

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” вересня 2023 року

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

Маландія Ярослава Олександровича

(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 № 657/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: «01» листопада 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» вересня 2023 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 15.08.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 20.08.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Аналітична частина»	до 28.08.2024 р.	
6.	Підготовка розділу «Основна частина»	до 16.09.2024 р.	
7.	Підготовка розділу «Охорона праці»	до 14.10.2024 р.	
8.	Підготовка розділу «Економічна доцільність»	до 21.10.2024 р.	
9.	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Маландій Я.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник дипломної (магістерської) роботи

_____ (підпис)

Хворост Т.В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота присвячена підвищенню ефективності використання машинно-тракторного агрегату шляхом впровадження систем точного землеробства. У роботі розглянуто сучасні підходи до підвищення продуктивності та оптимізації експлуатаційних показників техніки, що включають цифрові рішення для покращення управління процесами аграрного виробництва.

Основну увагу зосереджено на застосуванні таких інструментів, як цифрова платформа AFS (Advanced Farming Systems), що забезпечує точне позиціонування та моніторинг агрегатів у реальному часі; онлайн платформа «Агропрофіль», яка дозволяє здійснювати ефективний контроль за параметрами поля і прогнозувати оптимальні агротехнічні заходи; та цифровий софт пенетрометра S600, що дозволяє оцінювати стан ущільнення ґрунту для подальшого прийняття рішень щодо зниження негативного впливу на родючість ґрунтів.

У ході дослідження було розроблено рекомендації щодо інтеграції зазначених технологій у процеси точного землеробства, що сприяє збільшенню продуктивності роботи машинно-тракторного агрегату, зменшенню витрат на обслуговування техніки та покращенню економічної ефективності сільськогосподарського виробництва.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 65 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	7
1.1 Основні відомості	7
1.2 Характеристика показників машиновикористання.....	7
2 Методи і обладнання, що застосовуються в технологіях цифрового землеробства.....	13
2.1 Загальні відомості	13
2.2 Основні функції платформ для цифрового землеробства.....	16
2.3 Основні існуючі телематичні системи різних виробників	22
3 Експериментальна частина	33
3.1 Програма досліджень	33
3.2 Вибір поля та його характеристика	34
3.3 Розробка карти-завдання на диференційований обробіток.....	43
4 Охорона праці.....	51
5 Економічне обґрунтування роботи	53
Загальні висновки.....	60
Список використаних джерел.....	62
Додатки	

ВСТУП

Зростання потреб аграрного сектору в ефективному та економічно вигідному використанні ресурсів обумовлює необхідність впровадження сучасних підходів у технологію обробки ґрунту та управління виробничими процесами. Машинно-тракторний агрегат (МТА) є основним засобом виконання сільськогосподарських операцій, від якого значною мірою залежить продуктивність та рентабельність аграрного підприємства. Однак у традиційних підходах до експлуатації МТА часто не враховуються особливості полів, неоднорідність ґрунтових умов та потреба в точності руху агрегатів, що призводить до перевитрат ресурсів, підвищеного ущільнення ґрунту та збільшення витрат на обслуговування.

Системи точного землеробства, що активно впроваджуються у світовому аграрному виробництві, дозволяють кардинально змінити підхід до роботи з МТА завдяки точному управлінню їхнім рухом і зниженню витрат ресурсів. Використання супутникової навігації, автоматичних систем керування та дистанційної діагностики в рамках точного землеробства дозволяє досягти високої точності посіву, обробки та внесення добрив. Крім того, ці системи забезпечують скорочення кількості проходів техніки полем, що позитивно впливає на стан ґрунту і знижує витрати на паливе та обслуговування техніки.

Метою даної роботи є дослідження шляхів підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів за допомогою впровадження систем точного землеробства. У роботі розглядаються переваги застосування новітніх технологій у агровиробництві, виконуються розрахунки та аналіз ефективності використання МТА з урахуванням застосування точного землеробства. Одержані результати можуть стати основою для оптимізації роботи техніки на полях, підвищення врожайності та рентабельності сільськогосподарського виробництва.

1 ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МАШИНИХ АГРЕГАТИВ

1.1 Основні відомості

У сучасному сільськогосподарському виробництві ефективне використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) є ключовим фактором підвищення продуктивності аграрних підприємств. МТА є ключовою складовою виробничого процесу в агропромисловому комплексі, оскільки забезпечує виконання різноманітних механізованих операцій, таких як обробіток ґрунту, посів, збирання врожаю та інші агротехнічні заходи. Проте, навіть із запровадженням нових машин і технологій, залишається низка проблем, що впливають на ефективність використання цих агрегатів.

Сучасні МТА, незважаючи на високу технологічність і потенційну продуктивність, часто використовуються не на повну потужність. Це зумовлено кількома факторами, такими як нерівномірне завантаження машин, неправильне планування механізованих робіт, збої в організації технічного обслуговування та ремонту, а також несприятливі погодні умови, що призводять до зниження коефіцієнта змінності та недотримання термінів виконання агротехнічних операцій.

Слід також відзначити, що впровадження сучасних систем точного землеробства (Precision Farming) дає можливість значно підвищити ефективність роботи МТА, оптимізуючи витрати ресурсів, підвищуючи точність виконання агротехнічних заходів і знижуючи витрати на паливо та добрива. Однак ефективне використання цих систем залежить від здатності підприємств інтегрувати новітні технології в існуючі виробничі процеси.

1.2 Характеристика показників машиновикористання

Для оцінки ефективності застосування МТП використовуються кілька основних показників. Розглянемо ці показники детальніше.

Оцінка ефективності використання машинно-тракторного парку

Ефективність машинно-тракторного парку (МТП) є комплексним показником, що відображає здатність техніки виконувати агротехнічні операції з найменшими витратами часу і ресурсів. Вона визначається як співвідношення між фактичним обсягом виконаних робіт і потенційною продуктивністю техніки. Для оцінки цього показника використовуються такі критерії:

- Продуктивність машин – кількість виконаних операцій за певний період часу, яка залежить від технічних параметрів машин та якості виконання робіт.
- Коефіцієнт використання робочого часу – це частка часу, коли машини безпосередньо виконують механізовані операції, від загальної тривалості робочого дня. Цей показник знижується через простой техніки, що можуть бути викликані поломками, технічним обслуговуванням або нераціональним плануванням робіт.
- Рівень механізації робіт – частка механізованих операцій від загального обсягу виконаних робіт у господарстві. Підвищення рівня механізації дозволяє знизити витрати на ручну працю та покращити загальну продуктивність господарства.

Одним із основних показників ефективності роботи МТА - обсяг робіт (виконаних). Він визначається кількістю оброблених гектарів (для обробітку ґрунту), зібраних тон врожаю (для збиральної техніки) або іншими показниками, що характеризують продуктивність машин. Однак цей показник не завжди відображає реальну ефективність використання техніки, оскільки не враховує простой та недовантаження техніки через несприятливі погодні умови або організаційні збої.

$$Q_m = \sum_i \sum_j \lambda_j \cdot N_{zm} \cdot T_{zm}$$

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

N_{zm} - кількість нормозмін на виконання i -ої операції;

T_{zm} - тривалість нормативної зміни, год.

Щільність механізованих робіт – це відношення обсягу робіт, виконаних на одиницю площі, до загальної площі оброблюваних земель. Цей показник залежить від ефективності використання техніки та правильної організації сівозміни. Вищий рівень щільності механізованих робіт свідчить про більш раціональне використання ресурсів і зниження витрат на виконання операцій.

Своєчасність виконання агротехнічних операцій є ключовим показником, що впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Запізнення із посівом, обробітком ґрунту або збиранням врожаю може призвести до значних втрат продукції або зниження її якості. Основними причинами порушення термінів є технічні несправності, недостатня кількість техніки або неправильно сплановані механізовані роботи.

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

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 визначає, скільки змін за добу відпрацьовує машина або трактор. Для підвищення продуктивності техніки необхідно забезпечити максимальне використання робочого часу протягом доби, особливо у критичні періоди агротехнічного циклу (посівна та збиральна кампанії). Оптимальним є використання двох або більше змін, що дозволяє збільшити обсяг виконаних робіт (якщо не враховувати додаткові витрати у зв'язку із придбанням техніки(нової)).

Ці показники дозволяють проаналізувати об'єктивно продуктивність техніки, знайти проблемну зону, обґрунтувати управлінське рішення.

Аналіз основних показників машиновикористання на прикладі агропідприємства

Для оцінки ефективності використання машинно-тракторного парку (МТП) агропідприємства слід проаналізувати основні показники машиновикористання. Ці показники дозволяють визначити ступінь завантаженості техніки, рівень механізації та продуктивність виконання сільськогосподарських робіт. Розглянемо ці показники на прикладі умовного агропідприємства, що використовує сучасні МТА для виконання різних агротехнічних операцій.

1. Продуктивність машинно-тракторних агрегатів

Продуктивність МТА залежить від кількох факторів: технічного стану агрегатів, умов роботи, кваліфікації операторів та організації роботи на полі. На досліджуваному агропідприємстві, згідно з даними, середня продуктивність трактора з плугом на обробітку ґрунту становить 8 гектарів за зміну. Проте, в сезон збирання врожаю показники можуть змінюватися, і збиральні комбайни досягають продуктивності близько 12–14 гектарів за зміну.

Аналіз продуктивності показав, що техніка не завжди використовується на повну потужність через простої та нерівномірне завантаження під час виконання робіт. Причини зниження продуктивності включають технічні збої та відсутність запасних частин, а також збої в логістиці підвезення пального та інших ресурсів.

2. Коефіцієнт використання робочого часу

На агропідприємстві було виявлено, що коефіцієнт використання робочого часу складає в середньому 0,75, що означає, що 75% робочого часу техніка використовується за призначенням, а решта часу йде на простої, технічне обслуговування, заправку паливом та інші непродуктивні операції.

Для підвищення цього коефіцієнта рекомендується впровадити точніший графік технічного обслуговування техніки та покращити планування виконання робіт, щоб мінімізувати простої. Зниження часу на технічне обслуговування також можна досягти за рахунок застосування новітніх систем діагностики, що дозволяють вчасно виявляти несправності та уникати поломок.

3. Щільність механізованих робіт

Щільність механізованих робіт на агропідприємстві визначається обсягом робіт, виконаних на одну одиницю техніки. Наприклад, на кожен трактор припадає близько 400 гектарів обробленої площі за рік. Цей показник можна вважати достатньо високим, що свідчить про інтенсивне використання техніки. Водночас, через високий рівень завантаження трактора іноді виникають проблеми з виконанням робіт у визначені терміни.

Для підвищення ефективності пропонується збільшити кількість одиниць техніки, що дозволить зменшити навантаження на кожен агрегат і підвищити продуктивність робіт за рахунок своєчасного їх виконання.

4. Своєчасність виконання робіт

На агропідприємстві дотримання термінів виконання агротехнічних операцій є критично важливим для досягнення високих врожаїв. Наприклад, посівна кампанія була проведена вчасно лише на 85% площі через технічні проблеми з тракторами та нерівномірне планування механізованих робіт.

Щоб підвищити своєчасність робіт, агропідприємству необхідно впровадити автоматизовані системи планування і контролю виконання агротехнічних операцій. Впровадження систем точного землеробства дозволить чіткіше координувати техніку на полі і зменшити вплив людського фактора на планування робіт.

5. Коефіцієнт змінності

Коефіцієнт змінності на досліджуваному підприємстві становить 1,2, що свідчить про використання техніки здебільшого в одну зміну з деякими спробами роботи у другу зміну під час посівної та збиральної кампаній. Це означає, що техніка працює значну частину доби, але можливості її використання не повністю реалізовані.

Підвищення коефіцієнта змінності до рівня 1,5 або вище дозволить значно збільшити обсяг виконаних робіт без необхідності купувати нову техніку. Це

особливо актуально під час пікових періодів, коли важливо максимально використовувати доступні ресурси.

6. Обсяг виконаних робіт на одну одиницю техніки

На підприємстві обсяг виконаних робіт на одну одиницю техніки складає близько 600 гектарів на рік для тракторів та 700–800 гектарів на комбайн під час збирання врожаю. Цей показник свідчить про інтенсивне використання техніки, але водночас вказує на її високе навантаження, що може призвести до швидшого зносу та поломок.

Щоб зменшити знос техніки і водночас не знижувати обсяги виконаних робіт, агропідприємству слід розглянути можливість модернізації технічного парку або впровадження новітніх СТЗ, за допомогою яких підвищується ефективність роботи агрегатів без збільшення їх кількості.

Аналіз основних показників машиновикористання на прикладі агропідприємства показав, що ефективність використання техніки залишається недостатньо високою через простори, невчасне виконання робіт та високе навантаження на окремі одиниці техніки. Підвищення коефіцієнта використання робочого часу, збільшення змінності та впровадження систем точного землеробства дозволять значно підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку та забезпечити стабільно високі врожаї.

2 МЕТОДИ І ОБЛАДНАННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

2.1 Загальні відомості

Цифрове землеробство — це інтеграція сучасних інформаційних технологій в аграрне виробництво для точного управління ресурсами, моніторингу стану ґрунтів і рослин, а також для підвищення продуктивності та зниження витрат. Ці технології включають системи точного землеробства, використання супутникових даних, дронів, сенсорів, програмного забезпечення для аналізу даних та автоматизованих систем управління сільськогосподарськими машинами.

Технології цифрового землеробства є складовою частиною сучасного сільськогосподарського виробництва, спрямованого на оптимізацію процесів і забезпечення сталого розвитку. Основні аспекти цифрового землеробства включають точне визначення дозування добрив, захисту рослин, обробітку ґрунту, зрошення та прогнозування врожайності. Технології дозволяють враховувати мінливі умови на різних ділянках поля, підвищуючи ефективність використання ресурсів та знижуючи негативний вплив на довкілля.

Методи і обладнання, що застосовуються в технологіях цифрового землеробства

Використання цифрових технологій у сільському господарстві базується на ряді методів і засобів, які забезпечують збирання, аналіз та інтерпретацію даних, а також контроль і автоматизацію виробничих процесів. Основними інструментами та методами цифрового землеробства є:

Глобальна навігаційна супутникова система (GNSS)

GNSS використовується для точного позиціонування сільськогосподарської техніки під час виконання польових робіт. Системи GPS забезпечують точне визначення місцезнаходження тракторів, комбайнів та інших машин, що дозволяє уникнути накладення чи пропусків при обробітку ґрунту, сівбі або внесенні добрив. Автоматизовані системи керування технікою,

що базуються на GNSS, підвищують ефективність виконання робіт та знижують витрати на паливо та час.

Системи автоматичного керування сільськогосподарськими машинами

Ці системи дозволяють виконувати польові операції автоматично або з мінімальним втручанням оператора. Використання автопілотів і систем точного управління дозволяє:

- Підвищити точність обробітку.
- Скоротити витрати на паливо та людські ресурси.
- Забезпечити рівномірне внесення добрив і пестицидів, що позитивно впливає на врожайність.

Геоінформаційні системи (ГІС)

ГІС використовуються для збору, зберігання, аналізу та відображення просторових даних про поля. На основі цих даних можна створювати карти продуктивності поля, визначати зони з різними характеристиками ґрунтів і приймати рішення щодо диференційованого внесення ресурсів. Використання ГІС дозволяє:

- Створювати детальні карти полів з урахуванням врожайності.
- Оптимізувати використання техніки та ресурсів.
- Планувати агротехнічні операції на основі аналізу продуктивності кожної ділянки.

Дрони (безпілотні літальні апарати)

Дрони є потужним інструментом для моніторингу стану посівів, збору даних про вологість ґрунту, стан рослин і наявність шкідників або хвороб. Завдяки дронам аграрії можуть швидко отримувати актуальні дані для оцінки стану полів:

- Виконання аерофотозйомки для створення точних карт полів.
- Збирання даних для визначення зон дефіциту води або поживних речовин.
- Швидка оцінка стану врожаю на великих площах.

Сенсорні системи моніторингу ґрунту і рослин

Сучасні сенсорні технології дозволяють отримувати точні дані про стан ґрунту та рослин в реальному часі. Сенсори можуть вимірювати вологість ґрунту, рівень поживних речовин, температуру, електропровідність та інші параметри. Використання сенсорних систем дає змогу:

- Забезпечувати точне дозування води і добрив на основі актуальних даних.
- Вчасно реагувати на зміни в стані посівів або ґрунту.
- Підвищувати ефективність зрошення, знижуючи витрати на воду.

Програмне забезпечення для аналізу великих даних (Big Data)

Застосування цифрових технологій дозволяє збирати великі обсяги даних, які можна використовувати для аналізу і прогнозування. Програмне забезпечення для аналізу даних дозволяє агропідприємствам робити точні прогнози врожайності, оцінювати ефективність агротехнічних заходів та оптимізувати процеси управління виробництвом. Основні функції таких систем:

- Аналіз історичних даних для прогнозування майбутніх результатів.
- Оцінка ефективності використання ресурсів.
- Оптимізація сівозмін та планування агротехнічних операцій.

Інтегровані системи управління фермерським господарством (FMS)

Це комплексні програмні рішення, які об'єднують всі аспекти управління агропідприємством — від планування виробництва до контролю за станом техніки та обліку ресурсів. Системи FMS дозволяють:

- Збирати дані з усіх етапів виробництва для подальшого аналізу.
- Координувати роботу техніки та персоналу.
- Оптимізувати витрати на виробництво та планувати ресурси.

Цифрове землеробство є ключовим елементом підвищення ефективності агропідприємств. Використання сучасних методів і обладнання, таких як GPS-навігація, ГІС, дрони, сенсори та системи автоматичного управління технікою, дозволяє аграріям більш точно контролювати та керувати виробничими процесами, знижувати витрати та підвищувати врожайність. Інтеграція цих

технологій забезпечує ефективне управління ресурсами та створює умови для стійкого розвитку аграрного сектору.

2.2 Основні функції платформ для цифрового землеробства

Цифрові платформи для управління агропідприємствами та впровадження технологій точного землеробства відіграють важливу роль у підвищенні ефективності та рентабельності сільськогосподарських робіт. Ці платформи дозволяють аграріям не лише планувати й контролювати агротехнічні операції, але й оптимізувати витрати, покращувати врожайність та забезпечувати стійкий розвиток господарства. Важливими прикладами таких платформ є AFS, Storwise, SMS, PLM, а також онлайн-софти, такі як Агропрофіль та інші. Розглянемо основні функції цих платформ.

Завчасне планування сезонних робіт

Одна з ключових функцій цифрових платформ для землеробства — це можливість завчасного планування агротехнічних операцій на весь сезон. Таке планування дозволяє агропідприємствам заздалегідь готуватися до виконання робіт, прогнозувати необхідні ресурси та оперативно реагувати на зміни умов.

- **Планування посівних та збирання врожаю:** платформи дозволяють створювати розклад проведення польових робіт з урахуванням кліматичних умов, характеристик ґрунту та специфіки культур.

- **Календар робіт:** системи формують детальний графік робіт для кожної ділянки поля, що дозволяє уникнути простоїв або перенавантаження техніки та персоналу.

- **Адаптивне планування:** врахування можливих ризиків, таких як зміни погодних умов або форс-мажорні обставини, з можливістю коригування плану в реальному часі.

Завдяки завчасному плануванню агропідприємства можуть краще організувати роботу техніки та персоналу, знижуючи ризики втрат через запізніле виконання робіт або нераціональне використання ресурсів.

Функція обліку та планування витрат матеріалів

Цифрові платформи надають інструменти для точного обліку витрат на агротехнічні операції, що дозволяє аграріям контролювати бюджет та ефективно розподіляти ресурси. Основні аспекти цієї функції включають:

- Облік прямих і непрямих витрат: програми дозволяють враховувати витрати на матеріали (насіння, добрива, ЗЗР), паливо, оплату праці, оренду техніки тощо.
- Автоматизація обліку матеріальних ресурсів: системи надають можливість відстежувати кількість використаних матеріалів у кожній операції, а також прогнозувати їх необхідність для майбутніх робіт.
- Аналіз витрат: платформи забезпечують аналітичні інструменти для оцінки економічної ефективності кожної операції та виявлення напрямів для оптимізації витрат.

Завдяки функції обліку та планування витрат агропідприємства отримують можливість точно розраховувати свої бюджети, що сприяє підвищенню загальної рентабельності та зниженню невиправданих витрат.

Розрахунок собівартості робіт

Цифрові платформи надають користувачам потужні інструменти для точного розрахунку собівартості кожної агротехнічної операції, що дозволяє аграріям контролювати витрати та планувати ресурси з максимальною ефективністю. Це включає:

- Автоматизований розрахунок собівартості: система враховує всі фактори - від вартості паливно-мастильних матеріалів до витрат на технічне обслуговування і оплату праці.
- Оцінка економічної ефективності: програми дають можливість визначати рентабельність кожної операції та розробляти рекомендації для підвищення економічної ефективності, використовуючи аналіз даних.
- Прогнозування майбутніх витрат: платформи дозволяють прогнозувати витрати для майбутніх сезонів, що допомагає у фінансовому плануванні.

Планування витрат на матеріали

Цифрові платформи, такі як AFS, Cropwise, SMS, PLM та інші, дозволяють аграріям ефективно планувати та оптимізувати витрати на матеріали, що використовуються в агровиробництві. До таких матеріалів належать:

- Матеріал для посіву: система розраховує необхідну кількість насіння для кожної ділянки поля з урахуванням попередніх показників врожайності та характеристик ґрунту.
- Мінеральні добрива: визначення необхідної точної кількості внесення добрив, з допомогою цифрових платформ, можна віднести на кожен зону поля на основі даних аналізу ґрунту. Це дозволить зниження затрат (на добрива) та забезпечення оптимального рівня живлення рослин.
- Засоби захисту рослин (ЗЗР): програми надають можливість планувати витрати на пестициди та інші засоби захисту за допомогою аналізів станів посівів і прогнозування можливих загроз.

Таким чином, цифрові платформи забезпечують можливість раціонального використання матеріалів і оптимізації витрат, що позитивно впливає на загальну ефективність агропідприємства.

На прикладі контролю витратних матеріалів агрофірми, у софті AFS є функція, така як вкладка «Supplies», тека «Fuel» та «Seed», як показано на рис..2.1).

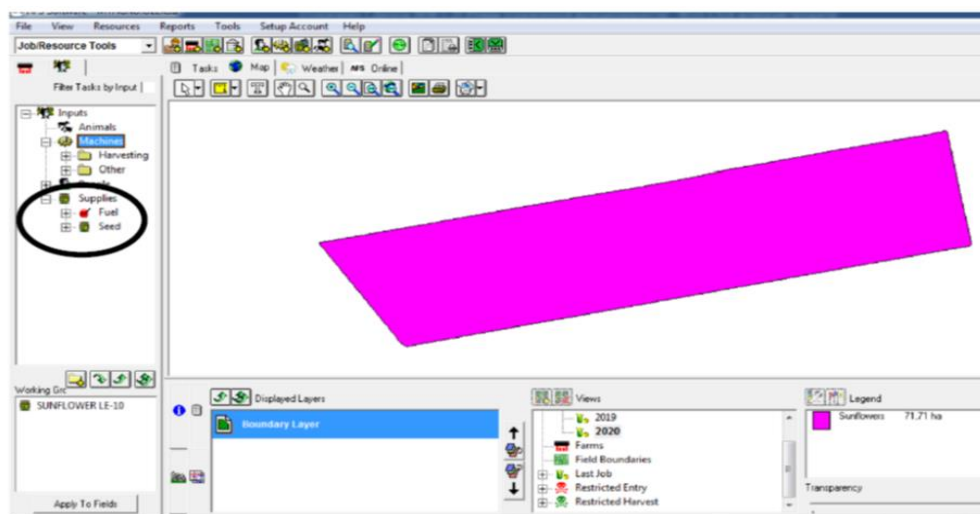


Рисунок 2.1 - Інтерфейс софту AFS з теками планування пального (Fuel) і посівних матеріалів (Seed)

Діяльність агрофірми напряму залежить від конкурентноспроможності, собівартості сільськогосподарської продукції, а з використанням софтів AFS, Storwize, є можливість для планування собівартості. Дана програма швидко реагує на ціни на ринку..

У платформі «Агропрофіль», є спрощений варіант, показаний на рис.2.1.

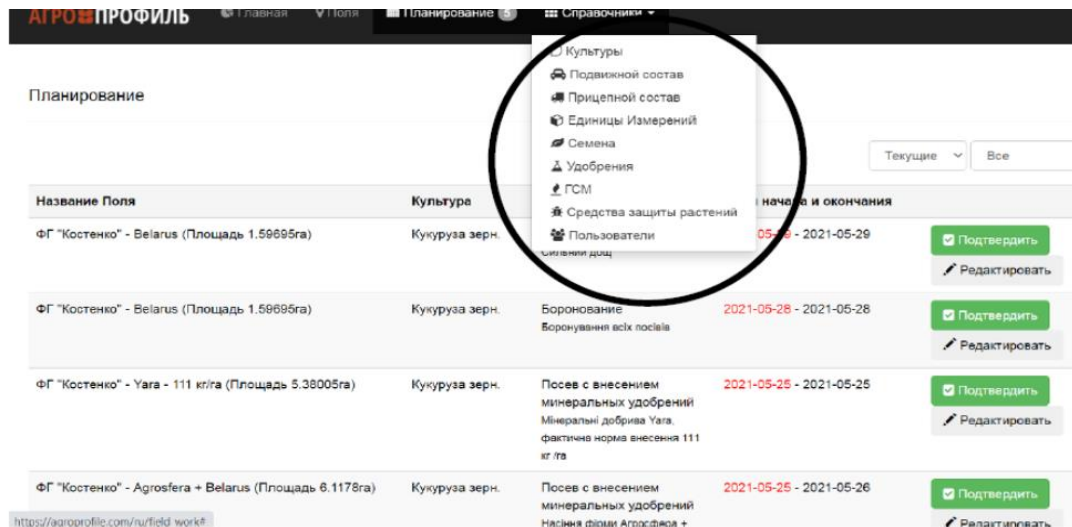


Рисунок 2.2_ - Интерфейс платформы «Агропрофіль» із вкладкою планування витратних матеріалів (виділено колом

Функція контролю виконання робіт

Функція контролю виконання робіт передбачає моніторинг прогресу агротехнічних операцій у реальному часі. Це дозволяє аграріям вчасно виявляти відхилення від плану і коригувати дії для досягнення оптимальних результатів. Основні елементи цієї функції:

- Моніторинг статусу робіт: цифрові платформи дозволяють відстежувати стан виконання запланованих агротехнічних операцій, таких як сівба, обробіток ґрунту, а також вносити добрива і збирати урожай. Система надає інформацію про виконання робіт у режимі реального часу, що допомагає виявляти затримки або проблеми.

- Аналіз продуктивності: платформи забезпечують можливість аналізувати продуктивність техніки та персоналу, що займається виконанням робіт. За допомогою таких даних можна виявити ефективність конкретних методів, техніки та матеріалів.

- Звітування: системи генерують звіти про виконання робіт, які містять інформацію про обсяги виконаних операцій, час їх виконання, витрати та результати. Це дозволяє аграріям проводити детальний аналіз та приймати обґрунтовані рішення.

На рис.2.3 показані результати виконаних робіт (висів, змінна норма), як видно, контролюється і всів, і продуктивність, і час проведення операцій.

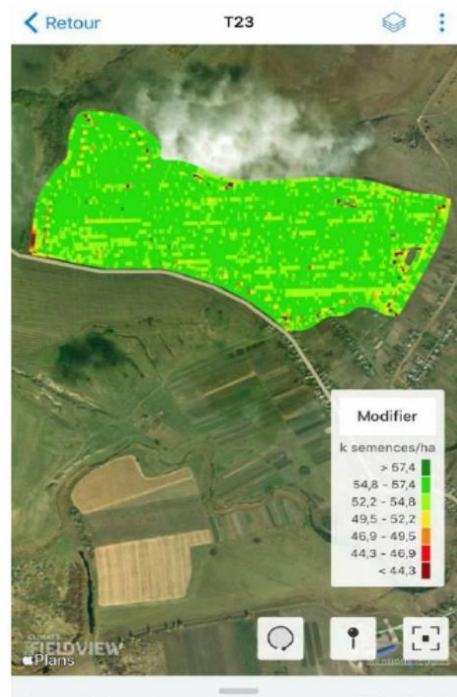


Рисунок 2.3 - Результати посіву

Облік використання с.-г. техніки

Облік використання сільськогосподарської техніки є важливим елементом управління ресурсами в агропідприємствах. Системи обліку надають детальну інформацію про стан техніки, її використання та потреби в обслуговуванні. Основні аспекти цієї функції:

- Моніторинг стану техніки: цифрові платформи забезпечують відстеження технічного стану сільськогосподарських машин. Це дає можливість оперативно виявляти проблеми та здійснювати технічне обслуговування, що зменшує ймовірність поломок під час виконання робіт.

- Облік часу роботи: системи фіксують час роботи техніки на кожній операції, що дозволяє аграріям оцінювати ефективність використання машин та планувати подальші операції. Це важливо для оптимізації графіків роботи і запобігання перевантаженню техніки.

- Управління витратами на техніку: функція обліку включає розрахунок витрат на паливо, запчастини, технічне обслуговування та інші витрати, пов'язані з експлуатацією сільськогосподарських машин. Це дає змогу аграріям зменшувати витрати та підвищувати рентабельність.

- Планування заміни техніки: на основі даних обліку агропідприємства можуть планувати заміну застарілих або неефективних машин, що допомагає підтримувати високий рівень продуктивності.

Функція контролю виконання робіт та облік використання сільськогосподарської техніки є критично важливими для успішного управління агропідприємствами. Завдяки використанню цифрових платформ аграрії можуть забезпечити ефективність виконання агротехнічних операцій, оптимізувати витрати, підвищити продуктивність техніки та підтримувати її в належному стані. Це не лише сприяє зниженню витрат, а й забезпечує стабільний і сталий розвиток агровиробництва.

2.3 Основні існуючі телематичні системи різних виробників

Телематичні системи мають важливе значення в сучасному аграрному господарстві, забезпечуючи ефективний контроль та управління сільськогосподарською технікою. Вони сприяють оптимізації виробничих процесів, підвищенню ефективності використання ресурсів і зменшенню витрат. Розглянемо основні телематичні системи від різних виробників

Проаналізуємо основні телематичні системи.

Телематичні системи від John Deere

Переваги:

- Інтегрована платформа: John Deere Operations Center забезпечує комплексне рішення для моніторингу техніки та агротехнічних процесів.
- Реальний моніторинг: можливість контролю місцезнаходження техніки, часу роботи, витрат пального в режимі реального часу.
- Аналіз даних: система генерує детальні звіти, що допомагають у прийнятті рішень на основі отриманих даних.
- Користувачський інтерфейс: платформа має зрозумілий інтерфейс, що спрощує її використання.

Недоліки:

- Вартість впровадження та обслуговування системи може бути значною, що не завжди доступно для малих агропідприємств.
- Залежність від бренду: найкращі функції можуть бути доступні лише для техніки John Deere, що обмежує вибір.

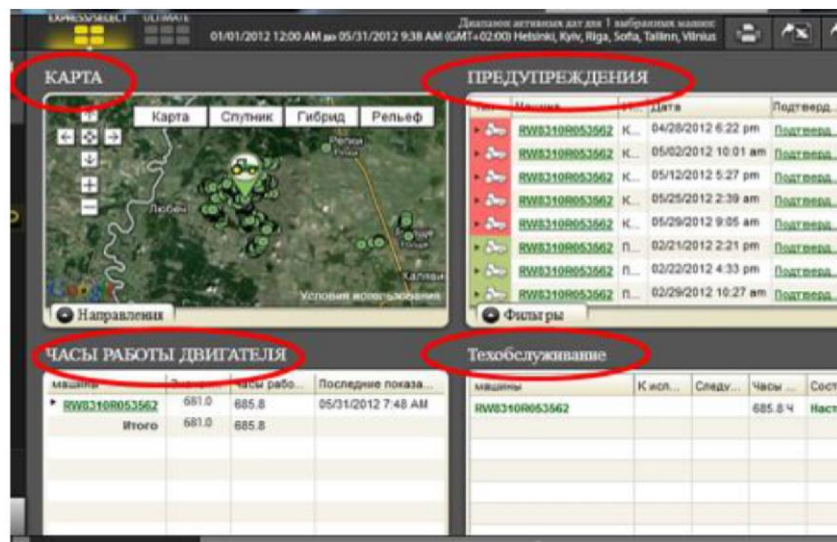


Рисунок 2.4 -Інтерфейс програми JD Link

Система точного землеробства Agricultural Machinery Systems (AMS)

AMS — це система, що використовується для управління сільськогосподарською технікою, розроблена компанією AG Leader. Основні характеристики:

- AMS дозволяє автоматизувати процеси управління сільськогосподарською технікою, включаючи сівбу, внесення добрив та захисту рослин.

- Система збирає дані про виконані роботи та їх результати, що дозволяє аграріям здійснювати аналіз і коригування технологічних процесів.
- AMS забезпечує можливість інтеграції з різними програмами та платформами для більш ефективного управління агрономічними процесами.

Переваги:

- AMS дозволяє автоматизувати управління сільськогосподарською технікою, що підвищує продуктивність.
- система забезпечує детальний аналіз даних про виконані роботи та їх результати.
- AMS може бути інтегрована з іншими системами та програмами.

Недоліки:

- для повного освоєння системи може знадобитися навчання, що займає час.
- впровадження AMS може бути дорогим для малих підприємств.



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

ISOBUS (International Organization for Standardization Bus)

це міжнародний стандарт для обміну даними між сільськогосподарською технікою та обладнанням. Основні особливості ISOBUS:

- стандарт забезпечує сумісність між технікою різних виробників, що дозволяє аграріям використовувати різні модулі та прилади на одній платформі.
- ISOBUS спрощує процеси управління та контролю, завдяки чому зменшуються витрати на навчання персоналу та обслуговування.

- стандарт дозволяє легко інтегрувати нові технології та пристрої у вже існуючі системи.

Інтеграція AMS від John Deere зі стандартом ISOBUS має ряд переваг:

- агрономи можуть використовувати техніку різних виробників, не стикаючись із проблемами несумісності.

- за допомогою ISOBUS аграрії отримують можливість відстежувати показники роботи техніки та отримувати дані в режимі реального часу на єдиній платформі.

- агрономи можуть управляти всіма агротехнічними процесами, використовуючи єдиний інтерфейс, що зменшує час на управлінські функції.

- завдяки ефективному управлінню ресурсами та зменшенню витрат на обслуговування техніки агропідприємства можуть знижувати свої витрати.

Системи точного землеробства AMS від John Deere, інтегровані зі стандартом ISOBUS, надають аграріям можливість оптимізувати управління технікою, підвищувати ефективність агротехнічних процесів і знижувати витрати. Завдяки такій інтеграції, агропідприємства можуть максимально використовувати переваги сучасних технологій, забезпечуючи високу продуктивність і конкурентоспроможність в аграрному секторі.

Цифрова платформа Advanced Farming Systems (AFS) CASE IH

AFS-система, що пропонує рішення для точного землеробства від компанії CASE IH. Основні функції:

- AFS об'єднує різноманітні технології, включаючи GPS, дані про погоду та агрономічні показники, для підвищення точності агротехнічних операцій.

- система надає можливість контролювати ефективність техніки та агрономічних операцій у реальному часі, включаючи збори врожаю та обробіток ґрунту.

- AFS забезпечує доступ до даних для аналізу та прийняття рішень, що дозволяє аграріям оптимізувати технологічні процеси і підвищувати їх ефективність.

-

Розглянемо основне обладнання та функції, що надаються Trimble.

- GPS-приймачі та системи навігації
 - Trimble GFX-750: універсальний термінал для управління агрономічними процесами, підтримує різні GPS-системи для точної навігації.
 - Trimble CFX-750: двохканальний термінал з функціями навігації, контролю і моніторингу в реальному часі.
- Системи автоматичного керування
 - Trimble Autopilot: система, яка забезпечує автоматичне керування трактором, зменшуючи трудомісткість і підвищуючи точність обробітку ґрунту.
 - Trimble EZ-Pilot: система, що дозволяє інтегрувати автоматичне керування в уже існуючі трактори.
- Системи збору даних
 - Trimble Ag Software: програмне забезпечення для збору, зберігання та аналізу агрономічних даних, що дозволяє відстежувати витрати, врожайність, інше.
 - Trimble Connected Farm: платформа для моніторингу техніки та управління агрономічними процесами в реальному часі.
- Датчики та сенсори
 - Trimble Soil Information System (TIS): датчики для аналізу якості ґрунту та моніторингу його характеристик.
 - Датчики урожайності: встановлюються на комбайнах для вимірювання врожайності в реальному часі.

Функції Trimble

- Навігація та управління
 - Точне керування: системи Trimble забезпечують високу точність навігації (до 2-5 см), що дозволяє зменшити перекриття і втрати.
 - Мультифункціональність: підтримка різних режимів навігації (паралельні проходи, контурні проходи тощо).
- Аналіз та управління даними

- Аналіз продуктивності: функції збору і аналізу даних дозволяють агрономам оцінювати продуктивність техніки та врожайності.
- Планування робіт: можливість створення планів для різних агротехнічних операцій на основі зібраних даних.
 - Зменшення витрат
- Оптимізація використання ресурсів: системи Trimble дозволяють точно планувати та контролювати витрати на добрива, пестициди та паливо.
- Покращення контролю якості: можливість моніторингу та управління якістю ґрунту, що допомагає знижувати витрати на його обробку.
 - Автоматизація процесів
- Автоматичне керування технікою: системи, які дозволяють зменшити участь оператора та підвищити точність виконання робіт.
- Моніторинг у реальному часі: доступ до даних про стан техніки, витрати пального режимі реального часу.

Користувачі Trimble стикаються з труднощами при інтеграції другими 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

Обладнання та рішення Trimble в галузі точного землеробства надають аграріям ефективні інструменти для оптимізації управлінських процесів, зниження витрат і підвищення продуктивності. Застосування технологій Trimble допомагає аграріям пристосовуватися до змін у аграрному секторі та досягати стійкого розвитку в умовах сучасних викликів.

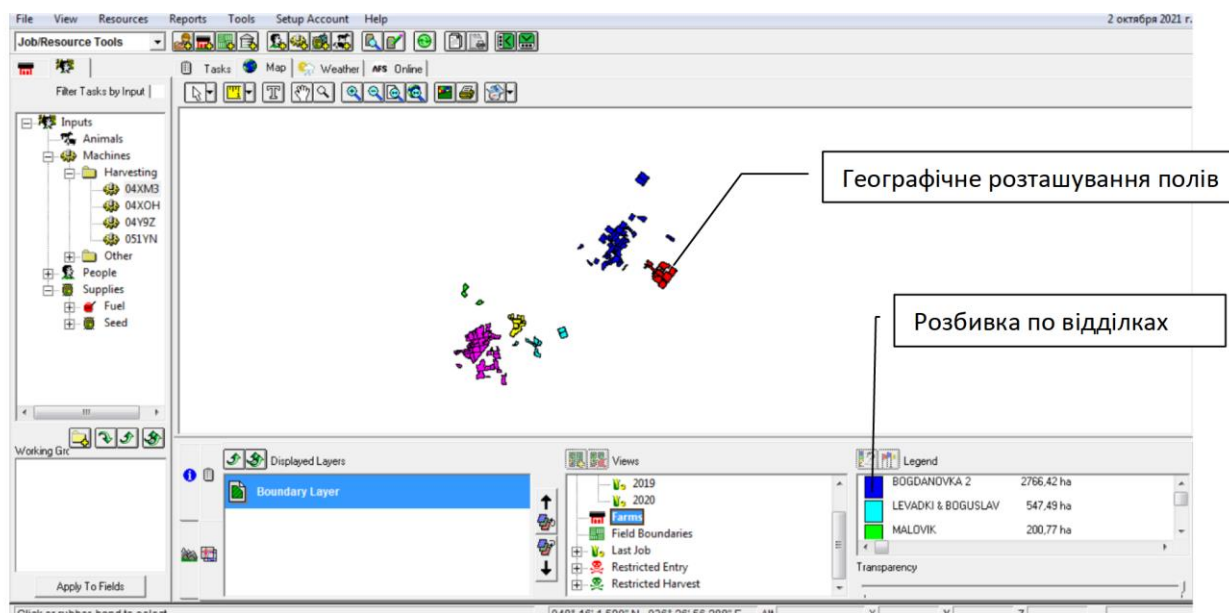


Рисунок 2.8 -Інтерфейс платформи AFS з основними масивами даних

Цифрова платформа Advanced Farming Systems (AFS) CASE ІН

Переваги:

- AFS об'єднує різні технології, що дозволяє отримувати максимальну вигоду від використання.
- можливість відстеження виконання агротехнічних операцій у реальному часі.
- точність агротехнічних операцій завдяки використанню GPS та агрономічних даних.

Недоліки:

- може бути доступна лише для техніки CASE ІН, що обмежує гнучкість.
- високі початкові витрати можуть бути перешкодою для деяких агропідприємств.

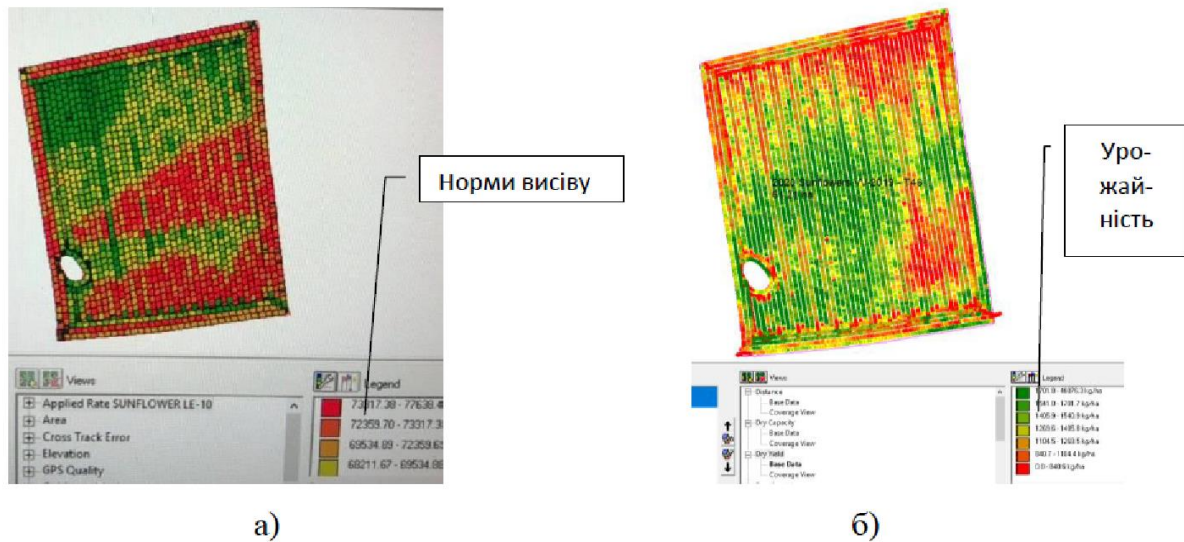


Рисунок 2.9 - Карти норми висіву (а) і урожайності (б) соняшника, отримані технікою Case IH, що працювала в цифровій платформі AFS

Цифрова платформа SkokAgro

SkokAgro — це система управління сільськогосподарськими підприємствами, що використовує телематичні технології для підвищення ефективності агровиробництва. Основні характеристики:

- система дозволяє аграріям контролювати стан техніки, відстежувати витрати на обслуговування та запчастини.
- платформа збирає дані про виконані агротехнічні роботи, що дозволяє аналізувати їх ефективність та оптимізувати технологічні процеси.
- SkokAgro пропонує можливості для налаштування системи під специфічні потреби агропідприємства, що робить її універсальним інструментом для управління.

Переваги:

- можливість налаштування системи під конкретні потреби агропідприємства.
- ефективний моніторинг стану техніки та управління її використанням.
- система може бути більш доступною за вартістю для малих і середніх агрокомпаній.

Недоліки:

- порівняно з великими платформами, такими як AFS, можуть бути відсутніми деякі функції.
- недостатня підтримка користувачів може ускладнити використання платформи для новачків.

Цифрова платформа вимірювання твердості ґрунтів SkokAgro

забезпечує можливість точного вимірювання твердості ґрунтів глибиною не більше 60 сантиметрів дозволяє аграріям отримувати важливу інформацію про стан ґрунту, що сприяє оптимізації агротехнічних процесів та підвищенню врожайності. Платформа використовує сучасні сенсори для збору даних, що забезпечує точність вимірювань і легкість в аналізі результатів.



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

При застосуванні даного пенетрометра результати вимірів фіксують на кожному см глибини. Отже, отримується детальна картина цілого поля з твердістю на глибину, що вказується, див. рис.2.11.

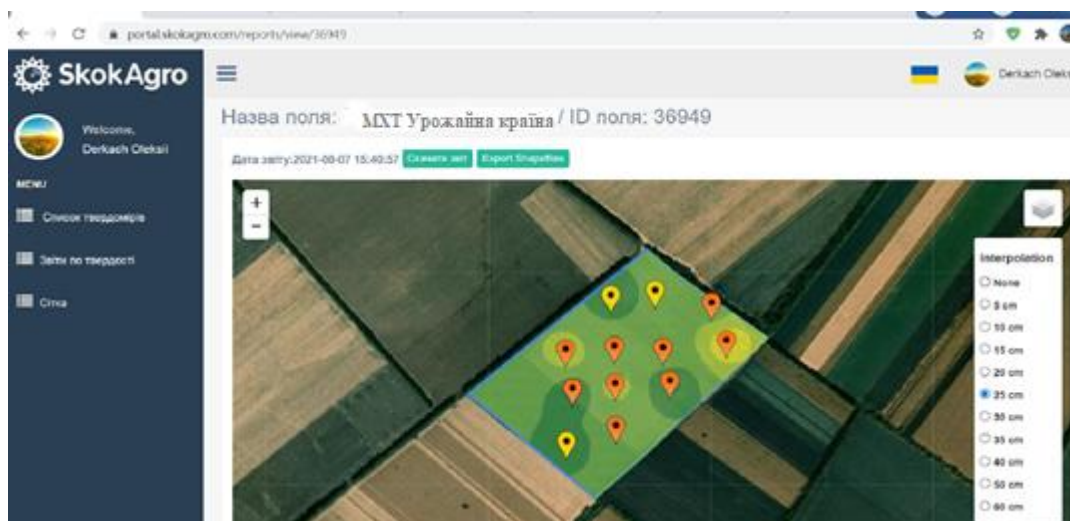


Рисунок 2.11 - Загальний вигляд інтерфейсу софту SkokAgro з переданими даними з пенетрометра

Платформа SkokAgro є сучасною системою для моніторингу та аналізу стану ґрунтів, яка спеціалізується на вимірюванні твердості ґрунтів для підвищення ефективності агротехнічних операцій. Основна мета платформи полягає в забезпеченні сільськогосподарських підприємств точними даними про стан ґрунту з метою оптимізації процесів обробітку, посіву та вирощування культур.

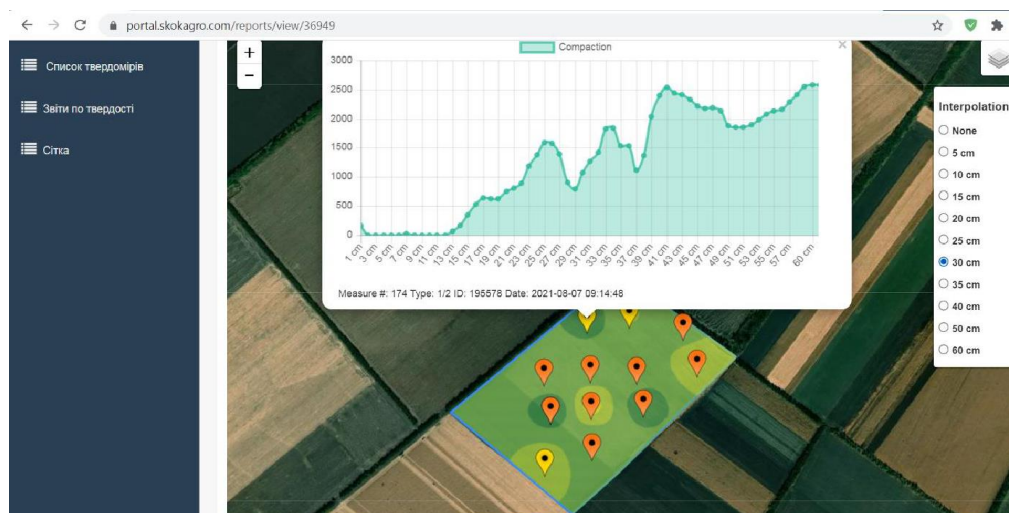


Рисунок 2.12 - Детальні результати твердості можна побачити в кожній точці вимірювання з дискретністю 1 см

Основні функції платформи SkokAgro:

1. Платформа використовує датчики та спеціальні вимірювальні пристрої для збору даних про твердість ґрунту на різних глибинах. Це дозволяє точно визначати рівень ущільнення ґрунту та його придатність для вирощування певних культур.

2. Дані, зібрані з поля, аналізуються в реальному часі за допомогою алгоритмів, що дозволяє фермеру отримувати детальну інформацію про умови ґрунту. Це дає можливість вчасно приймати рішення щодо необхідності глибокого обробітку, розущільнення або оптимізації роботи техніки.

3. Платформа дозволяє створювати точні карти полів, на яких відображаються рівні твердості ґрунту по всій площі поля. Це сприяє диференційованому підходу до обробітку ґрунту та зменшенню витрат на агротехнічні операції.

4. SkokAgro може бути інтегрована з сільськогосподарською технікою, що забезпечує автоматизоване налаштування глибини обробітку ґрунту та режимів роботи агрегатів залежно від показників твердості. Це дозволяє більш ефективно використати ресурсів, а також зменшення негативного впливу на ґрунти.

Завдяки платформі SkokAgro фермери отримують можливість оптимізувати свої виробничі процеси, враховуючи фактичний стан ґрунтів, що сприяє підвищенню врожайності та збереженню родючості ґрунту на довготривалу перспективу.

Висновки по розділу

Використання сучасних цифрових платформ і онлайн-софту для адміністрування виробничих процесів в аграрному секторі дає змогу аграріям відкривати широкі можливості для підвищення ефективності управління аграрними підприємствами. Платформи, такі як AFS, PLM, SMS, Cropwise, а також онлайн-системи типу Агропрофіль, АгроОнлайн, AMS і телематична

система JD Link, надають користувачам різноманітні інструменти для моніторингу, аналізу і управління різними аспектами виробничого процесу.

Кожна з платформ має унікальні функціональні можливості:

- AFS, PLM, SMS, Cropwise дозволяють інтегрувати дані, отримані від різних джерел, для точного аналізу поля, зробити прогноз щодо майбутнього врожаю та оптимізувати витратну частину

- Агропрофіль і АгроОнлайн забезпечують комплексне управління процесами на господарстві, включаючи планування агротехнічних операцій, моніторинг ресурсів і аналіз показників.

- AMS допомагає в оптимізації роботи сільськогосподарської техніки, знижуючи витрати палива і підвищуючи продуктивність.

- JD Link пропонує можливості телематики для віддаленого управління і діагностики техніки, що сприяє зменшенню часу простою і збільшенню надійності обладнання.

Завдяки цим технологіям, аграрні підприємства отримують можливість значно підвищити рівень автоматизації, ефективно використовувати ресурси, скоротити витрати і знизити вплив людського фактору на процес прийняття рішень.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Програма досліджень

Мета даної програми досліджень полягає у визначенні ефективності застосування систем точного землеробства (СТЗ) для покращення обробітку ґрунту через використання цифрових платформ, зокрема Advanced Farming Systems (AFS). Дослідження включатиме аналіз стану ґрунту, вимірювання його твердості та створення карти завдань для оптимізації агрономічних практик.

Програма включає:

1) Визначення поля для застосування СТЗ

- Огляд території: визначити агропідприємство або конкретну ділянку, де буде проводитися дослідження. Звернути увагу на тип ґрунту, попередні агротехнічні практики та інші фактори, що впливають на обробіток.

- Проведення попереднього аналізу: зібрати дані про попередні врожаї, структуру ґрунту, його плідність та інші агрономічні показники.

2) Проведення аналізу ґрунту

- Вимірювання твердості ґрунту: використати цифрову платформу, таку як SkokAgro, для вимірювання твердості ґрунту на різних глибинах (до 60 см). Здійснити кілька замірів на обраній ділянці для отримання репрезентативних даних.

- Оцінка стану ґрунту: вивчити характеристики ґрунту, такі як вологість, структура, рН, вміст органічних речовин та мікроелементів. Для цього може бути використане лабораторне дослідження проб ґрунту.

3) Застосування цифрової платформи Advanced Farming Systems (AFS)

- Обробіток ґрунту: на основі отриманих даних про стан ґрунту провести обробіток, використовуючи систему AFS для планування та моніторингу.

- Створення карти завдань: використовуючи платформу AFS, створити детальну карту завдань для обробітку ґрунту. Карта повинна включати зони з різними показниками твердості та рекомендації щодо обробки.

4) Висновки та пропозиції

- Аналіз отриманих даних: на основі зібраних даних провести аналіз та порівняти результати з попередніми дослідженнями. Оцінити, як використання СТЗ та платформи AFS вплинуло на ефективність обробітку ґрунту.

- Висновки: підготувати висновки щодо переваг і недоліків впровадження цифрових технологій у обробітку ґрунту, зокрема в аспектах продуктивності, витрат та управління ресурсами.

- Пропозиції: розробити рекомендації щодо подальшого впровадження систем точного землеробства в агропідприємствах, включаючи можливі зміни в агрономічних практиках, використання інших технологій, і вдосконалення методів моніторингу та аналізу ґрунту.

3.2 Вибір поля та його характеристика

Для проведення експериментальних досліджень було обрано поле загальною площею 50,07 гектарів, розташоване в межах господарства. Визначення меж поля виконувалося за допомогою сучасного програмного забезпечення SkokAgro, яке забезпечує точне картографування території, дозволяючи фіксувати географічні координати, обраховувати площу, а також оптимізувати процеси управління полем.

SkokAgro дозволяє не лише визначити точні межі поля, але й формувати карти рельєфу, зони продуктивності, а також виявляти проблемні ділянки, де можливі відхилення у фізичних та агротехнічних характеристиках ґрунту. Використання цієї програми значно покращує процес моніторингу поля та прийняття рішень для подальших агротехнічних операцій.

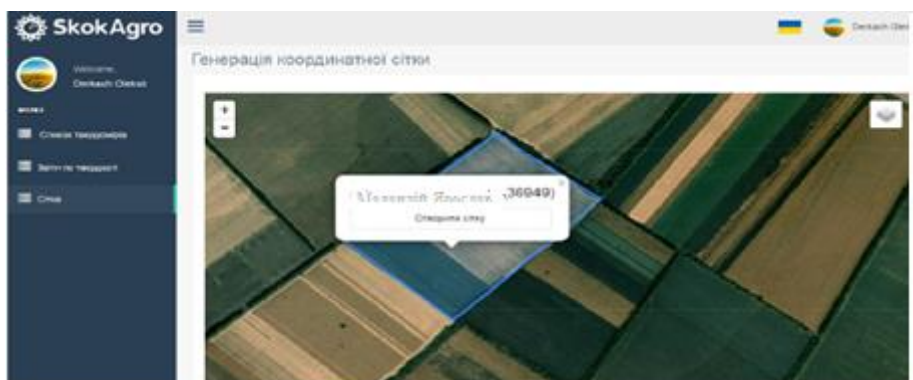


Рисунок 3.1 - Створення сітки для визначення раціональних точок вимірювання твердості ґрунту

З метою аналізу стану ґрунту було обрано конкретні точки на полі для проведення вимірів твердості ґрунту. Ці точки були обрані з урахуванням різноманітності рельєфу та структури ґрунту. Вимірювання твердості ґрунту здійснювалися за допомогою спеціалізованого обладнання в конкретних місцях, визначених за допомогою GPS-координат. Використання таких технологій дозволяє забезпечити точність вимірювань і повторюваність досліджень для отримання даних після аналізу.

Значення про твердість ґрунту допоможуть оцінити його стан на різних ділянках поля та оптимізувати застосування машинно-тракторних агрегатів і зменшення негативного впливу на ґрунт у процесі сільськогосподарського виробництва.

Алгоритм дій для виконання завдання:

1. Підготовка обладнання та програмного забезпечення:
 - Зарядіть пенетрометр із вбудованим GSM-зв'язком, переконайтесь у його працездатності.
 - Встановіть програму SkokAgro на мобільний пристрій, підключіться до облікового запису та перевірте доступ до карти поля.
 - Встановіть на мобільний пристрій програму Locus Map для картографування маршруту, перевірте її коректну роботу.
2. Планування та вибір точок вимірювання:

- Використовуючи програму SkokAgro, оберіть поле площею 50,07 гектарів та визначте точки для вимірювання твердості ґрунту.

- Зверніть увагу на різноманітність рельєфу і структури ґрунту, щоб вибрати репрезентативні місця для вимірювань.

- За допомогою SkokAgro або Locus Map, створити маршрут між вибраними точками для зручності пересування по полю під час вимірювань.

3. Проведення картографування маршруту:

- Запустити програму Locus Map на мобільному пристрої.

- Створити маршрут, додавши всі визначені точки для проведення вимірювань твердості ґрунту.

- Прокласти оптимальний шлях для переміщення між точками, враховуючи рельєф та умови на полі.

4. Проведення вимірювань твердості ґрунту:

- Перейти до першої точки вимірювання відповідно до маршруту, створеного в Locus Map.

- Використовуючи пенетрометр із вбудованим GSM-зв'язком, виконати вимірювання твердості ґрунту в кожній точці.

- Перед проведенням вимірювань переконатися, що пенетрометр налаштований і передає дані через GSM-зв'язок на сервер для збереження та подальшого аналізу.

5. Фіксація та збереження результатів:

- Після кожного вимірювання переконатися, що дані автоматично передаються на сервер через GSM-зв'язок пенетрометра.

- Перевіряти відповідність результатів у реальному часі за допомогою SkokAgro на мобільному пристрої.

- Після завершення всіх вимірювань, експортувати результати з SkokAgro для подальшого аналізу.

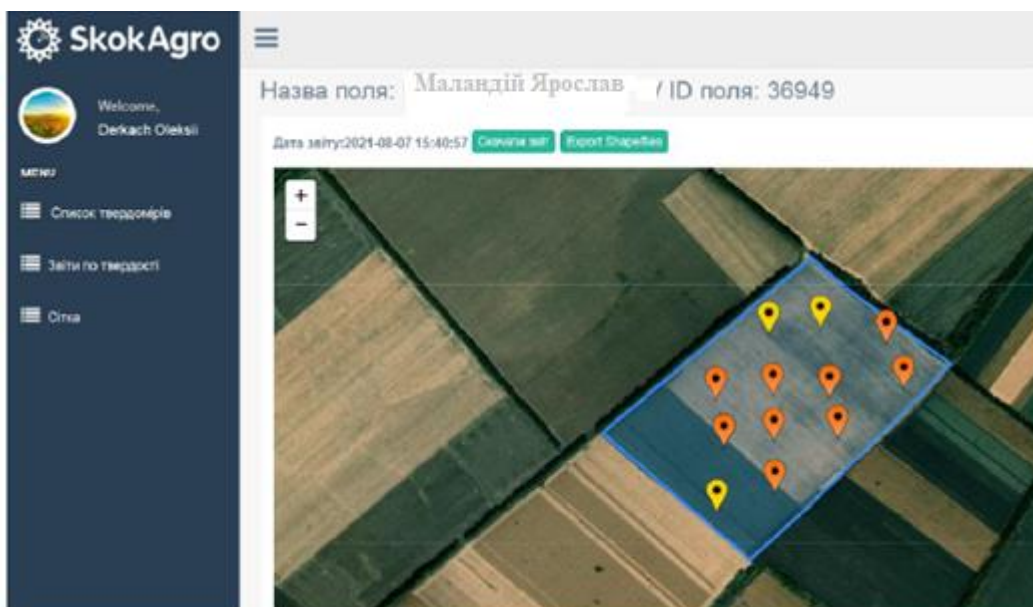


Рисунок 3.2 - Точки вимірювань, створені функцією «Сітка»

3.Збереження та аналіз маршруту: після завершення вимірювань зупинити запис маршруту, зберегти маршрут для подальшого аналізу, вивчити картографічні дані, такі як GPS-координати точок вимірювання, відстань і час (див. рис.3.3).



Рисунок 3.3 - Зображення маршруту в програмі Locus Map

- Завершення процедури - підготувати звіт на основі зібраних даних, використовуючи функції програми SkokAgro. Додати картографічні дані з Locus Мар для візуалізації маршруту та точок вимірювання.

В кабінеті (особистому) SkokAgro показує результат. Градацію (за величиною твердості) для визначення така:

- до 1000 кПа – ґрунт пухкий;
- 1000...2000 кПа – відносно пухкий;
- 2000...3000 кПа – відносної твердості;
- 3000...4000 кПа – твердий;
- більше 4000 кПа – дуже твердий.

- Провести аналіз отриманих даних щодо твердості ґрунту та його впливу на агрономічні практики. Використати результати для оптимізації подальших агротехнічних заходів.

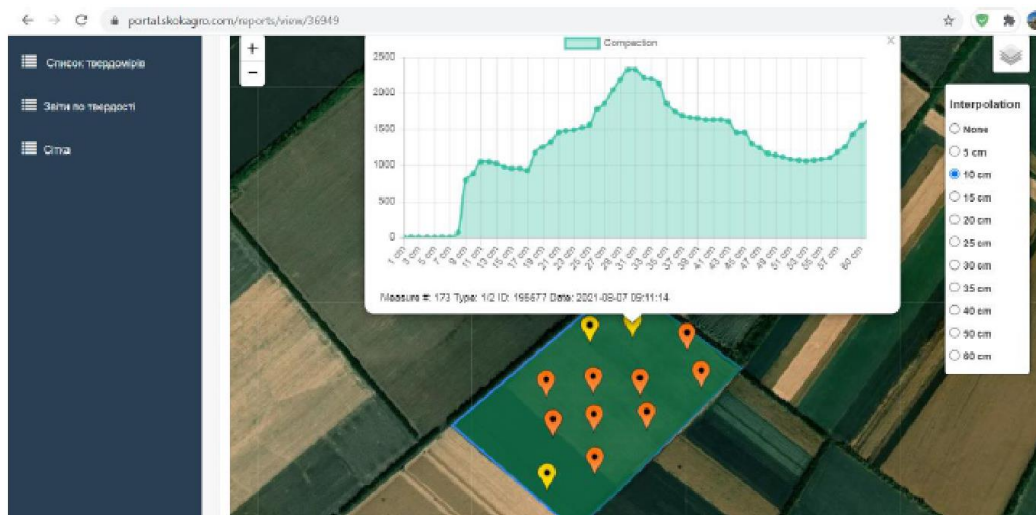


Рисунок 3.4 - Результати вимірювань в одній з точок

На рис. 3.5.а виділена зона ущільнення, яке зростає (див. у правому кутку збільшений вигляд), це – на глибині 20см.



а)



б)

Рисунок 3.5- Стан ущільнення ґрунту на глибині 20 см

Ґрунт ущільнений (занадто) при 3000 кПа та глибині- від 24 до 27 см. А на глибині від 37 до 51(см)-стабільне підвищення твердості ґрунту показано на рис.3.6



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

Проаналізувавши стан поля, за допомогою пенетрометричних вимірювань та використовуючи цифрову платформу, можна зробити висновки щодо стану ґрунтового профілю. Орний шар демонструє нормальні показники твердості, що свідчить про належний рівень обробітку верхніх шарів ґрунту.

Однак, на глибині 51 см і глибше спостерігається значне ущільнення. Це підтверджується середньостатистичною кривою, яка показує різке збільшення твердості ґрунту на цій глибині. Таке ущільнення може спричинити проблеми з

проникненням коренів рослин, погіршити аерацію ґрунту та водопроникність, що негативно впливатиме на врожайність, рис.3.7

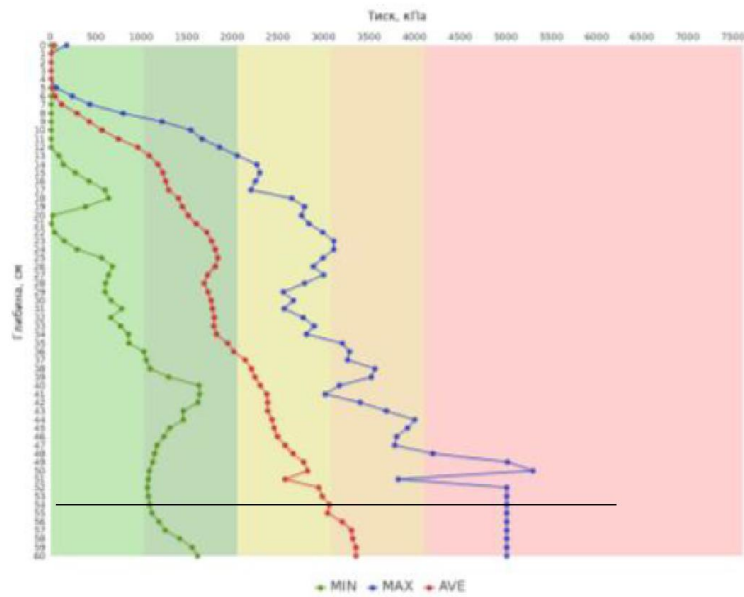


Рисунок 3.7 - Криві твердості ґрунту на основі статистичних даних

Це ущільнення може виникати через тривалий вплив механічних навантажень (проїзд техніки) або недостатній глибокий обробіток ґрунту в попередні сезони. Для подальшої оптимізації рекомендується застосування технологій глибокого рихлення або інших агротехнічних заходів для покращення стану ґрунту на цій глибині.

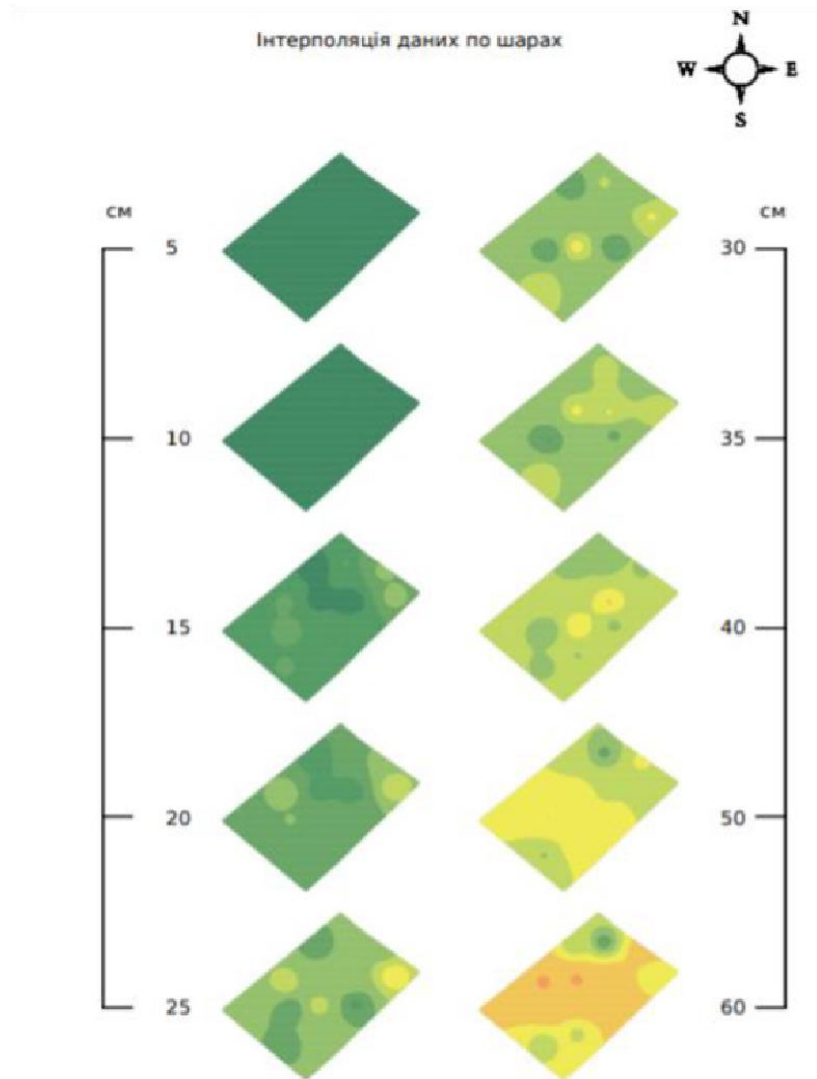


Рисунок 3.8 - Просторова картина зон твердості ґрунту по шарах від 0 до 60 см

Дослідивши та отримавши дані твердості ґрунту, можемо розробити рекомендацію для диференційованого обробітку ґрунту за критерієм глибини ущільнення.

Рекомендація на диференційований обробіток ґрунту:

1. Верхній орний шар (до 30 см):
 - Стан: Нормальний, без значного ущільнення.
 - Рекомендації: Стандартний обробіток, оранка або культивування на глибині 20-30 см.
 - Мета: Підтримання гарного стану структури орного шару для сприяння розвитку кореневої системи рослин.

2. Проміжний шар (30-50 см):
 - Стан: Спостерігаються перші ознаки ущільнення, але не критичні.
 - Рекомендації: Глибоке розпушування або чизельне розпушування на глибині 35-45 см.
 - Мета: Поліпшення аерації та водопроникності, запобігання подальшому ущільненню.
3. Ущільнений шар (від 51 см і глибше):
 - Стан: Значне ущільнення, що заважає проникненню кореневої системи на глибші рівні.
 - Рекомендації: Використання глибокорозпушувачів або плугів-розпушувачів для диференційованого глибокого обробітку на глибині до 60 см.
 - Мета: Руйнування ущільненого шару, забезпечення кращої інфільтрації води, покращення доступу коренів до поживних речовин на глибших шарах.

Диференційований підхід:

- Рекомендується застосовувати змінні глибини обробітку, орієнтуючись на показники ущільнення для кожної зони поля.
- Застосування технологій точного землеробства та цифрових платформ (наприклад, AFS, SkokAgro) дозволить створити карти завдань для техніки, що автоматично змінюватиме глибину обробітку в залежності від результатів вимірювань.

Очікувані результати:

- Підвищення ефективності агротехнічних операцій завдяки диференційованому підходу.
- Поліпшення стану ґрунту, особливо на глибоких шарах, що сприятиме підвищенню врожайності.
- Зменшення витрат на паливо та знос техніки через оптимізацію обробітку лише там, де це необхідно.

Диференційований підхід дозволить ефективно усунути ущільнення ґрунту, підвищуючи його родючість і сприяючи стабільній продуктивності на довгострокову перспективу.

3.3 Розробка карти-завдання на диференційований обробіток

Застосування точних даних для диференційованого обробітку ґрунту є важливою складовою технологій точного землеробства. Отримані дані за допомогою пенетрометра S600 дозволяють створити карту-завдання для диференційованого обробітку на основі показників щільності ґрунту, що дає змогу уникнути надмірного ущільнення та оптимізувати агротехнічні операції.

Тож, 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 ґрунту, що має оптимальну щільність від 1,0 до 1,3 г/см², забезпечує найкращі умови для розвитку кореневої системи та збереження вологості.

□ Трактори з масою більше 10-13 тон спричиняють значне ущільнення ґрунту. За результатами дослідження на дослідному полі, зафіксовані ділянки з щільністю ґрунту 1,4–1,8 г/см² і навіть понад 3000 кПа, що перевищує оптимальні показники для обробітку.

□ Дослідне поле має різноманітну структуру щільності ґрунту як за глибиною, так і за площею, що потребує спеціального підходу для кожної зони.

Техніка для виконання обробітку

- Машино-тракторний агрегат: трактор Case IH MX 310 у поєднанні з ґрунтообробним агрегатом Ecolo-Tiger 530.
- Ця техніка дозволяє проводити глибокий обробіток, включаючи рихлення ущільнених ділянок.

Використання технології TopSoil Mapper

Для реалізації диференційованого обробітку застосовуємо технологію TopSoil Mapper, яка дозволяє в режимі реального часу сканувати щільність ґрунту та регулювати глибину обробітку залежно від показників.

Сканер встановлюється перед ґрунтообробним агрегатом і працює в режимі безперервного сканування ґрунту на різних глибинах.

Показники твердості ґрунту (щільність) реєструються та передаються в систему для обробки. рис. 3.10.

Диференційований підхід:

- На основі даних від пенетрометра S600 і сканера TopSoil Mapper створюються карти зон ґрунту з різною щільністю.
- На ділянках із щільністю понад 3000 кПа технологія автоматично регулює глибину рихлення до максимальної для усунення ущільнення.
- Для ділянок із нормальними показниками (1,0-1,3 г/см²) здійснюється стандартний обробіток.

- Безконтактне вимірювання ЕК
- Аналіз структури ґрунту
- Управління агрегатом на ходу



Рисунок 3.9 - Схема диференційованого обробітку ґрунту технологією TopSoil Mapper



Рисунок 3.10 - Загальний вигляд сканера TopSoil Mapper

Суміщення даних та використання ISOBUS

- Програмне забезпечення ISOBUS:
 - Платформа ISOBUS обробляє дані від пенетрометра, сканера TopSoil Mapper та тракторного обладнання в режимі реального часу.
 - Дані щільності ґрунту автоматично об'єднуються в програмі для створення карт завдань, які застосовуються для виконання рихлення на необхідну глибину в кожній зоні поля.

Процес обробітку

Використовуючи TopSoil Mapper, сканер збирає інформацію про щільність ґрунту по всій площі поля.

Аналіз даних:

Після завершення сканування дані обробляються системою ISOBUS для створення карти завдань.

Виконання обробітку:

В процесі обробітку ґрунтообробний агрегат автоматично змінює глибину рихлення залежно від зони, що оптимізує роботу техніки і зменшує витрати на паливо та знос обладнання.

Карта завдань включає диференційовані інструкції щодо глибини рихлення для кожної зони поля, забезпечуючи точність і ефективність обробітку.

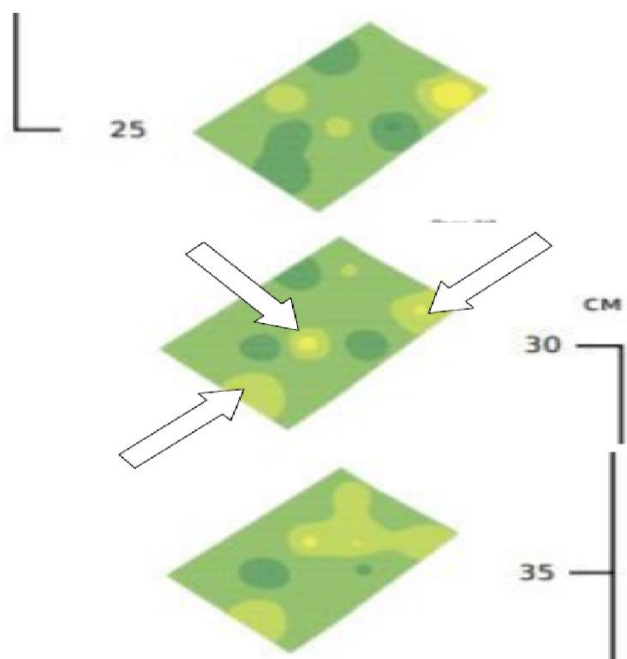


Рисунок 3.11 - Вигляд карт твердості ґрунту на глибинах 25 см; 30см; 35 см

Отримані дані від пенетрометра S600, в поєднанні зі сканером TopSoil Маррег та системою ISOBUS, дозволяють провести детальний аналіз щільності ґрунту та створити карту-завдання для диференційованого обробітку. Це не лише усуває ущільнення на глибоких шарах, але й оптимізує роботу машино-тракторного агрегату, знижує витрати палива та покращує загальну ефективність агротехнічних операцій на полі, показано на рис 3.12

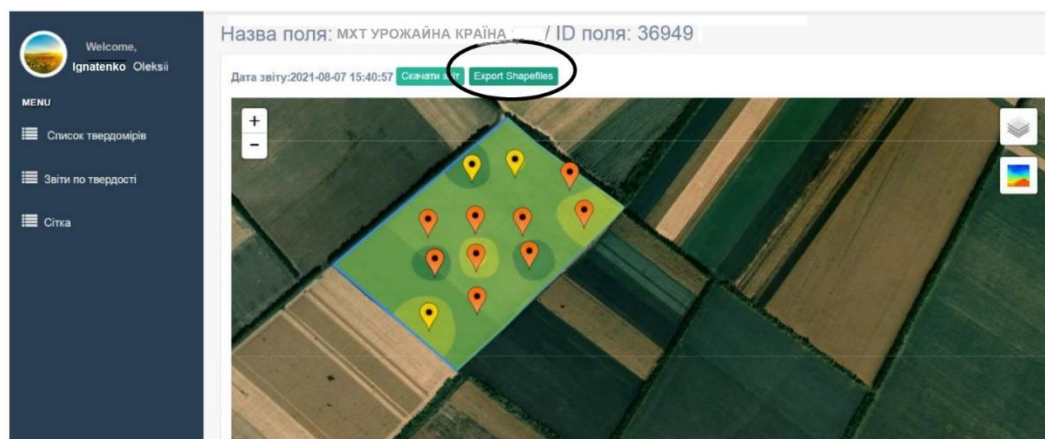


Рисунок 3.12 - Інтерфейс особистого кабінету тердоміра SkokAgro при експортуванні даних для диференційованого обробітку

Перевіряємо завантажені дані на моніторі (GFX 750), виставляємо межі глибини(min 12 см, а max 30 см).

Налаштування МТА зображено. На рис. 3.13



Рисунок 3.13 - Схема налаштування агрегату на диференційований обробіток ґрунту

Отже, під час проведення диференційованого обробітку ґрунту машино-тракторний агрегат (МТА) виконав рихлення на глибині 30 см на 9,5% загальної площі дослідної ділянки, витрати (середні) палива – 15.2 літри на гектар площі. На решті площі використовувалися менші глибини обробітку, залежно від щільності ґрунту, визначеної за допомогою сканування (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 - Карта фактичної витрати пального на диференціальному обробітку

Ці значення враховують диференційований підхід, при якому на менше ущільнених ділянках виконувалася обробка на менших глибинах, що дозволило знизити загальне споживання пального порівняно з традиційним методом, де рихлення проводиться на постійній глибині.

Такий підхід дозволяє не тільки зменшити витрати пального, але й знизити знос техніки, оптимізувати використання ресурсів та підвищити ефективність виконаних робіт.

Дані розрахунків заносимо до 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

Використання системи паралельного водіння на агротехнічній лінії МТА Case MX 310 у поєднанні з ґрунтообробним знаряддям БЗР 24 дозволяє значно підвищити точність руху техніки та зменшити перекриття суміжних проходів. Це зменшення перекриттів з 0,6-0,8 метра до 0,1 метра має важливі наслідки для ефективності операцій. Зниження перекриття з 0,6-0,8 м до 0,1 м забезпечує більш раціональне використання ресурсу техніки, оскільки кожен прохід трактора максимально наближається до оптимального. Завдяки цьому зменшуються витрати пального.

Використання точних систем паралельного водіння дозволяє уникати нерівностей та неточностей в обробітку, що покращує загальну якість роботи техніки.

Застосування системи паралельного водіння на МТА Case MX 310 у поєднанні з БЗР 24 значно підвищує точність обробітку поля, зменшує витрати пального, скорочує час виконання робіт та знижує знос техніки.

Параметри поля:

- Довжина поля: 889 метрів
- Ширина поля: 563 метра
- Площа поля: 5,00 га (приблизно)
- Ширина захвату знаряддя (БЗР 24): від 0,8 м до 23,2 м (в залежності від налаштувань)
- Витрати пального: 1,3 літра на гектар поля
- Зменшене перекриття при паралельному водінні: з 0,6-0,8 м до 0,1 м

Тоді продуктивність (фактична) МТА буде

$$W_{\text{зод}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0,1 \cdot 23,2 \cdot 11 \cdot 0,8 = 20,4 \text{ га.}$$

кількість гонів агрегагу (ширина поля 563м)

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

Ширина поворотної смуги буде:

$$E = 2 \cdot B_p = 2 \cdot 23,2 = 46,4 \text{ м.}$$

Визначимо площу паразитну

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

грн/га

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

Агрегат з паралельним водінням

Ширину захвата визначимо

$$b_n = 0,15 \text{ м} - 23,85 \text{ м.}$$

Витрата палива 4.4. л/га

Визначимо продуктивність:

$$W_{\text{зод}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0,1 \cdot 23,85 \cdot 11 \cdot 0,8 = 20,98 \text{ га}$$

При ширині поля 563 метри визначимо проходи (кількість)

$$n_{np} = 563 / 23,85 = 23,6, \text{ приймаємо } 24.$$

Поворотна смуга(ширина)

$$E = 2 \cdot B_p = 2 \cdot 23,85 = 47,7 \text{ м.}$$

Знаходимо паразитну площу

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

Витрата палива для неї – 0,26 літрів, тобто $0,26 \times 52 = 13,52$ грн

Дослідне поле має вигоду:

- Підвищення експлуатаційної продуктивності до 0,58 га/год;
- Зекономлене паливо 62,4 грн

Висновки до розділу

Проведені експериментальні дослідження на дослідному полі площею 50,07 га дозволили отримати важливі дані щодо характеристик твердості ґрунту та впливу механізованих робіт на його стан. Встановлено, що твердість ґрунту поступово зростає з підорної глибини (37 см) до глибини 47 см, досягаючи максимальних значень 3000 кПа. Це свідчить про ущільнення ґрунту на значних глибинах, що негативно впливає на кореневу систему рослини при її зростанні.

Вплив (негативний) руху сільськогосподарських агрегатів також виявлено на глибині 17-23 см у певних точках поля, де спостерігається збільшення твердості ґрунту. Це свідчить про локальне ущільнення під дією техніки, що може негативно вплинути на водно-повітряний режим ґрунту і вимагає подальших заходів щодо мінімізації впливу.

Основний обробіток на глибину 30 см було здійснено на 9,5 % загальної площі, тоді як решта поля оброблялася на меншій глибині. Такий підхід дозволив оптимізувати витрати палива, які склали 15,2 літрів на гектар.

Зменшення щільності механізованих робіт на 9,23 % сприяло зниженню негативного впливу на ґрунт та економії ресурсів. Загалом, результати експерименту свідчать про необхідність подальшого вдосконалення агротехнічних операцій для зменшення ущільнення ґрунту та покращення ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників при вимірюванні ґрунту

Забезпечення безпеки працівників під час виконання вимірювань твердості ґрунту та налаштування машинно-тракторного агрегату (МТА) на заданий діапазон глибини обробітку є ключовим аспектом охорони праці. Це вимагає впровадження організаційних і технічних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків травматизму, запобігання нещасним випадкам і створення безпечних умов праці.

1. Проходження обов'язкового інструктажу з ОП, який включає правила безпечної роботи з вимірювальними приладами, налаштуванням техніки, а також ознайомлення з потенційними небезпеками та заходами їх уникнення.

2. До початку вимірювань та налаштування техніки необхідно розробити план робіт з чіткою послідовністю дії та зон виконання робіт і відповідальних осіб. Особливо важливо виділити зони підвищеної небезпеки під час роботи з машинами і механізмами.

3. Перед початком вимірювань і налаштування МТА необхідно провести огляд території на наявність перешкод або небезпечних умов, таких як неочікувані перепади рельєфу, вологий ґрунт, каміння, що можуть завадити безпечній роботі працівників та техніки.

4. Працівники повинні бути забезпечені відповідним захисним одягом і взуттям, рукавицями, окулярами і касками для захисту від можливих механічних впливів та травм.

5. Для вимірювання твердості ґрунту необхідно використовувати сертифікований пенетрометр, обладнаний засобами передачі даних, що дозволяє зменшити фізичні навантаження на працівників та скоротити їхнє перебування в зоні ризику. Перед початком робіт з вимірювання ґрунту та налаштування МТА необхідно перевірити всі робочі механізми та системи на наявність

несправностей. Особливу увагу слід звертати на технічний стан пенетрометра та машини для уникнення поломок або аварій.

б. У разі сильного вітру, або другої негоди, роботи повинні бути призупинені для запобігання травмуванню працівників та пошкодженню обладнання. Працівники мають бути оснащені водонепроникним одягом у разі роботи на відкритій місцевості за дощової погоди.

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

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

Економічну ефективність впровадження технології диференційованого обробітку ґрунту розглянемо, зокрема, на прикладі використання машинно-тракторного агрегату Case IH MX 310 в комбінації з Ecolo-Tiger-530.

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 :

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

де $Q_p T_p; Q_x T_x; Q_n T_n; Q_z T_z$ – витрати палива (кг/год) і витрати часу (год) протягом зміни відповідно до основної роботи, при холостих поворотах, переїздах 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 про- водитиметься обробіток на глибину 50 см складає 9,5% від загальної.

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

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

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:

$$E_{еп} = Q^{град} - Q^{диф} = (22 - 15,4) \cdot 29,0 \cdot 50,04 \text{ га} = 9577,6 \text{ грн} \quad (5.2)$$

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:

$$C_{итт} = C_t + C_m + C_{пмм} + C_{зп} \quad (5.3)$$

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

$C_{пмм}$ - вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{зп}$ - оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га.

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

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{za}}{100 \cdot G_n^{pik}} + \frac{\sum C_m'' \cdot g_{za}}{1000} \right] \cdot K_i \quad (5.4)$$

де B_m Чарм - 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%;

eC - 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 , $g_{год}$ - нормативне річне завантаження палива (кг). 2910 л використаного пального;

K - коефіцієнт індексації цін, який враховує інфляцію. Так як ціни приймаємо реальні, то K_i 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:

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

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{пмм} = Ц_k \cdot G_{год} \quad (5.5)$$

де $Ц_k$ - комплексна ціна дизельного пального, грн.

$$C_{пмм} = 52.5 \times 22 = 1155 \text{ грн/га}$$

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

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

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

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

K_3 - коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_3=1$, так як розрахунки беремо на поточний час.

Оплата праці механізаторів, що працюють на серійному орному агрегаті:

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

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

$$C_{сгм} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^m \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{то}}{W_{зм}} \right] \cdot 1 \quad (5.7)$$

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

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

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

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

$$K_p = \frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{за}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{B_m \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} \quad (5.8)$$

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

Приведені витрати:

$$П_v^p = C_{пит} + E \cdot K = 1299.32 + 0.15 \cdot 268.62 = 13396.13 \text{ грн/га}$$

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 ґрунту.

Експлуатаційні витрати на даному виді робіт складуть для трактора :

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

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{\text{ПММ}} = 52,5 \times 15,5 = 813,75 \text{ грн/га}$$

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

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

Експлуатаційні витрати агрегату знайдемо за формулою:

$$C_{\text{СГМ}} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{\text{ЗМ}}^m \cdot W_{\text{ЗМ}}} + \frac{\sum C_{\text{ТО}}}{W_{\text{ЗМ}}} \right] \cdot 1 = \left[\frac{277000 \cdot 12,5}{100 \cdot 43 \cdot 31} + \frac{215 + 31 + 19}{31} \right] \cdot 1 = 34,52 \text{ грн/га}$$

Тоді, загальні експлуатаційні витрати модернізованого орного агрегату складуть:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{Е}} = 105,94 + 813,75 + 29,41 + 34,52 = 903,62 \text{ грн/га}$$

Величину капітальних вкладень визначимо за формулою (5.8):

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

Приведені витрати на один га при експлуатації МТА на диференційованому обробітку ґрунту:

$$П_{\text{в}}^{\text{р}} = C_{\text{ПМТ}} + \text{Е} \times \text{К} = 813,75 + 0,15 \times 248,44 = 851,02 \text{ грн/га}$$

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

Боронування до появи сходів.

Виконується агрегатом Case ІН МХ 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 нормоз- мін	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				

Продовження табл.5.1

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 паробіток 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 агрегуванні 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 ґрунту, згідно якого агрегат Case IH MX 310 + Ecolo-Tiger-530 виконував основний обробіток ґрунту 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 розуцільнення 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 [Електронний 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-tekhnologii-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. Vasytkovska, S.M. Leshchenko, O.M. Vasytkovskyi, 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. ака". Одеса. 2020. 238 с.

25. Циліорик О. Доцільність і ефективність застосування технологій точного землеробства /Циліорик 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 Engineering, 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.

ДОДАТКИ