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

Ігнатенку Олегу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату застосуванням систем 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 Проблеми використання сучасних машинних агрегатів. 2. Методи і обладнання, що застосовуються в технологіях цифрового землеробства. 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 _____ Ігнатенко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник дипломної (магістерської) роботи _____ Хворост Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота присвячена вирішення питання підвищення ефективності машино-тракторного парку шляхом застосування сучасних технологій землеробства, зокрема, цифрових. Ефективними інструментами підвищення показників машиновикористання можуть бути цифрова платформа AFS, онлайн платформа «Агропрофіль», цифровий софт пенетрометра S600. Цифровий контроль величини ущільнення ґрунту дозволить раціонально спроектувати технологічні процеси землеробства.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 58 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Ключові слова: СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, МАШИНО_ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ, ТВЕРДІСТЬ ГРУНТ, КАРТА - ЗАВДАННЯ

ЗМІСТ

Вступ……. 6

1 Проблеми використання сучасних машинних агрегатів ……. 8

1.1 Основні відомості ……. 8

1.2 Характеристика показників машиновикористання……. 9

2 Методи і обладнання, що застосовуються в технологіях цифрового землеробства…… 13

2.1 Загальні відомості …….……. 13

2.2 Основні функції платформ для цифрового землеробства…… 14

2.3 Основні існуючі телематичні системи різних виробників ……. 18

Висновки по розділу……. 28

3 Експериментальна частина …… 29

3.1 Програма досліджень 29

3.2 Вибір поля та його характеристика …..…….. 29

3.3 Розробка карти-завдання на диференційований обробіток 34

Висновки по розділу ..…….. 40

4 Охорона праці……..... 42

4.1 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників…….……. 42

Висновки до розділу……. 44

5 Економічне обґрунтування роботи …….. 45

Висновки до розділу…… 52

Загальні висновки……..... 53

Список використаних джерел……..... 55

Додатки

В С Т У П

Актуальність теми

Сучасне сільське господарство стикається з низкою викликів, серед яких зростаюча потреба в підвищенні продуктивності та ефективності використання ресурсів. Зниження витрат на агротехнічні операції, оптимізація використання машинно-тракторного парку (МТП) та покращення якості ґрунтів є критично важливими для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу. Впровадження систем точного землеробства відкриває нові можливості для досягнення цих цілей.

Системи точного землеробства дозволяють здійснювати точне управління агротехнічними процесами завдяки використанню сучасних цифрових технологій, таких як глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS), цифрові платформи та програмне забезпечення для моніторингу і аналізу даних. Це забезпечує високу точність виконання технологічних операцій, зменшує витрати на паливо та добрива, покращує врожайність і знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

Мета і завдання дослідження

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату шляхом впровадження систем точного землеробства. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз сучасного стану машинно-тракторного парку в агропідприємствах.
2. Дослідити можливості та переваги використання систем точного землеробства в агротехнічних процесах.
3. Оцінити економічну ефективність впровадження систем точного землеробства.
4. Розробити рекомендації щодо оптимізації використання МТП за допомогою сучасних цифрових технологій.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є машинно-тракторний агрегат в умовах сучасного сільського господарства. Предметом дослідження є системи точного землеробства та їх вплив на ефективність використання МТП.

Методи дослідження

У роботі використовувались такі методи дослідження:

- Аналіз літературних джерел та нормативної документації.
- Експериментальні дослідження з використанням цифрових платформ та програмного забезпечення.
- Математичне моделювання технологічних процесів.
- Економічний аналіз ефективності використання МТП.

Наукова новизна

Наукова новизна дослідження полягає у розробці та обґрунтуванні нових підходів до підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату через впровадження систем точного землеробства. Використання сучасних цифрових платформ і технологій дозволяє досягти високої точності виконання агротехнічних операцій, що веде до зменшення витрат і підвищення врожайності.

Практичне значення роботи

Результати магістерської роботи можуть бути використані в практичній діяльності агропідприємств для оптимізації використання машинно-тракторного парку та покращення технологічних процесів землеробства. Використання систем точного землеробства дозволить знизити витрати, підвищити врожайність і покращити якість ґрунтів, що в кінцевому результаті сприятиме підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва.

1 ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ

1.1 Основні відомості

Сучасні машинні агрегати є невід'ємною частиною технологічного процесу в сільському господарстві. Вони дозволяють значно підвищити продуктивність праці, знизити витрати часу і забезпечити більш високу якість виконання агротехнічних операцій. Машинні агрегати включають трактори, комбайни, сівалки, обприскувачі, плуги, культиватори та інші види техніки, що використовуються для обробки ґрунту, посіву, догляду за рослинами та збору врожаю.

Попри значні переваги, використання сучасних машинних агрегатів стикається з низкою проблем, які впливають на ефективність їх роботи та загальну продуктивність сільськогосподарських операцій. До основних проблем належать:

 Технічні проблеми:

- Знос деталей і вузлів, що призводить до частих поломок і простоїв техніки.
- Низька надійність окремих моделей техніки, що вимагає частого ремонту.
- Високі вимоги до технічного обслуговування та кваліфікації персоналу.

 Економічні проблеми:

- Висока вартість придбання і обслуговування сучасної техніки.
- Значні витрати на паливо і мастильні матеріали.
- Необхідність інвестицій в модернізацію та оновлення технічного парку.

 Екологічні проблеми:

- Викиди шкідливих речовин в атмосферу під час роботи техніки.
- Негативний вплив на структуру ґрунту та ущільнення його верхнього шару.

- Вплив на флору і фауну при використанні агрохімікатів.

 Соціальні проблеми:

- Потреба в підвищенні кваліфікації персоналу для роботи з сучасними агрегатами.
- Ризик травматизму і професійних захворювань при роботі з технікою.

1.2 Характеристика показників машиновикористання

Оцінка ефективності використання машинно-тракторного парку (МТП) є ключовим елементом управління сільськогосподарським виробництвом. Вона дозволяє визначити продуктивність техніки, оптимізувати її використання та планувати технічне обслуговування. До основних показників, що використовуються для оцінки ефективності МТП, відносять:

Обсяг виконаних робіт характеризує кількість агротехнічних операцій, виконаних за певний період часу (зміна, день, місяць, рік). Він може вимірюватися у фізичних (гектари обробленої площі, тони зібраного врожаю) або умовних одиницях.

$$Q_м = \sum_i \sum_j \lambda_j \cdot N_{зм} \cdot T_{зм}$$

де λ_j - еталонна година продуктивність *j*-го МТА, ум.ет.га / год.;

$N_{зм}$ - кількість нормозмін на виконання *i*-ої операції;

$T_{зм}$ - тривалість нормативної зміни, год.

Щільність механізованих робіт визначає ступінь використання техніки на певній площі земельного фонду. Вона відображає інтенсивність механізованих операцій та використання технічних ресурсів.

Визначення *своєчасності робіт за формулою:*

$$T_{зм} \cdot \sum_j W_j \cdot n_j \cdot k_{зм} \geq \frac{F}{D_p}$$

де W_j - продуктивність j-го МТА за годину змінного часу;

n_j - число агрегатів j-го типу;

F – площа обробітку, га;

D_p – агротехнічна кількість днів, за яку необхідно виконати технологічну операцію.

Коефіцієнт змінності показує, скільки змін працює техніка за добу. Він відображає інтенсивність використання машинного парку.

Використання показників для оцінки ефективності машинно-тракторного парку дозволяє здійснювати об'єктивний аналіз продуктивності техніки, виявляти проблемні зони та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Оптимізація використання МТП сприяє підвищенню ефективності агротехнічних операцій, зниженню витрат на технічне обслуговування та паливно-мастильні матеріали, а також покращенню економічних показників сільськогосподарського виробництва.

ТОВ "МХТ Урожайна країна" Сумської області є одним із провідних аграрних підприємств регіону.

Аналіз основних показників машиновикористання на прикладі агропідприємства

Обсяг виконаних робіт

За період 2020-2023 рр. обсяг виконаних робіт зріс на 15%. Проте, темпи зростання можуть бути недостатніми для подальшого розвитку підприємства. Основні проблеми включають:

- Нерівномірність розподілу робіт по сезонах: Пікові навантаження в сезон посіву та збору врожаю призводять до надмірної експлуатації техніки і збільшення витрат на ремонт.
- Застаріла техніка: Частина машинного парку має високий ступінь зносу, що впливає на продуктивність.

Щільність механізованих робіт поступово зростала:

- 2020 рік: 0.80 га/га
- 2021 рік: 0.85 га/га

- 2022 рік: 0.90 га/га
- 2023 рік: 0.95 га/га

Проте, підвищення щільності робіт може спричинити ущільнення ґрунту, що негативно впливає на його родючість і врожайність. Це свідчить про необхідність впровадження технологій точного землеробства.

Річний виробіток трактора зріс з 200 га/трактор у 2020 році до 230 га/трактор у 2023 році, змінний виробіток - з 15 га/зміну до 18 га/зміну. Основні недоліки:

- Неоптимальні маршрути руху техніки: Це призводить до збільшення витрат палива і часу.
- Неповне завантаження техніки: В окремі періоди частина техніки використовується неповно, що знижує ефективність.

Коефіцієнт своєчасності робіт залишається високим, але варто звернути увагу на:

- Нерівномірність робіт: У пікові періоди частина робіт може виконуватися з затримками через недостатню кількість техніки.

Коефіцієнт змінності зріс з 1.2 у 2020 році до 1.5 у 2023 році. Це позитивний показник, але:

- Перевантаження техніки: Збільшення кількості змін може призвести до швидшого зносу техніки.

Для раціонального використання техніки при вирощуванні сільськогосподарських культур з використанням цифрового землеробства рекомендується впровадження наступних заходів:

Використання цифрових технологій

- Технології точного землеробства: Впровадження GPS-навігації, систем контролю посіву і збору врожаю дозволить оптимізувати маршрути руху техніки, знизити витрати палива і покращити своєчасність робіт.
- Аналіз даних: Використання датчиків і аналітичних програм для моніторингу стану ґрунту і рослин дозволить своєчасно виявляти проблеми і приймати обґрунтовані рішення.

Оптимізація технічного обслуговування

- Регулярне технічне обслуговування: Запобіжний ремонт і обслуговування техніки дозволить знизити кількість простоїв і збільшити термін служби машинного парку.
- Модернізація техніки: Вкладання коштів в оновлення техніки, придбання нових сучасних агрегатів з підвищеною ефективністю і меншим впливом на ґрунт.

Планування та управління ресурсами

- Оптимізація графіків робіт: Розробка графіків робіт з урахуванням пікових навантажень і рівномірного розподілу завдань протягом року.
- Раціональне використання техніки: Забезпечення повного завантаження техніки і оптимального розподілу агрегатів на різні види робіт.

Навчання персоналу

- Підвищення кваліфікації: Регулярне навчання операторів і технічного персоналу з метою підвищення їх компетенцій у використанні сучасної техніки і цифрових технологій.

Реалізація зазначених заходів дозволить ТОВ "МХТ Урожайна країна" підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку, знизити витрати і покращити врожайність. Впровадження цифрового землеробства стане важливим кроком у напрямку модернізації аграрного виробництва і забезпечення його сталого розвитку.

2 МЕТОДИ І ОБЛАДНАННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

2.1 Загальні відомості

Цифрове землеробство відіграє ключову роль у сучасному аграрному виробництві, дозволяючи максимально оптимізувати використання техніки, підвищувати продуктивність та ефективність господарств.

Засоби підвищення ефективності використання МТП включають в себе різноманітні технології та обладнання, спрямовані на автоматизацію та оптимізацію агротехнічних процесів:

1. *GPS-навігація:* Дозволяє точно визначати місцезнаходження техніки на полі і автоматично керувати рухом, що зменшує перекриття і підвищує ефективність робіт.

2. *Автопілоти і системи автоматичного керування:* Дозволяють техніці самостійно виконувати задані агротехнічні операції, такі як посів, обробка ґрунту, а також збір врожаю.

3. *Датчики та сенсори:* Використовуються для збору даних про ґрунт, погодні умови, рівень вологості та інші параметри, що дозволяє оптимізувати режими обробки поля.

4. *Картографування та геодезичні системи*: Дозволяють побудовувати детальні карти полів з врахуванням різних параметрів, що допомагає в управлінні землеробськими процесами.

Платформи цифрового землеробства є централізованими системами, які об'єднують різні технології та сервіси для ефективного управління сільськогосподарським виробництвом:

 Precision Agriculture (Прицізійне землеробство): Платформи Precision Agriculture надають інструменти для аналізу та оптимізації використання ресурсів, таких як вода, добрива, пестициди, що дозволяє максимізувати врожайність і знижувати витрати.

 Farm Management Software (Програмне забезпечення управління фермою): Ці платформи допомагають у керуванні всіма аспектами сільськогосподарського виробництва, включаючи розподіл ресурсів, фінансове планування та облік робіт.

 Data Analytics (Аналітика даних): Платформи Data Analytics використовуються для обробки великих обсягів даних, отриманих з різних джерел (датчики, GPS, супутникові знімки), з метою аналізу та прогнозування розвитку виробництва.

 Remote Sensing (Віддалене зондування): Ці платформи використовують супутникові знімки та інші технології для моніторингу стану посівів і розпізнавання проблемних ділянок, що дозволяє швидко реагувати на них.

Використання цифрових технологій та платформ цифрового землеробства є важливим етапом у розвитку сучасного аграрного виробництва. Ці технології дозволяють оптимізувати використання техніки, знижувати витрати і вплив на навколишнє середовище, підвищувати ефективність господарства та забезпечувати стабільний врожай. Використання засобів підвищення ефективності МТП і платформ цифрового землеробства дозволяє здійснювати точне та цільове керування агротехнічними процесами, покращує якість та кількість врожаю, сприяє збільшенню доходів сільськогосподарських підприємств. Однак для успішного впровадження цифрових технологій необхідно враховувати індивідуальні особливості кожного господарства, забезпечувати підготовку персоналу та регулярне оновлення програмного забезпечення і обладнання.

2.2 Основні функції платформ для цифрового землеробства

У сучасному аграрному секторі цифрове землеробство стає все більш важливою складовою для досягнення високої продуктивності, оптимізації ресурсів та підвищення прибутковості господарств. Однією з ключових складових цифрового землеробства є використання спеціалізованих платформ,

які надають широкий спектр функцій для управління та контролю сільськогосподарськими процесами.

Основні функції платформ для цифрового землеробства:

Завчасне планування сезонних робіт

Платформи для цифрового землеробства дозволяють фермерам завчасно планувати агротехнічні операції на кожному етапі вирощування культур. Це включає в себе планування посіву, обробки ґрунту, поливу, захисту від шкідників та хвороб, а також збирання врожаю. Завдяки цьому фермери можуть оптимально розподілити свій час та ресурси, щоб досягти найкращих результатів у сільському господарстві.

Функція обліку та планування витрат матеріалів

Ця функція дозволяє аграріям вести детальний облік витрат на матеріали, такі як насіння, добрива, пестициди, паливо та інші ресурси. Вона також допомагає визначити собівартість продукції, що є важливим аспектом управління сільськогосподарським виробництвом. Забезпечення оптимального використання матеріальних ресурсів допомагає знизити витрати та підвищити прибутковість господарства.

За допомогою цифрових платформ (AFS, Cropwise, SMS, PLM та онлайн-софти типу Агропрофіль і інші) можна розрахувати собівартість робіт, облікувати та провести планування по витратам матеріалів: матеріалу для посіву, мінеральних добрив, ЗЗР та інше.

Наприклад, щоб проконтролювати (пропланувати) рух витратних матеріалів агропідприємства у софті AFS можлива така функція, як створення вкладки з базою даних (вкладка «Supplies», тека «Fuel» та «Seed» (див. рис.2.1)
.

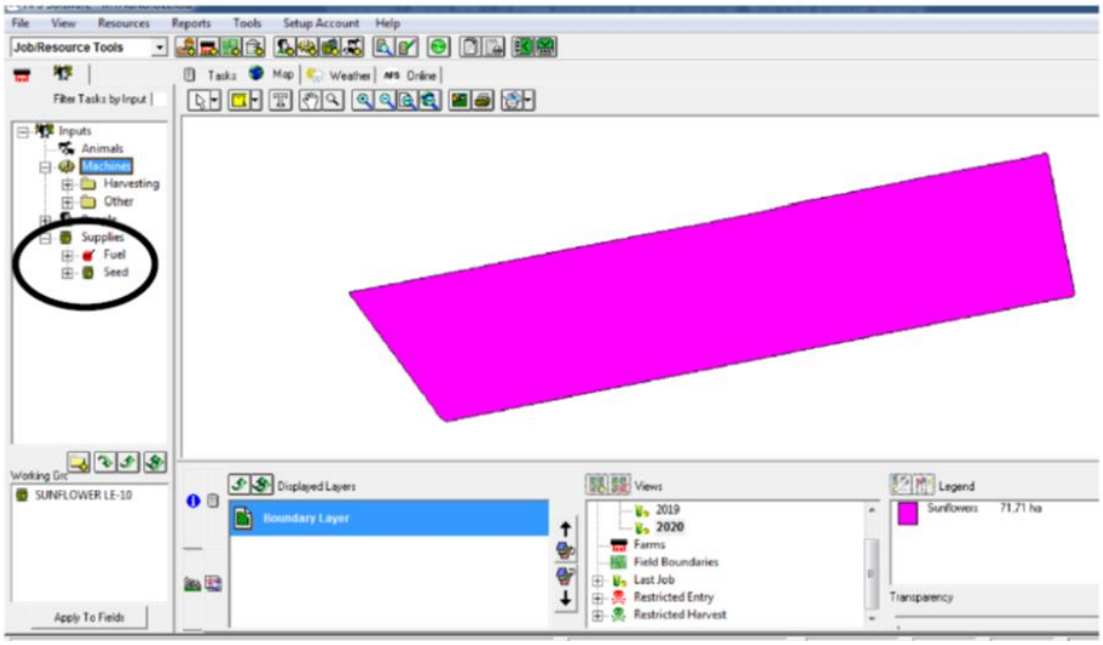


Рисунок 2.1 - Інтерфейс софта AFS з теками планування пального (Fuel) і посівних матеріалів (Seed)

Виробнича діяльність агрофірми, її конкурентоспроможність напряму залежить від собівартості агропродукції. Використання софтів AFS, Cropwize керівництво дає можливість планувати собівартість озимої пшениці (максимальну) 1 т за 90 євро. Таке програмне забезпечення оперативно реагує на вартість продукції, яка вирощується.

Такі функції має і платформа «Агропрофіль», але вона має спрощений вигляд (див. рис.2.1)

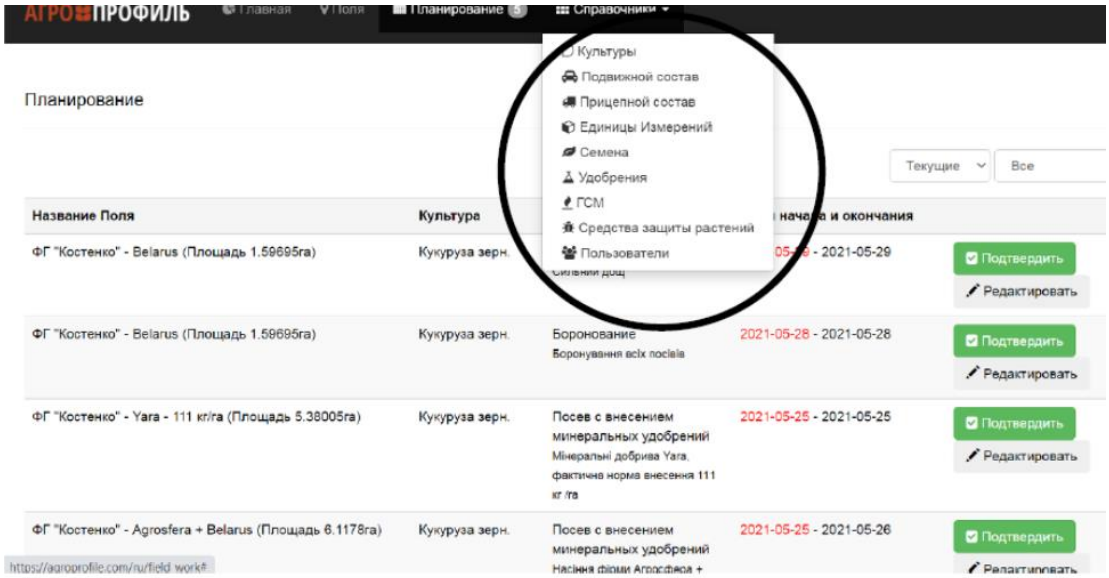


Рисунок 2.2_- Інтерфейс платформи «Агропрофіль» із вкладкою планування витратних матеріалів (виділено колом

Функція контролю виконання робіт

Ця функція дозволяє фермерам в реальному часі контролювати виконання агротехнічних робіт на полі. Вони можуть відстежувати рух техніки, моніторити якість виконаних операцій та вчасно реагувати на будь-які відхилення від плану. Це дозволяє підтримувати високу якість виробництва та забезпечувати оптимальне використання ресурсів.

Контроль за якістю виконанням робіт можна і під час її виконання і після завершення роботи.

На рис.2.3 зображений результат виконання робіт по висіву із змінною нормою, де контроль ведеться і за процесом висіву, і по продуктивності роботи, і час виконання операції. Отже, контролюється весь технологічний процес.

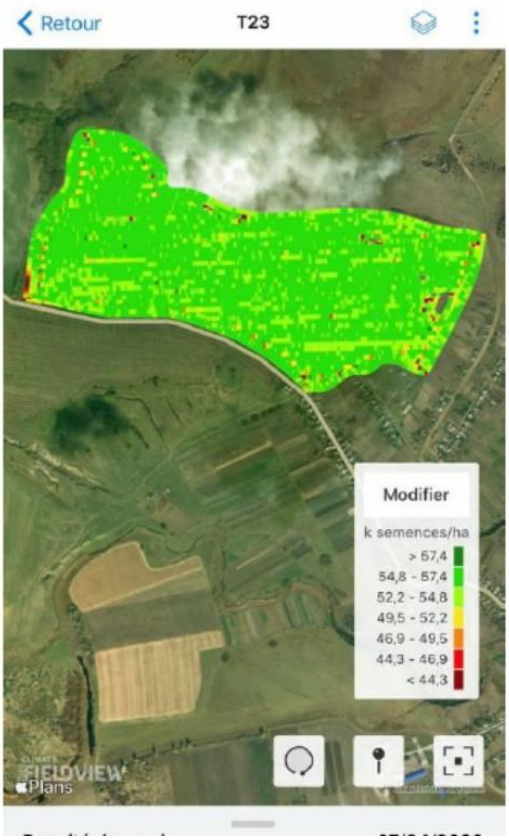


Рисунок 2.3 - Результати посіву

За аналогією можливо контролювати і інші технологічні процеси, а база даних зберігається в платформі та можлива для обробітку та аналізу будь коли.

Облік використання с.-г. техніки

Ця функція дозволяє вести облік використання сільськогосподарської техніки, включаючи час роботи, пробіг, об'єм виконаних робіт тощо. Вона допомагає визначити ефективність роботи техніки, вчасно виявляти потреби у технічному обслуговуванні та ремонті, а також оптимізувати розподіл машини на різні ділянки поля для максимізації її використання.

Такі основні функції платформ для цифрового землеробства є ключовими для досягнення ефективного та стабільного виробництва в сільському господарстві. Вони допомагають фермерам підвищити продуктивність, знизити витрати та забезпечити сталість виробництва, що є важливими аспектами в сучасному аграрному секторі.

2.3 Основні існуючі телематичні системи різних виробників

У сучасному сільському господарстві телематичні системи відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного управління та моніторингу агротехнічних операцій. Вони дозволяють збирати, аналізувати та використовувати дані для підвищення продуктивності, зниження витраті покращення загальної ефективності сільськогосподарського виробництва.

Проаналізуємо основні телематичні системи.

Телематичні системи від John Deere

Переваги:

- Інтеграція та сумісність: Системи JD LINK від фірми John Deere легко інтегруються з іншими обладнаннями та програмними продуктами компанії, що забезпечує зручне та ефективне управління всіма аспектами аграрного виробництва.
- Платформа JDLink: Забезпечує віддалений моніторинг та управління технікою, дозволяючи отримувати дані про стан машин в реальному часі.
- Підтримка точного землеробства: John Deere надає широкий спектр рішень для точного землеробства, включаючи автоматичне керування технікою, системи GPS-навігації та ін.

Недоліки:

- Висока вартість: Обладнання та програмне забезпечення John Deere можуть бути досить дорогими, що може стати перешкодою для малих та середніх фермерських господарств.
- Складність налаштування: Деякі користувачі відзначають складність у налаштуванні та використанні телематичних систем John Deere, що може вимагати додаткового навчання персоналу.

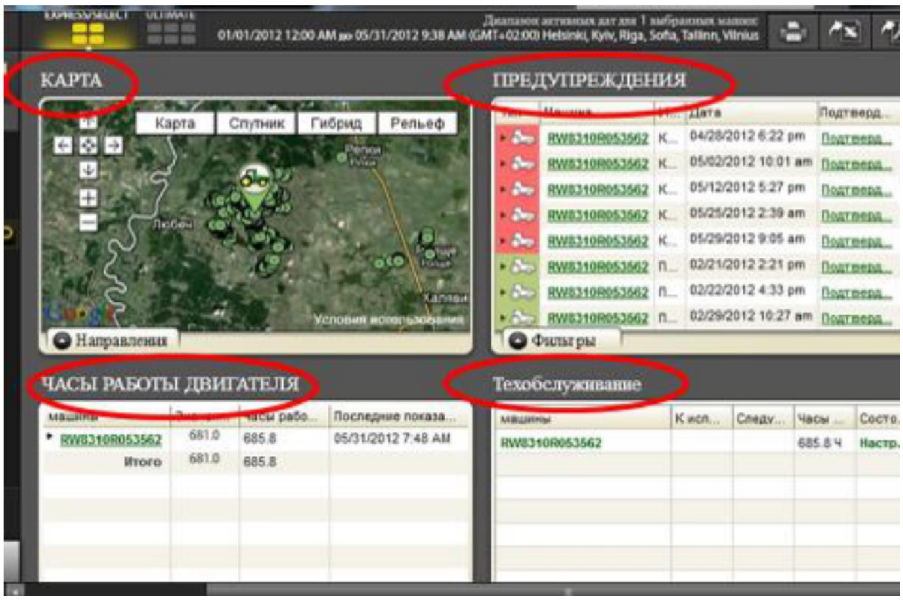


Рисунок 2.4 -Інтерфейс програми JD Link

Система точного землеробства Agricultural Machinery Systems (AMS)

AMS (Agricultural Management Solutions) від John Deere пропонує різноманітні рішення для точного землеробства, включаючи:

- Автопілоти та системи автоматичного керування: Дозволяють техніці самостійно виконувати агротехнічні операції з високою точністю.
- Картографування полів: Забезпечує створення детальних карт ґрунтів, врожайності та інших параметрів, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення.

Переваги: Деталізація: Точні карти дозволяють виявити проблемні ділянки поля та вчасно вжити необхідних заходів.

- Аналітика: Збір і аналіз даних про поле допомагає оптимізувати внесення добрив, пестицидів і води.

Недоліки:

- Складність збору даних: Для отримання точних карт потрібне спеціалізоване обладнання і програмне забезпечення.
- Тривалість обробки: Збір та аналіз даних може бути тривалим процесом.

Моніторинг посівів: Системи AMS дозволяють стежити за станом посівів в реальному часі, що допомагає оперативно реагувати на зміни.

Рисунок 2.5 - Приклад використання системи AMS зі стандартом ISOBUS при вивантаженні зерна з синхронізацією швидкості агрегатів

Системи точного землеробства AMS (Agricultural Management Solutions) від John Deere інтегруються зі стандартом ISOBUS для забезпечення сумісності між різними видами сільськогосподарської техніки та обладнання. ISOBUS (International Organization for Standardization 11783) є міжнародним стандартом, який забезпечує уніфіковане управління та комунікацію між тракторами, знаряддями та іншими пристроями, незалежно від виробника. Це дозволяє спростити процеси управління технікою та підвищити ефективність агротехнічних операцій.

Використання стандарту ISOBUS дозволяє забезпечити сумісність між різними видами техніки та обладнання, що дозволяє фермеру використовувати різні машини і знаряддя без проблем з інтеграцією. Це значно спрощує управління сільськогосподарськими процесами та підвищує загальну ефективність.

Переваги:

- Оперативність: Можливість швидко реагувати на зміни в стані посівів і вживати необхідних заходів.
- Оптимізація: Дозволяє оптимізувати витрати на добрива, пестициди і воду, виходячи з реальних потреб рослин.

Недоліки:

- Необхідність в постійному моніторингу: Потрібно регулярно відстежувати дані і аналізувати їх.
- Вартість: Вартість обладнання для моніторингу може бути високою.

Облік та управління ресурсами. Системи AMS включають функції обліку та управління ресурсами, що дозволяє фермерам точно розраховувати і контролювати використання насіння, добрив, пестицидів та води. Це забезпечує більш раціональне використання ресурсів, знижує витрати і мінімізує вплив на навколишнє середовище.

Переваги:

- Раціональне використання ресурсів: Дозволяє знизити витрати і підвищити екологічність господарства.
- Точність: Забезпечує точне дозування матеріалів відповідно до потреб поля.

Недоліки:

- Складність управління: Вимагає ретельного планування та контролю за виконанням агротехнічних операцій.
- Інвестиції: Необхідність вкладення коштів у обладнання та програмне забезпечення.

Системи точного землеробства AMS від John Deere

Це потужний інструмент для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Вони забезпечують точність, оперативність і раціональне використання ресурсів, що дозволяє досягти високої врожайності та знизити витрати. Однак для повного використання їх потенціалу необхідні значні інвестиції та навчання персоналу. Використання AMS систем є важливим кроком до сучасного, інноваційного та стійкого сільського господарства.

Цифрова платформа Advanced Farming Systems (AFS) CASE IH

Обладнання та функції, що надаються Trimble:

- GPS-навігація та системи автоматичного керування: Trimble надає високоточні GPS-приймачі та системи автопілотування для сільськогосподарської техніки.
- Датчики та сенсори:Для моніторингу стану ґрунту, посівів та техніки.
- Платформа AFS Connect: Забезпечує віддалений доступ до даних про роботу техніки, стан полів та інших важливих параметрів, дозволяючи фермерам оперативно приймати рішення.

Переваги:

- Висока точність: Обладнання Trimble забезпечує високоточні вимірювання та керування, що підвищує ефективність агротехнічних операцій.
- Гнучкість та масштабованість: Системи можуть бути адаптовані під потреби різних господарств, від малих до великих агропідприємств.

Недоліки:

- Вартість: Як і у випадку з John Deere, висока вартість обладнання може бути обмежуючим фактором.
- Складність інтеграції: Деякі користувачі відзначають труднощі з інтеграцією обладнання Trimble з іншими системами.(рис.2.6)

Рисунок 2.6 - Комплектування трактора CASE IH MX 380 різними моніторами для різних завдань. Поточне завдання, зображене на моніторі Trimble GFX-750, обведений колом

Trimble GFX-750 є 10.1-дюймовим сенсорним монітором, який призначений для використання в сільськогосподарській техніці. Він відрізняється високою яскравістю та чіткістю зображення, що забезпечує зручність роботи навіть в умовах яскравого сонячного світла. Монітор підтримує різні варіанти монтажу, що дозволяє легко інтегрувати його в кабіну будь-якого трактора або іншої сільськогосподарської техніки.

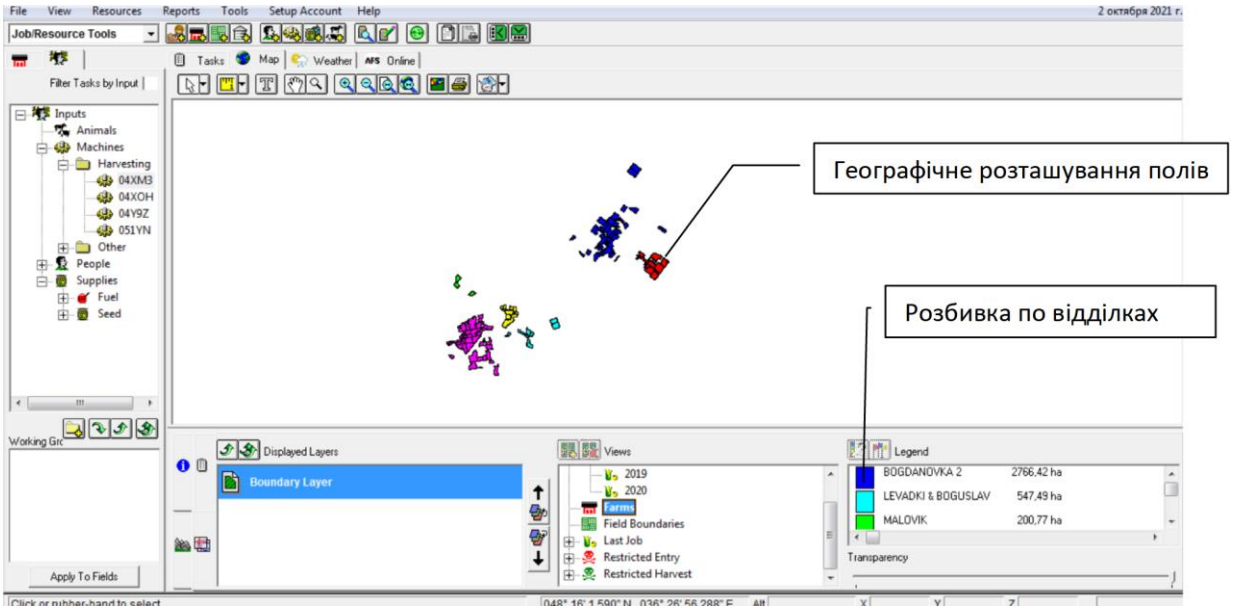
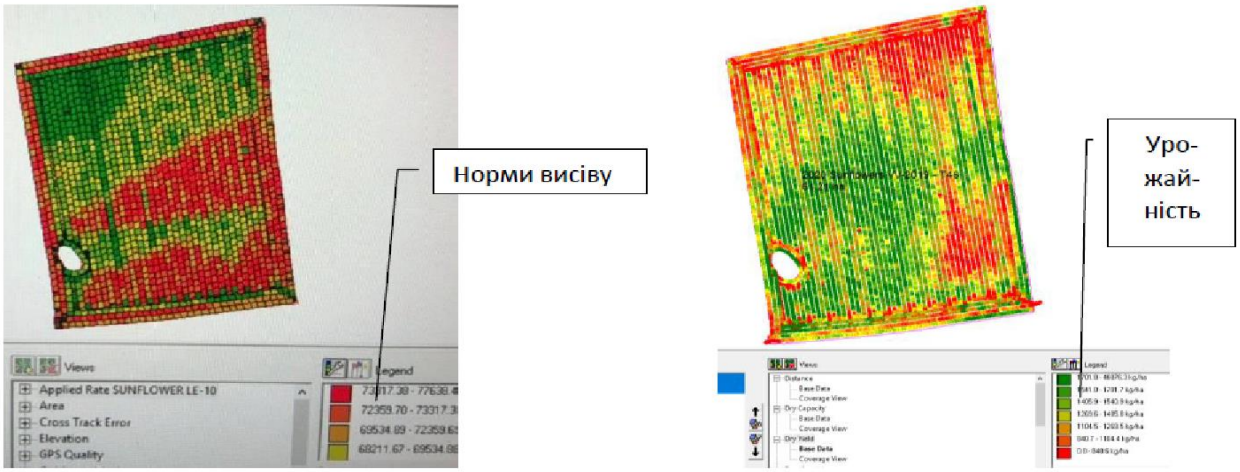


Рисунок 2.8 -Інтерфейс платформи AFS з основними масивами даних

Як правило, цифрова платформа AFS використовується на техніці CASE IH. А обладнання Trimble, знайшло застосування на CASE IH, New Holland та техніці інших виробників.

Це є комплексним рішенням для СТЗ що надає можливість ефективного управління всіма аспектами агротехнічних операцій. Ця платформа використовується для підвищення продуктивності, оптимізації ресурсів і зниження витрат у сільськогосподарському виробництві.

Платформа AFS дозволяє планувати всі агротехнічні операції заздалегідь, враховуючи специфічні умови поля та вимоги до вирощуваних культур. Це включає створення планів посіву, та інші технологічні операції.



а) б)

Рисунок 2.9 - Карти норми висіву (а) і урожайності (б) соняшника, отримані технікою Case IH, що працювала в цифровій платформі AFS

Цифрова платформа SkokAgro

SkokAgro пропонує комплексні рішення для цифрового землеробства, включаючи:

- Моніторинг та управління технікою: Віддалений контроль за роботою сільськогосподарської техніки, що дозволяє оптимізувати її використання.
- Аналіз даних: Платформа забезпечує збір та аналіз даних про стан полів, врожайність, погодні умови тощо, що дозволяє фермерам приймати обґрунтовані рішення.
- Планування робіт: Інструменти для завчасного планування сезонних робіт та управління ресурсами.

Цифрова платформа вимірювання твердості ґрунтів SkokAgro дозволяє виміряти твердість ґрунтів на глибину до 60 см (до 90 см у перспективі) з GPS-прив’язкою до точок вимірювання і передачею даних за допомогою GSM-зв’язку. Для цього розроблений відповідний пенетрометр (рис.2.10) та програмне забезпечення (софт).

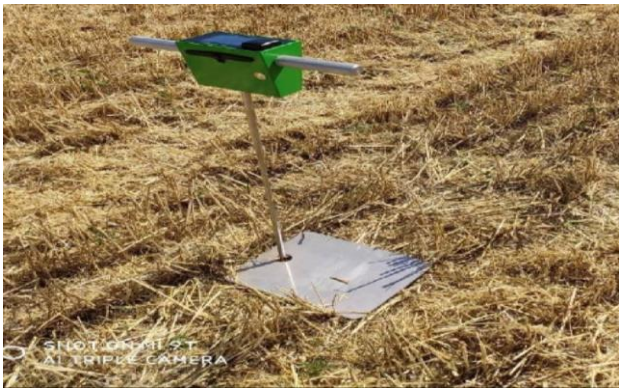


Рисунок 2.10 - Загальний вигляд цифрового пенетрометра S600, оснащеного GPS GSM антенами

Переваги:

- Інтегрованість: SkokAgro легко інтегрується з іншими агротехнічними системами та обладнанням.
- Доступність: Платформа пропонує рішення, доступні для різних за розміром господарств.

Недоліки:

- Обмежена функціональність: У порівнянні з провідними виробниками, такими як John Deere та Case IH, платформа може мати обмежений набір функцій.
- Менша підтримка: Платформа може не мати такої широкої підтримки та обслуговування, як системи від великих світових виробників.

При впровадженні пенетрометра в ґрунту, фіксація результатів здійснюється через кожен сантиметр глибини. Таким чином, отримуємо детальну картину твердості всього поля на вказану глибину. Результати відображаються в інтерфейсі софта SkokAgro (рис.2.11).

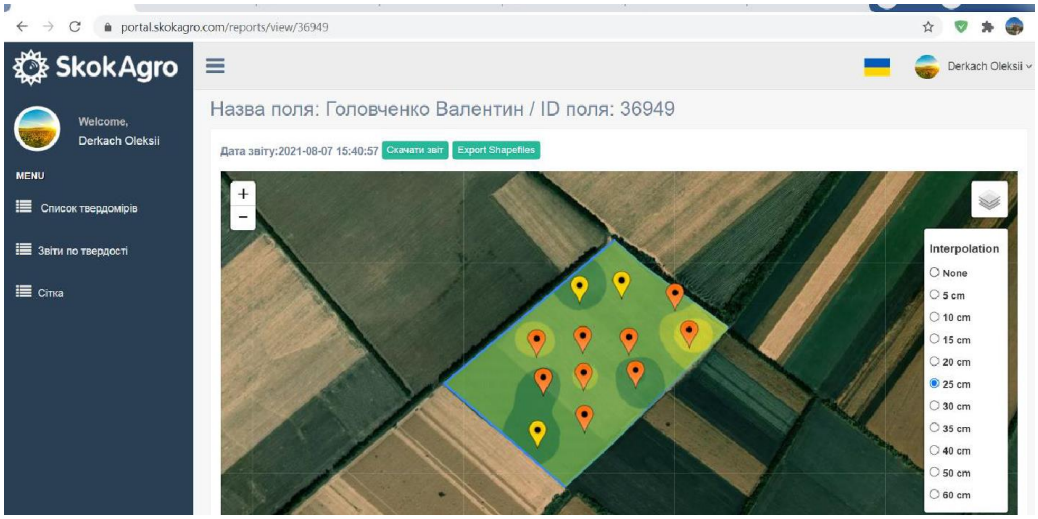


Рисунок 2.11 - Загальний вигляд інтерфейсу софту SkokAgro з переданими даними з пенетрометра

За допомогою платформи SkokAgro можна вимірювати твердість ґрунтів (глибина до 60 с), а у перспективному плані - до 90 см. Це забезпечує глибоке розуміння структури ґрунту та дозволяє виявляти ущільнені ділянки, які можуть негативно впливати на розвиток рослин. Платформа оснащена GPS-приймачем, що дозволяє прив’язувати дані вимірювань до конкретних географічних координат. Це забезпечує створення точних карт твердості ґрунту, які можна використовувати для планування агротехнічних заходів. Зібрані дані передаються на сервер через GSM-зв'язок, що дозволяє отримувати інформацію зразу (режим реального часу) Це забезпечує оперативний доступ до даних та можливість швидкого реагування на зміни у стані ґрунту.

Рисунок 2.12 - Детальні результати твердості можна побачити в кожній точці вимірювання з дискретністю 1 см

Цифрова платформа вимірювання твердості ґрунтів SkokAgro є потужним інструментом для СТЗ, що дозволяє фермерам отримувати детальні дані про реальний стан ґрунту. Використання цієї платформи сприяє оптимізації агротехнічних операцій, підвищенню врожайності та зниженню витрат на виробництво. Незважаючи на високу вартість та залежність від GSM-зв'язку, платформа SkokAgro має значний потенціал для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва

Результати такого аналізу дозволяють визначити місця значних ущільнень ґрунту і спроектувати відповідні заходи щодо розущільнення.

До переваг методу контрою щільності ґрунту можна віднести:

- отримання просторової карти величини твердості та проведення диференціального за глибиною обробітку, що дасть змогу отримати економію від ви- трати пального;

- точно знати глибину залягання плужної підошви, щоб зробити відповідні налаштування ґрунтообробного агрегату;

- у випадку хороших результатів, відсутності передумов виникнення плужної підошви, відмовитися від проведення енергоємних грунтообробних операцій (чизелювання, глибока оранка), а замінити менш енергоємними.

При цьому втрати урожаю у майбутньому не буде; - отримані результати твердості ґрунту за допомогою файлів з розширенням «Shape», внести в карту завдань ґрунтообробного агрегату і він проведе диференційований обробіток, змінюючи глибину обробітку відповідно до гли- бини залягання плужної підошви.

Висновки по розділу

Показано, що цифрові платформи, такі як AFS, PLM, SMS, Cropwise та онлайн-софти типу Агропрофіль, АгроОнлайн та інші призначені для адміністрування виробничих процесів з різними функціональними

можливостями. Перші чотири з названих крім всього, моніторять технічний стан на наробіток техніки, регламент ТО тощо.

Встановлено, що цифрова платформа AMS та телематична система JD Link орієнтовані більше техніку виробництва John Deere. Позитивним є те, що в платформі AMS реалізований стандарт ISOBUS, що дещо розширює сферу застосування при агрегатуванні з машинами інших виробників.

Найдешевшим засобом для початку впровадження технологій цифрового землеробства є контроль твердості ґрунтів. Ефективним інструментом цього є застосування цифрової платформи SkokAgro та цифрового пенетрометра S600, які пов’язані між собою.

.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Програма досліджень

Ретельно проаналізувавши зібрані дані (розділ 1 та 2), складаємо програму досліджень, яка має такі пункти:

-необхідно визначити поле для застосування СТЗ

- проведення аналізу грунту: виміряти твердість та стан;

- застосування цифрової платформи Advanced Farming Systems для обробітку грунту щоб створити карту завдань;

- зробити висновки та пропозиції

3.2 Вибір поля та його характеристика

Дослідження проводимо у господарстві ТОВ МХТ «Урожайна країна» Площа поля 50.07 гектарів. Також було визначено межі поля за допомогою програми SkokAgro, де також створили сітку відборів. Тобто точки, де буде вимірятись твердість грунту. Які мають одинакові відстані між собою. Це необхідно для того, щоб точність розрахунку твердості була по всій площині ланки, яка досліджується. Створивши сітку в інтерфецсі програми, визначили раціональні точки для вимірювання грунту.див. рис.3.1.

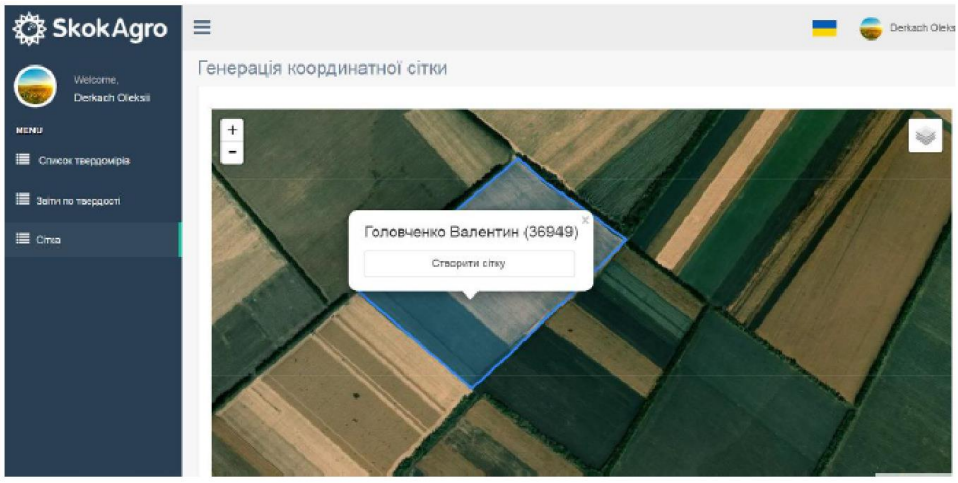


Рисунок 3.1 - Створення сітки для визначення раціональних точок вимірювання твердості ґрунту

Для виконання виміру твердості грунту у потрібній точці, яка вказується у SkokAgro,маємо дотримуватись певного алгоритму.

1.Відкриваємо свій телефон, через Play Market скачуємо програму Locus Map, вона є безкоштовною.

2. Відкриваємо програму SkokAgro,через функцію СКАЧАТИ KML та відправити його на свою ел.пошту.

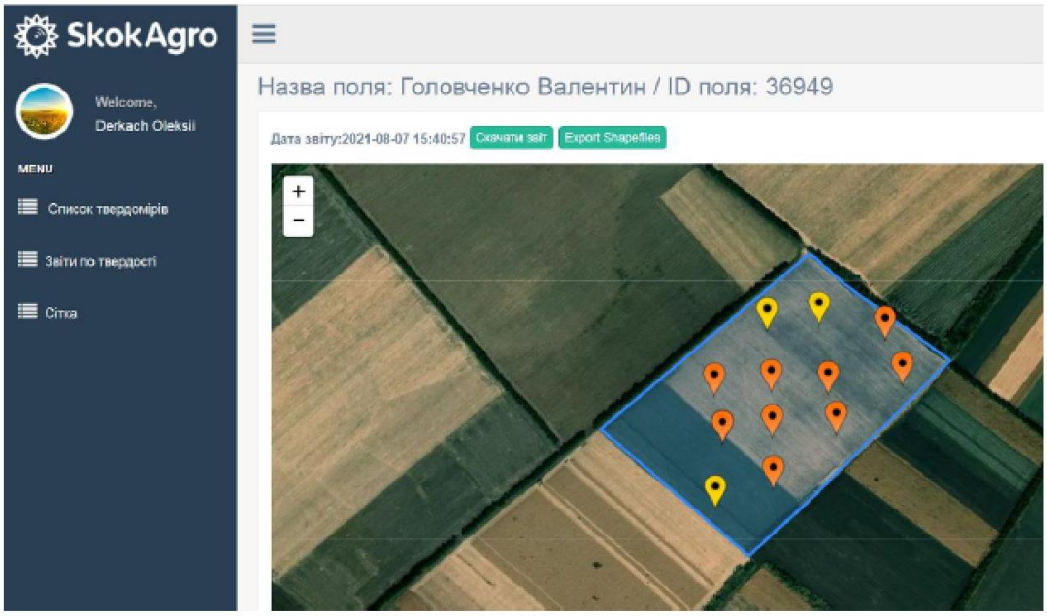


Рисунок 3.2 - Точки вимірювань, створені функцією «Сітка»

3. Потім скачати з ел.пошти файл, розширення KML

4. Через програму Locus Map скачати даний файл на телефоні (смарт).

5. Після завантаження файлу у даній програмі, в телефоні вмикаємо GPS. Отже ми отримали свою геолокацію. Що надасть нам бачення відстані та напрямку до точок на дослідному полі.

6. Таким чином ми проектуємо маршрут (раціональний) на ділянці (від точки да точки). Весь маршрут записується, див. рисю.3.3

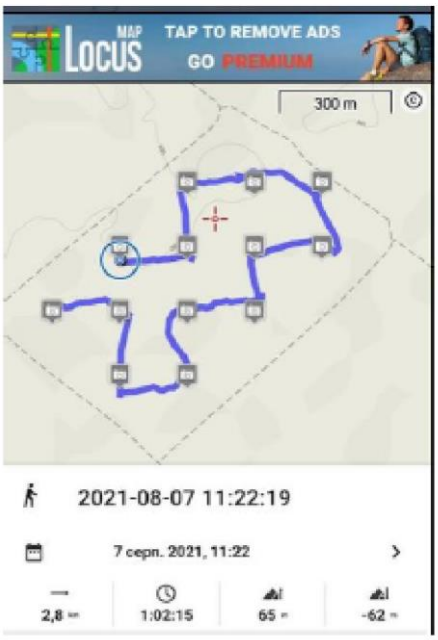


Рисунок 3.3 - Зображення маршруту в програмі Locus Map

Вимірювання проводимо пенетрометром, в якому вбудовано GSM-зв'язок, а результати вимірів передали на сервер. В особистому кабінеті SkokAgro відображаються дані результати. Щоб визначити стан грунту, приймемо таку градацію (за величиною твердості):

до 1000 кПа – грунт пухкий;

1000…2000 кПа – відносно пухкий;

2000…3000 кПа – відносної твердості;

3000…4000 кПа – твердий;

більше 4000 кПа – дуже твердий.

Проаналізувавши результати, які показано на рис.3.4, маємо пухкий грунт глибиною десять сантиметрів.

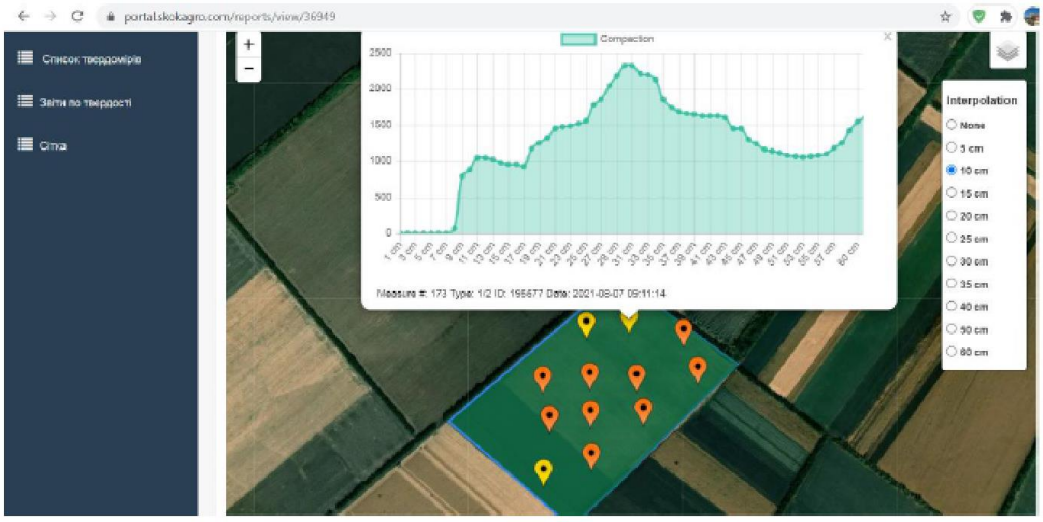
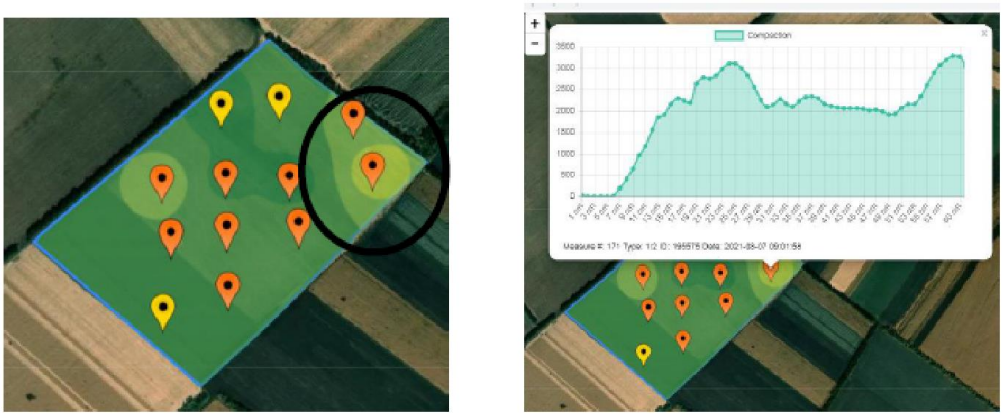


Рисунок 3.4 - Результати вимірювань в одній з точок

Справа показана шкала, за якою проводимо аналіз не тільки окремих шарів, а й кожну окрему точку, дискретність один сантиметр. Показана на рисунку 3.5 точка глибиною 31 см має твердість не більше 2500 кПа. Отже, грунт у цій точці не ущільнений, тобто може бути придатним для вирощування сільськогосподарських культур. Але у даній точці характер зміни твердості свідчить про можливість утворення плужної підошви надалі.

На рисунку 3.5.а ми виділили зону зростаючого ущільнення, див. у збільшеному вигляді справа в кутку. Ця зона з’являється на глибині двадцять сантиметрів.



а) б)

Рисунок 3.5- Стан ущільнення грунту на глибині 20 см

Незадовільний стан, тобто занадто ущільнений з твердістю грунту, що більше 3000 кПа, а глибина - 24…27см. Загалом, на глибині від 37см до 51 см (і більше), підвищується твердість грунту стабільно, див. рис.3.6

Рисунок 3.6 - Типова крива твердості ґрунту: з глибини 37 см спостерігається стабільне зростання твердості

Проаналізувавши загальний стан поля (характер), бачимо, що шар орний має нормальний стан, що зображено на рис.3.7., а значно ущільнено на глибині 51 сантиметр (і глибше), що видно за середньостатистичною кривою.

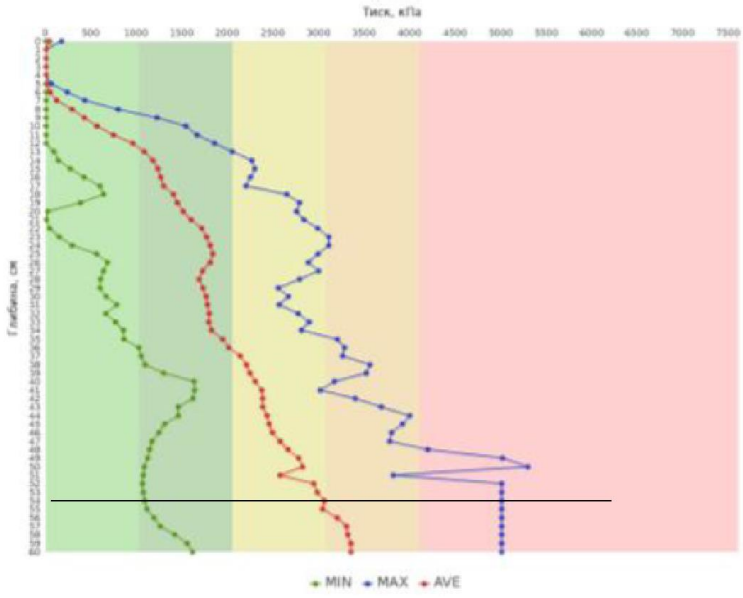


Рисунок 3.7 - Криві твердості грунту на основі статистичних даних

Загалом, аналіз динаміки змін твердості грунту показує нормальний стан та твердість орного шару, а вже з глибини 37 см (підорна глибина) зростає твердість. Значення 3000 кПа маємо вже на глибині 47 см. Але в межі глибин

17-23см (в окремих точках). Бачимо збільшення твердості, це проявляється негативна дія рушіїв МТА.

Просторова картина, як розподіляються зони твердості, можлива інтерполяцією даних отриманої твердості грунту по шарах.

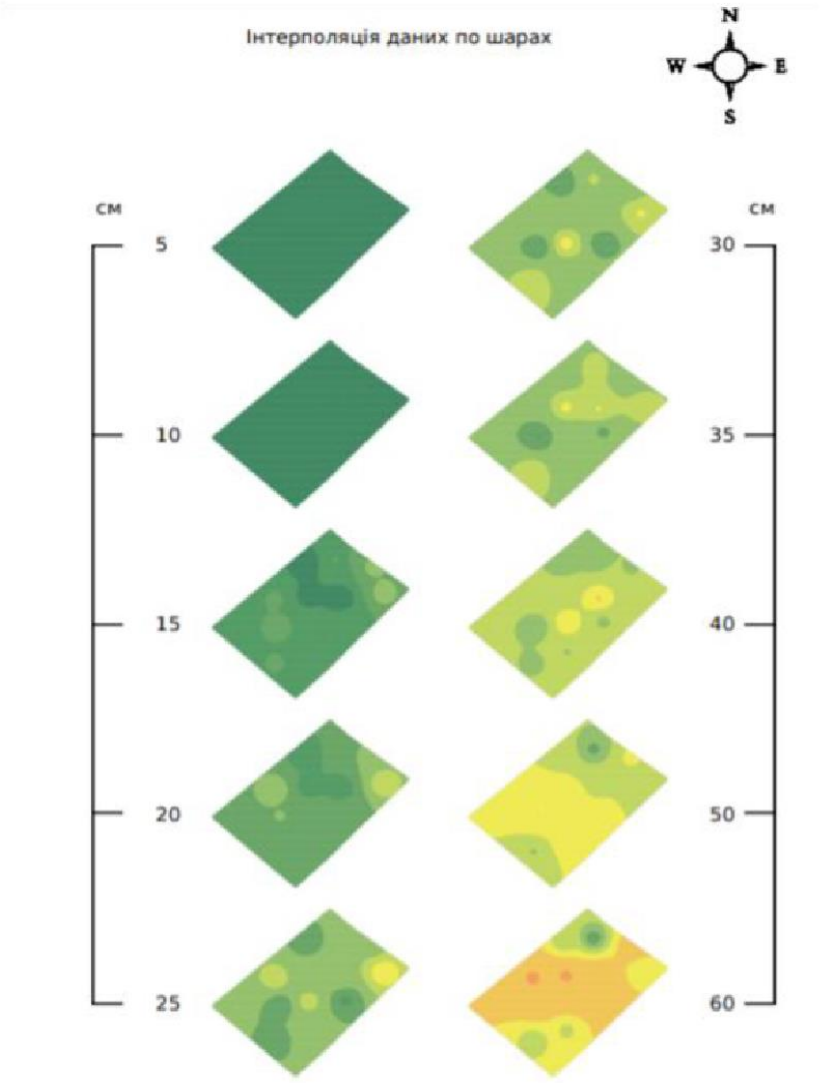


Рисунок 3.8 - Просторова картина зон твердості ґрунту по шарах від 0 до 60 см

Отже, за допомогою даних, отриманих при дослідженні, розробимо за критерієм глибини рекомендацію на диференційований обробіток ґрунту.

3.3 Розробка карти-завдання на диференційований обробіток

Отримані дані за допомогою пенетрометра S600 допоможуть розробити карту-завдання.

За проектну технологію беремо технологічну карту по вирощуванню кукурудзи (на зерно) ТОВ МХТ «Урожайна країна»

Отже, згідно технологічної карти та розрахунків маємо:

- обсяг виконаних робіт Q – 341,6 ум. ет. га;
- щільність механізованих робіт Щ – 6,8;
- витрата пального на 1 га – 138 л,
- коефіцієнт змінності – 1,9;

Орний горизонт за оптимальною щільністю знаходиться від 1.0 до 1,3 г/см2, А сучасні трактори з масою більше 10-13 тонн занадто ущільнили грунт від 1.4 до 1.8 г/см2.

Дослідне поле ТОВ МХТ «Урожайна країна» має за глибиною і площею строкану щільність, де в окремих місцях більше оптимального 3000 кПа.

Машино-тракторний агрегат господарства складається із трактора Case IH MX 310 і грунтообробного агрегату Ecolo-Tiger 530. Використаємо технологію TopSoil Mapper для окремих зон (розущільнення), за допомогою якої обробіток грунту (диференційований) по картам сканування. Сканер встановлюємо перед знаряддям, методом сканування -глибина обробітку, див. рис. 3.10. Бортовий комп'ютер трактора зчитує данні, а механізм автоматично змінює глибину обробітку. Програмою ISOBUS обробляються суміщенні дані, які видає обладнання.

Рисунок 3.9 - Схема диференційованого обробітку грунту технологією TopSoil Mapper

Рисунок 3.10 - Загальний вигляд сканера TopSoil Mapper

Маємо пропозицію замінити картами твердості грунту, які отримали з програми SkokAgro, індуктивний сканер, див.рис.3.10. Формування даних пенетрометра SkokAgro дає можливість суміщати дані за стандартами ISOBUS.

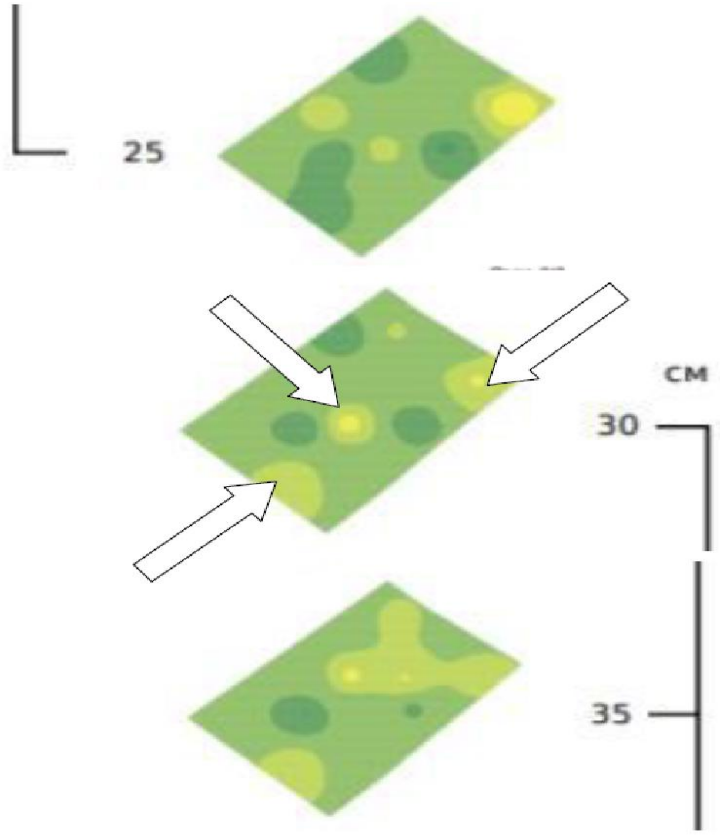


Рисунок 3.11 - Вигляд карт твердості грунту на глибинах 25 см; 30см; 35 см

Аналіз карти показує, що критичне ущільнення по основному обробітку не має місця. Отже. глибина обробітку 30 сантиметрів планується тільки у визначених зонах, показаних стрілками, див. рис.3.11, а на глибину 12 см орброблятиметься решта. Така операція буде руйнувати зони. Схильні до ущільнення та перемішає рослинні рештки та грунт перед оранкою-основним обробітком.

Експортуємо дані для диференційованого обробітку твердоміра SkokAgro до носія та далі- до бортового комп'ютера, див.рис 3.12

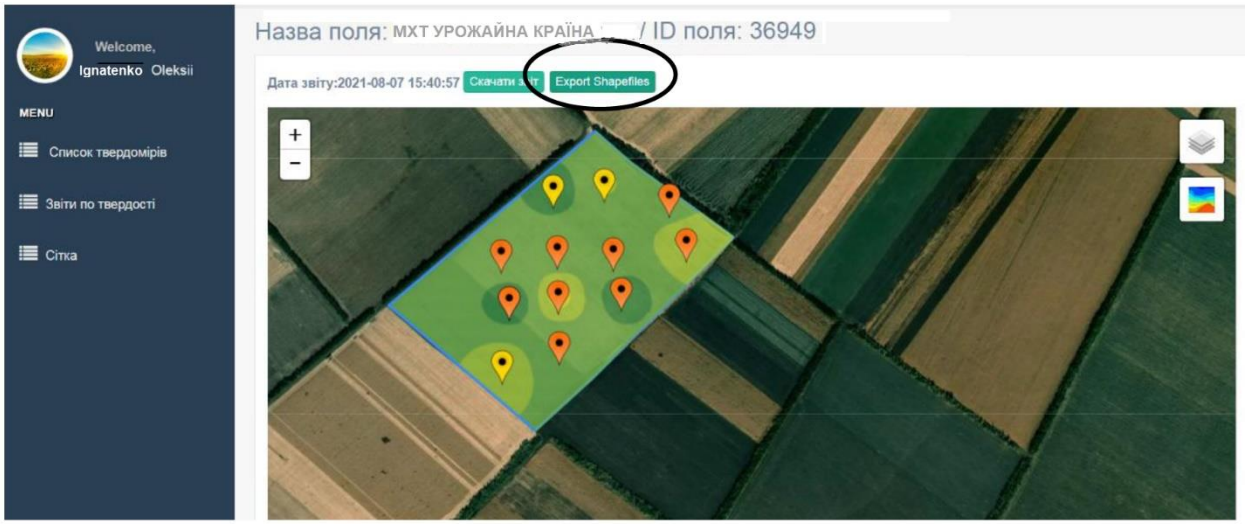


Рисунок 3.12 - Інтерфейс особистого кабінету тердоміра SkokAgro при експортуванні даних для диференційованого обробітку

Далі проводимо перевірку завантажених даних на моніторі GFX 750 та встановимо граничні значення глибини: min 12 см, а max 30 см.

На рис. 3.13 показано налаштування агрегату.

Рисунок 3.13 - Схема налаштування агрегату на диференційований обробіток грунту

Отже, МТА проводив обробіток глибиною 30 см та 9.5 відсотків до загальної площі ділянки, а меншими глибинами працював на решті площі. Середнє значення витраченого пального склало 15.2 л/га, див. рис. 3.14

Рисунок 3.14 - Карта фактичної витрата пального на диференціальному обробітку

Зміни до технології вирощування кукурудзи на зерно спричинилися завдяки впровадженню обробітку грунту (диференційованого) за глибиною. Тоді в господарстві з переліку технологічних операцій є можливість вилучення «мілкого обробітку», тому що диференціальний обробіток на зазначених ділянках забезпечить і мілкий, і глибокий.

Розраховані показники удосконаленої карти (технологічної) наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1. Порівняння показників машиновикористання в технологіях

Показник	Технологія		±, %
	Прийнята	Удосконалена	
Обсяг виконаних робіт	326,5	292,9	- 10,29
Щільність механізованих робіт	6,5	5,9	- 9,23
Витрата пального на 1 га	81	62	-23,45
Коефіцієнт змінності	1,9	1,9	0

Технологічна операція на розглянутій лінії МТА Case MX 310 +БЗР 24 та з використанням паралельного водіння зменшить перекриття проходів (суміжних) з 0,6-0,8 метрів до 0,1 метра.

Параметри поля: довжина - 889 метра, ширина-563 метра, пального витрачається 1.3 літра на гектар поля, ширина захвату знаряддя: bn=0,8 м-23,2м при прекритті (не працює по лінії ПВ).

Тоді продуктивність (фактична) МТА буде:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0.1 \cdot 23.2 \cdot 11 \cdot 0.8 = \mathbf{20.4}\ \text{га.}$$

Знаходимо кількість гонів МТА (ширина поля 563м)

$$n_{пр} = 563 / 23,2 = 24,23, \text{ приймаємо } 25.$$

Ширина поворотної смуги буде:

$$E = 2 \cdot B_p = 2 \cdot 23.2 = 46.4 \text{ м.}$$

Визначимо площу паразитну

$$S_{пар} = n_{пр} \cdot b_n \cdot Lp = 25 \cdot 0,8 \cdot 563 = 1,12 \text{ га.}$$

Така площа потребує додаткового палива- 1.46 літрів.. тобто 1.46 х 52=75,92 грн/га

Розрахуємо цей же МТА, але з паралельним водінням

Ширина захвату

b_n = 0,15 м – 23,85 м.

Пального витрачається 4.4. літра на гектар.

Продуктивність (фактична) буде:

$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0.1 \cdot 23.85 \cdot 11 \cdot 0.8 =$ **20.98** га

Кількість проходів (ширина поля 563м)

$n_{пр}$ = 563 / 23,85 = 23,6, приймаємо 24.

Ширина смуги поворотної

$E = 2 \cdot B_p = 2 \cdot 23.85 = 47,7$ м.

Паразитна площа

$S_{пар} = n_{пр} \cdot b_n \cdot Lp = 24 \cdot 0,15 \cdot 563 = 0,20$ га.

Додаткове пальне для цієї площі – 0,26 літрів, тобто 0,26х52=13,52 грн

Вигода для дослідного поля має:

- Продуктивність експлуатаційна підвищена-0,58 га/год;
- Економія палива-62,4 грн

Висновки до розділу

Дослідне поле, площа якого 50,07 га, вибране для експерименту, належить ТОВ «МХТ Урожайна країна».

Зміна твердості ґрунту в динаміці підтверджує нормальний стан його з оптимальною структурою. Твердість грунту зростає з підорної глибини (37 см) до глибини 47 сантиметрів має значення 3000 кПа. Негативну дію рушіїв агрегатів прослідковуємо в деяких точках, де твердість збільшується при глибині 17-23 см.

Завдяки проведеному налаштуванню на диференційний обробіток ґрунту було досягнуто більш ефективного та раціонального використання ресурсів.

Тобто, глибина обробітку (основного) -30 см частини (9.5 %) площі загальної, а меншою глибиною оброблялась решта поля. Палива витрачалось 15.2 літрів на гектар – це середнє значення.

Приклад технологічної операції по вирощуванню кукурудзи на зерно продемонстрував, що застосування СТЗ зменшення , що впровадження технологій цифрового землеробства, зокрема продуктів SkokAgro, AFS та TopSoil Mapper, має суттєві переваги. В результаті використання цих технологій вдалося зменшити щільність механізованих робіт на 9,23 %, що сприяє зменшенню витрат на обробіток ґрунту, підвищенню продуктивності та стійкості агроекосистеми. Це є вагомим аргументом на користь широкого впровадження цифрових технологій в сучасне землеробство.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною частиною виробничого процесу аграріїв, забезпечуючи безпечні та здорові умови праці для всіх працівників.

Основними завданнями охорони праці є:

- Забезпечення дотримання законодавства у сфері охорони праці.
- Розробка та впровадження заходів щодо профзахворювань та травм.
- Проходження занять з ОП по інструктажам.
- Надання робітникам (ЗІЗ) та контроль за їх використанням.
- Моніторингсанітарним та ергономічним нормам праці їх відповідність нормативним вимогам.

4.1 Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників

1. *При вимірюванні твердості ґрунту*

Організаційні заходи:

- Інструктажі для всіх працівників, що виконують вимірювання.
- Забезпечення графіку роботи, який включає регулярні перерви для відпочинку.
- Заняття по використанню та догляду за пенетрометрами та іншими вимірювальними приладами.

Технічні заходи:

- Використання якісних та справних пенетрометрів для вимірювання твердості ґрунту.
- Оснащення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як рукавиці, респіратори, захисні окуляри та спеціальний одяг.
- Забезпечення доступу до аптечок першої допомоги на місці проведення робіт.

Аналіз негативних факторів та їх наслідків див. в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Негативні фактори та їх наслідки на оператора пенетрометра

Фактор	Дія	Наслідок
Пряме сонячне опромінення	Ультрафіолет, інфрачервоні промені	Опік шкіри, тепловий удар
Вітер	Обвітрювання	Зневоднення шкіри (пересушування)
Зона дії МТА	Наїзд	Травми, смерть
Пил	Потрапляння в органи чуття	Пошкодження органів чуття

1. *При налаштуванні МТА на заданий діапазон глибини обробітку*

Оганізаційні заходи:

- Проведення регулярного технічного обслуговування машинно-тракторного агрегату (МТА) для забезпечення його справності.
- Проведення інструктажів щодо правильного налаштування та експлуатації МТА.
- Складання та дотримання графіку роботи, який включає перевірки та налаштування МТА перед початком робіт.

Технічні заходи:

- Використання інструментів та обладнання, які відповідають технічним вимогам і стандартам безпеки.
- Забезпечення наявності засобів індивідуального захисту (каски, захисні окуляри, рукавиці) для працівників, що виконують налаштування МТА.
- Встановлення захисних кожухів та бар'єрів на рухомих частинах МТА для запобігання випадковим травмам.
- Оснащення робочих місць обладнанням для контролю за рівнем шуму та вібрації.
- Використання сучасних систем кондиціювання та вентиляції для зниження запиленості та забезпечення свіжого повітря.
- Регулярне технічне обслуговування та перевірка справності обладнання та інструментів.

2. *Правила безпечного виконання робіт з диференційного обробітку грунту*

1. Під час виконання робіт:

- Дотримання встановлених технологічних процесів та інструкцій.
- Використання ЗІЗ згідно з вимогами (рукавиці, респіратори, захисні окуляри, спеціальний одяг).
- Контроль за дотриманням робочих режимів та глибини обробітку ґрунту.

2. Після завершення робіт**:**

- Проведення огляду та технічного обслуговування обладнання.
- Збирання та правильне зберігання ЗІЗ.
- Аналіз виконаної роботи з метою виявлення та усунення можливих небезпек у майбутньому.

Висновки до розділу

Забезпечення належного рівня охорони праці при виконанні диференційного обробітку ґрунту є ключовим для збереження здоров'я та життя працівників, а також підвищення ефективності та якості виконуваних робіт.

Впровадження організаційних та технічних заходів з охорони праці при виконанні агротехнічних операцій сприяє значному зниженню ризиків травматизму та забезпечує безпечні умови праці для працівників. Використання сучасних технологій точного землеробства, систем паралельного водіння та регулярні інструктажі з охорони праці є ключовими елементами ефективного забезпечення безпеки в агропромисловому секторі.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Завдяки проведеному налаштуванню на диференційний обробіток ґрунту було досягнуто більш ефективного та раціонального використання ресурсів, а при застосуванні систем точного землеробства отримаємо ефективність використання машино-тракторного парку.

Системи точного землеробства впроваджувалися на диференційованому обробітку, боронуванню до і після появи сходів.

Проведемо розрахунок для перерахованих технологічний операцій показників машиновикористання та їх експлуатаційні витрати.

Розрахунок економічної ефективності

Диференційований обробіток

Розглянемо 2 варіанти роботи агрегатів: 1- однакова глибина обробітку всієї площі, 2 – змінні глибина обробітку на окремих ланках. Обладнання: Case IH MX 340 + Ecolo-Tiger-530.

Дані для розрахунків беремо з Додатку А.

Маємо змінну продуктивність диференційованого обробітку, 31 гектарів за зміну, а площа обробітку глибиною 50 см – це 9,5 відсотків площі (загальної).

Тоді визначимо витрату палива :

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_n \cdot T_n + Q_з \cdot T_з, \quad (5.1)$$

де Q_pT_p;Q_xT_x;Q_nT_n;$Q_зT_з$– витрати палива (кг/год) і витрати часу (год) протягом зміни відповідно до основної роботи, при холостих поворотах, пере- їздах і зупинках.

З отриманої нами раніше карти зон ущільнення ґрунту, ми з’ясували агрегат працював на глибині 30 см 9,5% від загальної площі поля, а решту виконував на менші глибини. Усереднена витрата пального склала 15,2 л/га (рис. 3.14).

Емпірично отримано, що змінна продуктивність агрегату при роботі на глибину 30 см склала 28 га, що і вносимо в технологічну карту (Додаток А).

Продуктивність на диференційному обробітку буде змінна, так як при вимірюванні робочих органів, швидкість МТА зростатиме. Встановлено, що продуктивність у цьому випадку зросте до 31 га/зм.

Згідно схеми (рис.3.14) встановлено, що площа ділянки поля, на якій проводитиметься обробіток на глибину 50 см складає 9,5% від загальної.

Витрата пального на цих ділянках складе, відповідно: - На глибокому обробітку :

$$Q_{зм}^{трад} = 33 \cdot 4{,}3 + 3 \cdot 0{,}5 + 0{,}25 \cdot 2{,}1 + 4 \cdot 0{,}1 = 154{,}1 кг$$

До технологічної карти заносимо дані з бортового комп'ютера трактора. А також фіксуємо робочі параметри:

Розділивши змінну витрату пального на 7, отримаємо годинну витрату пального на рівні 22 л/га.

Вносимо отримане значення в технологічну карту.

За диференційованого обробітку ґрунту, в технологічну карту вносимо дані, отримані з бортового комп'ютера. Це значення складає 15,2 л/га.

Також, бортовим комп'ютером трактора Case IH MX 340 під час обробітку зафіксовані такі робочі параметри: - при обробітку на глибину 30 см: відносне тягове зусилля – 78 %; буксування коліс – 12 %; - при обробітку на глибину 50 см: відносне тягове зусилля – 94 %; буксування коліс – 16%.

Економічний ефект за критерієм витраченого пального складе:

$$Е_{еп} = Q^{трад} – Q^{диф} = (22 – 15{,}4) \cdot 29{,}0 \cdot 50{,}04 \text{ га} = 9577{,}6 \text{ грн} \qquad (5.2)$$

Розраховано, що обсяг робіт зменшився з 33,75 ум.ет.га до 30,48 ум.ет.га або на 9,68 %. Тобто, покращено показник машиновикористання за обсягом робіт.

Питомі експлуатаційні витрати орного агрегату розраховують за рівнянням:

$$C_{пит} = C_т + C_м + C_{пмм} + C_{зп} \qquad (5.3)$$

де $C_т$,$C_м$ - сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин трактора (ці дані беремо з табл.7.1 [28]), грн./га;

С пмм - вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

С зп -оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га.

Суму витрат на реновацію, кап. ремонт і т.д. для тракторів знаходимо за формулою:

$$C_m = \left[\frac{Б_m \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_н^{рік}} + \frac{\sum C_м^н \cdot g_{га}}{1000} \right] \cdot K_i \qquad (5.4)$$

де $Б_m$ Ча$_{рм}$ - балансова вартість трактора (грн.) та норма відрахувань, %. Замість повної балансової вартості трактора беремо частину її, розподілену на площу 50,05 га (51 000 грн.) та норму відрахувань – 10%;

е*С* - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин, грн./т палива, з урахуванням сучасних цін складе близько 1591 грн. Цю цифру приймаємо за табл. 7.1 [28].

G , *gгод* - нормативне річне завантаження палива (кг). 2910 л використаного пального;

К - коефіцієнт індексації цін, який враховує інфляцію. Так як ціни приймаємо реальні, то *Кі* приймаємо 1.

Проведемо розрахунки для серійного агрегату.

Для трактора CASE IH MX 310 витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_m = \left[\frac{51000 \cdot 10 \cdot 22}{100 \cdot 2910} + \frac{1591 \cdot 22}{1000} \right] \cdot 1 = 73{,}55 грн/га$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{пмм} = Ц_к \cdot G_{год} \qquad (5.5)$$

де *Цк* - комплексна ціна дизельного пального, грн.

$С_{пмм}$=52.5х22=1155 грн/га

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зп} = \frac{1{,}49(K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{доп} \cdot f_{доп}) \cdot 1{,}02 \cdot K_з}{W_{зм}}, \qquad (5.6)$$

де *1,49* і *1,02* – коефіцієнти, які беруть до уваги при нарахуванні оплати праці;

$K_{нк}$ - коефіцієнт, який передбачає класність механізаторів. Приймаємо коефіцієнт 1,2 для трактористів-машиністів першого класу;

$m_{мех}$ і $m_{доп}$ - кількість трактористів-машиністів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

$f_{мех}$ і $f_{доп}$ - оплата праці за змінну норму (тарифні ставки) виробітку відповідно трактористам-машиністам і допоміжним працівникам, грн./зм. Приймаємо з даних підприємства;

$K_з$ - коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_з$=1, так як розрахунки беремо на поточний час.

Оплата праці механізаторів, що працюють на серійному орному агрегаті:

$$C_{зпс} = \frac{1{,}49 \cdot (1{,}2 \cdot 1 \cdot 500) \cdot 1{,}02 \cdot 1}{28} = 32{,}56 грн/га$$

Експлуатаційні витрати при використанні грунтообробного агрегату Ecolo- Tiger-530, що працює за традиційною технологією обробітку, знайдемо за формулою:

$$C_{СГМ} = \left[\frac{Б_М \cdot \alpha_р}{100 \cdot n^м_{зм} \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}} \right] \cdot 1 \quad (5.7)$$

$$\text{С}_{\text{сгм}} = [(277000 \cdot 12.5)/(100 \cdot 43 \cdot 28) + (215 + 31 + 19)/28] \cdot 1 = 38.1 \text{ грн/га}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$C_{спит}$= 73,55 + 1155+ 32,56 + 38,21= 1299.32 грн /га

Величину капітальних вкладень при експлуатації серійного агрегату визначимо за наступною формулою:

$$K_р = \frac{Б_т \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{Б_м \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} \quad (5.8)$$

$$\text{К}_\text{р} = [(51000 \cdot 10 \cdot 22)/(100 \cdot 2910) + (277000 \cdot 1)/(43 \cdot 28)] = 268.62 \text{грн/га}$$

Приведені витрати:

$$\text{П}_\text{в}^\text{р} = \text{С}_\text{пит} + \text{Е} \times \text{К} = 1299.32 + 0.15 \times 268.62 = 13396.13 \text{ грн/га}$$

де E = 0,15 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Аналогічно проведемо розрахунки для агрегата Case IH MX 310 + Ecolo-Tiger-530, який працює на диференційному глибокому обробітку грунту.

Експлуатаційні витрати на даному виді робіт складуть для трактора :

$$C_m = \left[\frac{51000 \cdot 10 \cdot 31}{100 \cdot 1945} + \frac{1591 \cdot 15{,}5}{1000}\right] \cdot 1 = 105{,}94 грн/га.$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$С_{пмм}$ =52.5х15.5=813.75 грн/га

Оплата праці механізатора, що працює на агрегаті з диференційованим обробітком ґрунту:

$$C_{зпс} = \frac{1{,}49 \cdot (1{,}2 \cdot 1 \cdot 500) \cdot 1{,}02 \cdot 1}{31} = 29{,}41 грн/га$$

Експлуатаційні витрати агрегату знайдемо за формулою:

$$C_{СГМ} = \left[\frac{Б_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n^м_{зм} \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}}\right] \cdot 1 = \left[\frac{277000 \cdot 12{,}5}{100 \cdot 43 \cdot 31} + \frac{215 + 31 + 19}{31}\right] \cdot 1 = 34{,}52 грн/га.$$

Тоді, загальні експлуатаційні витрати модернізованого орного агрегату складуть:

$С_{пмм}^{E}$ =105.94 +813.75+ 29.41+34,52=903.62 грн/га

Величину капітальних вкладень визначимо за формулою (5.8):

$$K_p = \frac{Б_m \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{Б_м \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} = \frac{51000 \cdot 10 \cdot 15{,}5}{100 \cdot 1945} + \frac{277000 \cdot 1}{43 \cdot 31} = 248{,}44 грн/га$$

Приведені витрати на один *га* при експлуатації МТА на диференційованому обробітку грунту:

$$П_в^р = С_{пит} + Е \times К = 813.75 + 0.15 \times 248.44 = 851.02 \text{ грн/га}$$

Отримані дані для цього агрегату занесемо в табл. 5.1 окремо.

Боронування до появи сходів.

Виконується агрегатом Case IH MX 310 + ЗБР-24.

При використанні технології «Агропрофіль» економіка технологічної операції проявляється у зменшенні перекриття суміжних проходів. За рахунок

цього збільшується продуктивність агрегату, а витрати пального – зменшуються.

Проведені у розділі 3 технологічні розрахунки показали, що застосування технології «Агропрофіль» дозволяє зменшити перекриття суміжних проходів з 0,8…1,0 м до 0,15 м. Тоді економічний ефект для даного агрегату, який працює на вказаному полі, складе: - за критерієм підвищення експлуатаційної продуктивності, га/год – 0,58 га; - за критерієм економії пального, грн/га – 34,8.

В цілому, при застосуванні системи «Агропрофіль» на даній технологічній операції економічний ефект складе – 1009 грн.

За рахунок зменшення перекриття між суміжними проходами, обсяг робіт зменшено з 6,65 до 6,43 ум.ет.га.

Заносимо отримані дані до технологічної карти.

Боронування до появи сходів.

Виконується агрегатом Case IH MX 310 + ЗБР-24 з налаштуваннями, аналогічними при боронуванні до появи сходів. Таким чином, всі показники будуть ідентичними.

Отримані в Розділі 3 і Розділі 5 результати заносимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники машиновикористання технологій та агрегату Case IH MX 310 + Ecolo-Tiger-530 на глибокому та диференційному обробітку ґрунту

Показник машиновикористання	Одиниця вимірювання	Технологія		± % до проєкту
		Традиційна	Проєктна	

Обсяг виконаних робіт	ум.ет.га	326,5	292,9	- 10,29
Щільність механізованих робіт	ум.ет.га / га	6,5	5,9	- 9,23
Витрата пального на 1 га ріллі	л	81,5	62,2	- 23,68
Кількість нормозмін	од	52,3	50,5	-3,44
Коефіцієнт змінності	-	1,9	1,9	0
Затрати праці	Люд.-год.	627,9	615,2	-2,02
По агрегату Case IH MX 310 + Ecolo-Tiger-530				
Витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування	грн/га	73,55	105,94	+44,03
Витрати пального	грн/га	1155	813.75	-29,54
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	38,21	34,52	-9,65
Величину капітальних вкладень	грн/га	368,62	248,44	-32,6
Приведені витрати на один *га*	грн/га	13396.13	851.02	-20,17

Висновки по розділу

З даних, наведених в табл.5.1 бачимо, що при застосуванні диференційованого обробітку ґрунту показники машиновикористання покращуються.

Зменшено обсяг механізованих робіт на 10,29 % за незмінних показників якості обробітку і урожайності; зменшено щільність механізованих робіт на 9,23 %, а економія пального склала 23,68%.

Крім того встановлено, що уже на полі, площею 50,04 га, економічний ефект буде позитивний. Зі зростанням площі обробітку, економічний ефект також буде зростати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що використання показників для оцінки ефективності машинно-тракторного парку дозволяє здійснювати об'єктивний аналіз продуктивності техніки, виявляти проблемні зони та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Оптимізація використання МТП сприяє підвищенню ефективності агротехнічних операцій, зниженню витрат на технічне обслуговування та паливно-мастильні матеріали, а також покращенню економічних показників сільськогосподарського виробництва.

2. Показано, що цифрові платформи, такі як AFS, PLM, SMS, Cropwise та онлайн-софти типу Агропрофіль, АгроОнлайн та інші призначені для адміністрування виробничих процесів з різними функціональними можливостями.

Перші чотири з названих крім всього, моніторять технічний стан на наробіток техніки, регламент ТО тощо.

Встановлено, що цифрова платформа AMS та телематична система JD Link орієнтовані більше техніку виробництва John Deere. Позитивним є те, що в платформі AMS реалізований стандарт ISOBUS, що дещо розширює сферу застосування при агрегатуванні з машинами інших виробників.

Найдешевшим засобом для початку впровадження технологій цифрового землеробства є контроль твердості ґрунтів. Ефективним інструментом цього є застосування цифрової платформи SkokAgro та цифрового пенетрометра S600, які пов’язані між собою.

3. Для експериментальної частини було обрано поле в МФТ «Урожайна країна», площею 50,07 га.

Динаміка зміни твердості свідчить, що орний шар ґрунту має нормальну твердість, а отже, і структуру. Лише з підорної глибини – 37 см – твердість починає зростати і на глибині 47 см перетинає значення 3000 кПа. Крім того, в окремих точках виявлено зростання твердості в межах глибини 17 … 23 см, що може бути проявом негативної дії рушіїв техніки.

Проведено налаштування на диференційний обробіток грунту, згідно якого агрегат Case IH MX 310 + Ecolo-Tiger-530 виконував основний обробіток грунту на глибину 30 см на 9,5% від загальної площі поля, а решту виконував на менші глибини. Усереднена витрата пального склала 15,2 л/га.

На прикладі технології вирощування кукурудзи на зерно показано, що впровадження технологій цифрового землеробства на основі продуктів SkokAgro, AFS, TopSoil Mapper забезпечить зменшення щільності механізованих робіт на 9,23 %; економія пального зменшиться з 81 до 62 л/га або на 23,5 % при однаковому коефіцієнті змінності. Тобто, забезпечене більш ефективне використання техніки.

Розроблені заходи щодо проведення розущільнення ґрунту шляхом диференційованого обробітку по глибині із застосуванням технології TopSoil Mapper.

4. Наведені організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників та аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром.

5. Показано, що при застосуванні диференційованого обробітку ґрунту показники машиновикористання покращуються. Зменшено обсяг механізованих робіт на 10,29 % за незмінних показників якості обробітку і урожайності; зменшено щільність механізованих робіт на 9,23 %, а економія пального склала 23,68%. Крім того встановлено, що уже на полі, площею 50,04 га, економічний ефект буде позитивний. Зі зростанням площі обробітку, економічний ефект також буде зростати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Soft.Farm — інформаційна система сучасної агрономії [Елетронний ресурс]. Режим доступу: https://www.soft.farm/uk/crop-husbandry. Дата останнього звернення: 06.03.2024 р.

2. Системи точного землеробства Case IH AFS. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.caseih.com/emea/uaua/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8/afs%C2%AE-advanced-farming-systems. Дата останнього звернення: 06.03.2024 р.

3. В Україні представили сільськогосподарські дрони SenseFly. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://traktorist.ua/news/3566-v-ukrayini-predstavili-silskogospodarski-droni-sensefly. Останнє звернення: 06.03.2024 р.

4. Державна авіаційна служба України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/.

5. Геометр Україна. Навігаційне обладнання для сільськогосподарської техніки. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://shop.gpsgeometer.com/.

6. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні / А.С. Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет – Дніпропетровськ, 2019. – 285 с.

7. Пивовар П.В. Методологічні основи аналізу економічної ефективності використання машинно-тракторного парку / П.В. Пивовар // Вісн. ЖНА- ЕУ (економічні науки) – 2020. № 2 (27). – с. 42-51.

8. Computer development based embedded systems in precision agriculture: tools and application (Вбудовані системи на основі комп’ютерної розробки в точному землеробстві: інструменти та застосування) Saddik, Amine;Latif, Rachid;El Ouardi, Abdelhafid;Elhoseny, Mohamed Khelifi, Adel Acta Agriculturae

Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, vol. 72, issue 1, pp. 589-611 December 2022 10.1080/09064710.2021.2024874.

9. Artificial intelligence enables mobile soil analysis for sustainable agriculture (Штучний інтелект дозволяє мобільно аналізувати ґрунт для сталого сільського господарства) Ferreira da Silva, Ademir ;Ohta, Ricardo Luis ;Tirapu Azpiroz, Jaione ;Esteves Fereira, Matheus ;Vitor Marçal, Daniel ; eprint arXiv:2207.10537 July 2022 10.48550/arXiv.2207.10537 arXiv:2207.10537 2022arXiv220710537F.

10. Smart Irrigation System for Precision Agriculture—The AREThOU5A IoT Platform (Розумна іригаційна система для точного землеробства — платформа AREThOU5A IoT) Boursianis, Achilles D.;Papadopoulou, Maria S.;Gotsis, Antonis;Wan, Shaohua;Sarigiannidis, Panagiotis; IEEE Sensors Journal, vol. 21, issue 16, pp. 17539-17547 August 2021 10.1109/JSEN.2020.3033526 2021ISenJ..2117539B.

11. Computer development based on embedded systems in precision agriculture: tools and applications (Комп’ютерні розробки на основі вбудованих систем у точному землеробстві: засоби та додатки) Saddik, Amine ;Latif, Rachid ;El Ouardi, Abdelhafid ;Elhoseny, Mohamed ;Khelifi, Adel Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, vol. 72, issue 1, pp. 589-611 December 2022 10.1080/09064710.2021.20248 2022AcASB..72..589S.

12. Research on crop growth system of precision agriculture in field management based on wireless sensor (Дослідження системи вирощування сільськогосподарських культур точного землеробства в польових умовах на основі бездротового датчика) Yang, Guo ;Cheng, Guangrong ;Wang, LiMing ;Yang, RuPing;Wang, Xinghui;Wang, Hongwen;Su, Yuqin Proceedings of the SPIE, Volume 12349, id. 1234902 6 pp. (2022). October 2022 10.1117/12.2657398 2022SPIE12349E..02Y.

13. Машини для технології Strip-till. Агробізнес сьогодні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-

apk/item/9965-mashyny-dlia-tekhnolohii-striptill.html. Дата останнього звернення: 07.06.2024 р.

14. 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.

15. Improvement of equipment for basic tillage and sowing as initial stage of harvest forecasting [Text] / K.V. Vasylkovska, S.M. Leshchenko, O.M. Vasylkovskyi, D.I. Petrenko // INMATEH - Agricultural Engineering – Romania, Bucharest: INMA. Vol. 50, No.3. 2019, 13-20.

16. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Захарін Ф.М., Адамчук Н.І., Пономаренко С.О. Основи застосування високоточних технологій рослинництва. /Монографія/ – К: - НУБіП України, 2020, - 405 с.

17. Власенко В. Передові технології в аграрному комплексі / В. Власенко // Винахідник і раціоналізатор : науково-популярний, науковий журнал. - 2018. - № 2. - С. 19-21.

18. Курсова точність: технології точного землеробства // FARMER. - 2018. - № 8. - С. 14-40.

19. Огійчук В. Шлях до всебічного контролю / В. Огійчук // FARMER. - 2018. - № 8. - С. 20-23.

20. Гончарук І.В., Ковальчук С.Я., Цицюра Я.Г., Лутковська С.М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 478 с. ISBN 978-966-949-672-0 .

21. Система точного землеробства: підручник / Л.В. Аніскевич, Д.Г. Войтюк, Ф.М. Захарін, С.О. Пономаренко; за ред. Л.В. Аніскевича. К: НУБіП України, 2018. – 566 с.

22. Огійчук В. «Точний» прибуток з гектара / В. Огійчук // The Ukrainian Farmer. – 2018. - № 8. – С. 24–28.

23. Точне землеробство. Офіційний сайт компанії Case. [Електронний ресурс]: - Режим доступу: http://titanmachinery.ua/katalog-tehniki/cat/tochnoe-zemledelie.

24. Залож В. І. Підвищення ефективності контролю технічного стану транспортних дизелів шляхом використання методу аналітичної синхронізації даних моніторингу: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Нац. ун-т "Одес. морс. акя". Одеса. 2020. 238 с.

25. Цилюрик О. Доцільність і ефективність застосування технологій точного землеробства /Цилюрик О. Стаття. Журнал "Агрономія сьогодні".- 07. 2023 http://agronomy.com.ua/.

26. Точне землеробство – зниження собівартості та підвищення врожайності/ Мельник О. /№ 11 АгроЕліта .- 2023 . https://agroelita.info/tochne-zemlerobstvo-znyzhennya-sobivartosti-ta-pidvyshhennya-vrozhajnosti/.

27. Гаркуша А. Ґрунтозахисні 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).

28. How does no-till affect soil-profile compactibility in the long term? / H. BlancoCanqui et al. Geoderma. 2022. 425:116016. DOI 10.1016/j.geoderma.2022.116016.

29. 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).

30. D. Sonal. IoT in agriculture: Smart Farming // Recent Advances in Engeineering, Science and Construction Edited Iksad Publications. 2021: 137–149. URL: https://www.researchgate.net/publication/358233758 (дата звернення: 6.07.2024).

31. 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.