів захисту слуху, таких як беруші або навушники.

Вібрація:

- Робота з пенетрометром може супроводжуватися вібраціями, що можуть спричинити дискомфорт та негативно вплинути на здоров'я.

- Заходи безпеки: використання антивібраційних рукавичок та технічних засобів для зниження вібрації.

1. Хімічні фактори: *Контакт з хімічними речовинами:*

- При вимірюванні твердості ґрунту в полях, оброблених хімічними добривами або пестицидами, можливий контакт з небезпечними речовинами.

- Заходи безпеки: використання захисного одягу, рукавичок та респіраторів, ретельне миття рук після роботи.

5. Біологічні фактори: *Контакт з патогенами:*

- Робота на полі може включати ризик контакту з патогенами, що знаходяться в ґрунті.

- Заходи безпеки: дотримання правил гігієни, використання захисного одягу та миття рук після роботи.

6. Психологічні фактори: *Стрес та втома:*

- Робота з точними вимірювальними приладами може викликати стрес та втомлюваність через високу концентрацію та увагу до деталей.

- Заходи безпеки: організація робочого часу з перервами для відпочинку, створення комфортних умов праці.

Висновки

Робота з цифровим пенетрометром у сільському господарстві може бути пов'язана з різними шкідливими факторами, включаючи механічні, ергономічні, фізичні, хімічні, біологічні та психологічні небезпеки. Для мінімізації ризиків необхідно впроваджувати комплексні заходи безпеки, включаючи навчання працівників, використання засобів індивідуального захисту, регулярні технічні перевірки обладнання та організаційні заходи. Це дозволить забезпечити безпечні умови праці та знизити ризики виробничих травм та професійних захворювань.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1 Суть економічного ефекту

При проведенні ґрунтообробних робіт, направлених на усунення надмірного ущільнення ґрунту, проводимо диференційований обробіток. Ми застосували оранку тільки на тій частині поля, де цього потребував стан ґрунту. На решті поля проводиться дискування. На дискування витрачається менша кільк- кість пального, а урожайність, якщо і знизиться у порівнянні з оранкою, то не настільки, щоб це суттєво вплинуло на економічний ефект технології в цілому.

Адже нами встановлено, що стан ґрунту за критерієм ущільнення на решті ділянки є задовільним для вирощування с.-г. культур. Проведемо розрахунки для розробленої ґрунтозахисної технології за даним критерієм вирощування пшениці озимої.

5.2 Розрахунок економічної ефективності

Користуючись розробленою технологічною картою ґрунтозахисної технології вирощування пшениці озимої (Додаток 2), визначаємо кількість палива, технологічних матеріалів, рівень експлуатаційних витрат, необхідних для вирощування пшениці на заданій площі (84 га).

Витрати на затрачене паливо розрахуємо за формулою:

$$Z_{пал} = C_{пал} \cdot Q_{пал}, \quad (5.1)$$

де: $C_{пал}$ – ціна 1 кг дизельного палива. За останніми даними, ринкова ціна 1 л, тобто 0,83 кг дизельного пального складає 54,5 грн. Тоді, вартість 1 кг пального дорівнює $54,5 \cdot 1,2 = 55,7$ грн.; $Q_{пал}$ – витрати палива на весь комплекс виконання робіт, кг .

Як видно з плану механізованих робіт, загальна витрата палива на весь обсяг вирощування дорівнює 3 944 кг або в перерахунку на 1 га – 46,95 кг, приймаємо 47 кг/га.

Тоді, затрати на придбання пального для виконання всього запланованого обсягу робіт дорівнює:

$$Z_{пл} = 37,8 \cdot 3\,944 = 149\,083,2 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Вартість посівного матеріалу для посіву дорівнює:

$$Z_{нас} = C_{нас} \cdot Q_{нас} = 7500 \cdot 17,64 = 132\,300 \text{ грн} \quad (5.3)$$

де $C_{нас}$ – вартість однієї тони посівного матеріалу, дорівнює 7500 грн.;
 $Q_{нас}$ – кількість посівного матеріалу, необхідного для засівання площі 84 га, складає 17,64 тон.

В якості критерію витрат на оплату праці, доцільно розрахувати вартість однієї людино-години:

$$Z_{пл} = C_{пл} \cdot Q_{пл}, \quad (5.4)$$

де $C_{пл}$ – оплата однієї люд-год; $Q_{пл}$ – загальна кількість затрат праці на виробництво продукції (з плану механізованих робіт).

Для механізаторів 5 розряду тарифна ставка дорівнює 356,20 грн./зміну [6]. Отже за одну люд.-год тарифна ставка складає $356,20 : 7 = 50,88$ грн.

Надбавка за класність механізатора дорівнює 20 %.

Тоді $50,88 \cdot 1,2 = 61,06$ грн.

Відрахування в соцстрах складають 37,5 %.

Отже: $61,06 \cdot 0,375 = 22,89$ грн.

Звідси $C_{пл} = 61,06 + 22,89 = 83,95$ грн.

$Q_{пл}$ – затрати праці з вирощування пшениці дорівнює 908,95 люд-год.

Тоді, затрати на оплату праці будуть дорівнювати:

$$Z_{пл} = 83,95 \cdot 908,95 = 76306,35 \text{ грн.}$$

Затрати на амортизаційні відрахування знайдемо таким чином.

Суму амортизації, розраховуємо виходячи з балансової вартості техніки [5, 6]: для тракторів і сільськогосподарських машин – 22 %, для автомобілів – 34,4 %.

Вартість тракторів і с.-г. машин доцільно визначити, виходячи із плану механізованих робіт та зводимо дані по їх вартості в табл. 5.1.

Таблиця 5.1. – Балансова вартість техніки в МХТ «Урожайна країна»

Назва	Кількість, од.	Вартість одиниці, грн.	Загальна ва- ртість, грн.
<i>Трактори:</i>			
МТЗ-80	1	322 000	322 000
МТЗ-82.1	1	389 000	389 000
МТЗ-1025	1	925 000	925 000
<i>Сівалки:</i>			
СЗМ-4-Ніка	1	435 000	435 000
СЗФ-6000-Фаворіт	1	381 000	381 000
УПС-8	1	422 000	422 000
<i>Культиватори:</i>			
КПС-3.4	2	72 000	144 000
КПС-4 «Вогник»	1	122 000	122 000
КРН-5,6	1	46 000	46 000
<i>Плуги:</i>			
ПЛН-3-35	1	36 500	36 500
ПОН-3-35	1	48 600	48 600
<i>Луцильніки:</i>			
Хартехпром Слобода ЛТД-3	1	132 000	132 000
<i>Обприскувачі:</i>			
ОП-2000	1	56 500	56 500
<i>Інше:</i>			
2ПТС-4	2	101 000	202 000
ГАЗ-3309	1	89 000	89 000
Коток рублячий	1	64 000	64 000
МВД-900	1	18 000	18 000
Всього, грн			1 792 100

Так як ми проводимо розрахунки для частини площі, на якій вирощуватиметься пшениця (84 га), а вказана техніка призначена для використання для всієї площі, що обробляється господарством – 243 га, то балансову вартість техніки розподілимо у співвідношенні до площ $243 / 84 = 2,89$.

Отже, для вирощування пшениці озимої задіяна частина балансової вартості: $1\,792\,100 / 2,89 = 620\,103$ грн. Амортизаційні відрахування з тракторів і с.-г. машин складуть:

$$A = 0,22 \cdot 620\,103 = 136\,422,66 \text{ грн.}$$

Загальні експлуатаційні витрати на вирощування пшениці озимої за розробленою ґрунтозахисною технологією знайдемо за формулою:

$$Z = Z_{\text{нал}} + Z_{\text{нас}} + Z_{\text{пл}} + Z_{\text{аморт}}, \quad (5.5)$$

Підставимо знайдені дані у формулу (5.5):

$$Z_{\text{техн}} = 149\,083,2 + 132\,300 + 76306,35 + 136\,422,66 = 494\,112,21 \text{ грн}$$

Собівартість однієї тони пшениці озимої знайдемо за формулою:

$$C = Z / U, \quad (5.6)$$

де U – валовий збір насіння пшениці, т.

Згідно з розробленою технологією плановий урожай з площі 84 га повинен скласти 546 тон. Тоді, розрахункова собівартість тони урожаю складе:

$$C = 494112,21 / 546 = 904,96 \text{ грн/т}$$

Ринкова вартість пшениці, станом на осінь 2021 року [14], складала до 7800 грн. / т в заліковій вазі, клас 2.

Тоді, вартість вирощеної продукції, знайдемо за формулою:

$$V_{\text{пр}} = C_{\text{пш}} \cdot U, \quad (5.7)$$

де $C_{\text{пш}}$ – ціна однієї тони зерна пшениці, грн.

Тоді:

$$V_{\text{пр}} = 7800 \cdot 546 = 4\,258\,800 \text{ грн.}$$

Прибуток від реалізації зерна пшениці знайдемо за формулою:

$$П = V_{\text{пр}} - Z = 4\,258\,800 - 494\,112,21 = 4\,033\,072,74 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

Враховуємо той факт, що із отриманого доходу від реалізації пшениці також близько 500 000 грн буде виділено на вирощування урожаю під наступний рік. Тому, прибуток зменшиться на цю суму:

$$П_{\text{ч}} = 4\,033\,072,74 - 500\,000 = 3\,533\,072,74 \text{ грн}$$

Рівень рентабельності впровадження розробленої технології визначимо за формулою:

$$P = ПЧ 100 / 3.. \quad (5.9)$$

$$P = \frac{100 \cdot 3533072,74}{494112,21} = 71,5\%.$$

Отримані показники заносимо в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники ґрунтозахисної технології вирощування пшениці озимої

Показник	Значення	Величина
Площа	га	84
Балансова вартість основних фондів	грн.	1 792 100
Валовий збір зерна	т	546
Експлуатаційні витрати всього	грн.	494 112,21
У тому числі:		
- пального	грн.	149 083,2
- насіння	грн.	132 300
- амортизація	грн.	136 422,66
- заробітна плата з нарахуванням	грн.	76306,35
Виручка від реалізації	грн.	4 258 800
Прибуток	грн.	3 533 072,74
Затрати праці	люд.-год.	908,95
Рівень рентабельності	%	71,5

Висновок

Таким чином, можна зробити висновок, що розроблена ґрунтозахисна технологія забезпечить високу економічну ефективність з розрахунковим рівнем рентабельності 71,5 %, плановою урожайністю – 6,5 т/га та утриманням щільності ґрунту в межах нормативних показників.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянуті теоретичні аспекти точного землеробства. Проаналізовані технології та методи точного землеробства, роль цифрових технологій в точному землеробстві. Розглянуті переваги та обмеження точного землеробства, а також основні аспекти ґрунтозахисних технологій у системах точного землеробства. Впровадження ґрунтозахисних технологій в системах точного землеробства є важливим кроком на шляху до стійкого сільського господарства. Використання сучасних методів моніторингу і оцінки ступеня ущільнення ґрунту, а також інтеграція різноманітних технологій для управління цим процесом, дозволяють зберегти структуру ґрунту, підвищити його родючість та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Такий підхід забезпечує ефективне вирощування культур та сприяє довгостроковій стійкості аграрних систем

2. У другому розділі роботи наведено будову цифрового пенетрометра S600 та методику проведення і обробки вимірювань. Наведено методику складання технологічних карт на вирощування с.-г. культур.

3. Наведені результати вимірювань твердості ґрунту показали, що у переважній більшості агротехніка підприємства в цілому переважно забезпечує утримання щільності ґрунту в межах агротехнічних параметрів. Виявлені проблемні ділянки, на яких ґрунт переущільнений, твердість якого досягає 4500...5000 кПа. Запропоновано такі ділянки обробити глибокою оранкою (до 32 см) агрегатом МТЗ-1025 + ПОН-3-35: - при вирощуванні пшениці озимої – 22 га; - при вирощуванні соняшника – 32 га.

Також рекомендовано не допускати виїзд техніки на перезволожений ґрунт. Не допускати виїзду автомобілів на поле під час завантаження зерном.

Розроблені перспективні плани механізованих робіт з урахуванням диференційного обробітку ґрунту з плановою урожайністю пшениці озимої – 6,5 т/га; соняшника – 2,7 т/га.

4. Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань цифровим пенетрометром S600. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом.

5. Розроблена ґрунтозахисна технологія забезпечить високу економічну ефективність з розрахунковим рівнем рентабельності 71,5 %, плановою урожайністю – 6,5 т/га та утриманням щільності ґрунту в межах нормативних показників.

СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Harari Y. Sapiens. A Brief History of Humankind / Yuval Harari – London: Harvill Secret, 2019. – 444 p.
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. Сторінка доступу: <https://mepr.gov.ua/>
3. Фурман В.М., Люсак А.В., Олійник О.О. Ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства. Навчальний посібник. – Рівне: вид-во ФОП Мельнікова М.В., 2019. –215с.
4. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600
5. Руденко М.В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект / Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. Том 30 (69). № 6, 2019 р., с. 30 – 37.
DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-6-28>.
6. Веремеєнко С.І. Охорона ґрунтів та відновлення їх родючості: Навчальний посібник /Веремеєнко С. І. – Рівне: НУВГП, 2020. – 219 с.
7. Кравчук М. М., Наумець Г. Ф., Колихан О. Ю., Стецюк Д. В. Ефективність ґрунтозахисних агротехнологій в умовах Центрального Полісся України. Sciences of Europe (Praha, Czech Republic). – 2020. – № 59. Vol.2.20 - 24.
8. Мазур В.А., Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Телекало Н.В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур: монографія. Вінниця: Твори, 2020. 192 с
9. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М., Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД. 2021. 180 с.
10. Писаренко В. М., Писаренко В.В., Писаренко П. В. Управління агротехнологіями за умов посух / В.М.Писаренко, В.В. Писаренко, П.В. Писаренко // Полтава, 2020. – 161 с.

11. Tkachuk O., Telekalo N. Agroecological potential of legumes in conditions of intensive agriculture of Ukraine collective monograph. Latvia: Riga: Baltija Publishing, 2020. P. 91-104.
12. Система точного землеробства: Навч. посібник [Текст] / [Л.В. Аніскевич, М.О. Свірень, М.М. Коваленко та ін.]. Кропивницький: Лисенко В.Ф. 2020. – 104 с.
13. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake/ Amir Kassam, Theodor Friedrich, Francis Shaxson and Jules Pretty INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL SUSTAINABILITY 7(4) 2009, PAGES 292–320 # 2019 Earthscan. ISSN: 1473-5903 (print), 1747-762X (online). www.earthscanjournals.com.
14. Precision farming technologies for crop protection: A meta-analysis Evangelos Anastasiou ^a, Spyros Fountas ^a, Matina Voulgaraki . Vasilios Psiroukis Smart Agricultural Technology Volume 5, October 2023, 100323 <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100323>
15. Modern Technology and Scope of Precision Agriculture (PA). D.B. Khadka (2023) Int. J. Soc. Sc. Manage. Vol. 10, Issue-4: 83-87. DOI: 10.3126/ijssm.v10i4.56241.
16. Bizikova, L.; Brewin, S.; Bridle, R.; Laan, T.; Murphy, S.; Sanchez, L.; Smaller, C. *The Sustainable Agriculture Transition: Technology Options for Low- and Middle-Income Countries*; International Institute for Sustainable Development: Winnipeg, MB, Canada, 2020.
17. Tomchek, M. Sustainable Technology Impact on Agricultural Production. In *Decent Work and Economic Growth. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*; Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2021; pp. 1024–1037. ISBN 978-3-319-95867-5.
18. Kubiak, A.; Wolna-Maruwka, A.; Niewiadomska, A.; Pilarska, A.A. The Problem of Weed Infestation of Agricultural Plantations vs. the Assumptions of the European Biodiversity Strategy. *Agronomy* 2022, 12, 1808

19. Kalogiannidis, S.; Kalfas, D.; Chatzitheodoridis, F.; Kontsas, S. The Impact of Digitalization in Supporting the Performance of Circular Economy: A Case Study of Greece. *J. Risk Financ. Manag.* 2022, 15, 349
20. Wang, C.-Y.; Yang, J.; Qin, J.-C.; Yang, Y.-W. Eco-Friendly Nanoplatfoms for Crop Quality Control, Protection, and Nutrition. *Adv. Sci.* 2021, 8, 2004525
21. Anderson, R.; Bayer, P.E.; Edwards, D. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2020, 56, 197–202.
22. A. Benelli, C. Cevoli, A. Fabbri. In-field hyperspectral imaging: an overview on the ground-based applications in agriculture *J. Agric. Eng.*, 51 (2020), pp. 129-139, 10.4081/jae.2020.1030.
23. Гаркуша А. Грунтозахисні технології у землеробстві в умовах зміни клімату. *Агро Еліта*. 2019. URL: <https://agroelita.info/gruntozahysni-tehnolohiji-uzemlerobstvi-v-umovah-zminy-klimatu> (дата звернення: 4.07.2024).
24. How does no-till affect soil-profile compactibility in the long term? / Н. BlancoCanqui et al. *Geoderma*. 2022. 425:116016. DOI 10.1016/j.geoderma.2022.116016.
25. Аніскевич Л. Ефективність точного землеробства в аграрному бізнесі. *Механізація АПК*. 2019. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14998-efektyvnist-tochnoho-zemlerobstva-v-ahrarnomu-biznesi.html> (дата звернення: 6.07.2024).
26. D. Sonal. IoT in agriculture: Smart Farming // *Recent Advances in Engineering, Science and Construction* Edited Iksad Publications. 2021: 137–149. URL: <https://www.researchgate.net/publication/358233758> (дата звернення: 6.07.2024).
27. S. M. Hussain, K. Hussain, S. Farwah, S. Lone, M. Rashid. Precision agriculture-Smart Farming: The future of agriculture // *Recent Advances in Agriculture, Engineering and Biotechnology for Food Security*. 2021. pp. 167–171

ДОДАТКИ