

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ  
МЕТОДАМИ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгАІ-2-22 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_Бабай Роман

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олексій ДЕРКАЧ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ЕМТП \_\_\_\_\_.

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ \_\_\_\_\_.

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище,  
ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Роману БАБАЮ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Підвищення показників машиновикористання методами цифрового землеробства»

керівник роботи Олексій ДЕРКАЧ, к.т.н., доцент \_\_\_\_\_.

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_\_

2. **Строк подання студентом роботи** 08.12.2023 р. \_\_\_\_\_.

3. **Вихідні дані до роботи.** Навчальні посібники: «Машиновикористання в землеробстві» (1996 р.), «Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві» (2007 р.), «Digital Farming» (2023 р.), інструкція з використання цифрового твердоміра S600, навчальна, довідкова література з машиновикористання в рослинництві, електронні джерела з телематичних систем (John Deere Operation, JD Link, AFS Connect) , інші джерела за темою дипломної роботи.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз показників машиновикористання в сучасному аграрному

виробництві. 2. Методи і обладнання, що застосовуються в технологіях цифрового землеробства. 3. Розробка карти завдань на диференційований обробіток. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Тема, мета, завдання. 3. Аналіз показників машиновикористання. 4,5. Обладнання та телематичні системи, що використовуються в цифровому землеробстві. 6,7. Розробка карти завдань на диференційований обробіток ґрунту. 8, 9. Розробка технологічної карти на вирощування соняшнику. 10. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 11. Економічне обґрунтування роботи. 12. Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О. Д., доц. каф. ЕМТП		
2	Деркач О. Д., доц. каф. ЕМТП		
3	Деркач О. Д., доц. каф. ЕМТП		
4	Деркач О. Д., доц. каф. ЕМТП		
5	Вініченко І.І., зав. каф. економіки		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 07.05.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 10.06.2023 р.	
2	Теоретичний	до 10.07.2023 р.	
3	Експериментально - розрахунковий	до 27.10.2023 р.	
4	Охорона праці	до 15.11.2023 р.	
5	Економічний	до 24.11.2023 р.	
6	Демонстраційна частина	до 06.12.2023 р.	

Студент  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Роман БАБАЙ

Керівник роботи  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Олексій ДЕРКАЧ.

## Реферат

Бабай Р.Б. Підвищення показників машиновикористання методами цифрового землеробства. ДДАЕУ, 2023 р. – 67 с.

В роботі проаналізовано показники машиновикористання в сучасному аграрному виробництві, функції програм та обладнання для цифрового землеробства. Розраховано ефективність використання телематичних систем. Створено карту задач на проведення диференційованої обробки ґрунту.

Робота включає в себе пояснювальну записку формату А4, виконану на 67 сторінках та слайдів її презентації, створених в програмі Power Point.

Результати дипломної роботи апробовані на Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених **«Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу»**, 1 грудня 2023 року.

Практична складова роботи була представлена у вигляді конкурсної роботи на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт «Галузеве машинобудування», 19 жовтня 2023 р., де зайняла III місце (див. Додатки).

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	8
1.1. Основні відомості.....	8
1.2. Характеристика показників машиновикористання .....	9
1.3. Методи підвищення показників машиновикористання.....	15
1.4. Обґрунтування теми дипломної роботи .....	18
Висновки по розділу .....	18
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ І ОБЛАДНАННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	20
2.1. Основні відомості.....	20
2.2. Основні функції програм і обладнання для цифрового землеробства.....	21
2.3. Основні існуючі телематичні системи різних виробників.....	24
Висновки по розділу.....	34
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	35
3.1. Програма досліджень.....	35
3.2. Розробка технологічної карти на вирощування соняшнику.....	41
Висновки по розділу.....	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ.....	51
4.1. Суть питання з охорони праці.....	51
4.2. Аналіз шкідливих факторів при виконанні диференційованої обробки ґрунту .....	52
4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників.....	53
4.4. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.....	54

Висновки по розділу.....	56
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	57
5.1. Суть економічного ефекту.....	57
5.2. Розрахунок економічної ефективності.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	67

## ВСТУП

Сучасні машино-тракторні парки господарств в переважній більшості мають техніку іноземного виробництва, яка обладнана великою кількістю допоміжного обладнання та різноманітних датчиків, які направлені на полегшення роботи механізатора і покращення якості виконуваного процесу. Проте вони далеко не в повній мірі використовуються на практиці, що призводить до зменшення продуктивності агрегатів, збільшення витрат на виробництво сільськогосподарської продукції, зниження екологічності ведення господарства та ін. Це відбувається через незнання механізаторами функціоналу обладнання та, як правило, через відсутність планування майбутніх робіт з використанням цифрових технологій.

В дипломній роботі буде розглянуто основні показники машиновикористання та методи їх підвищення за допомогою обладнання та програм різних світових виробників, що використовуються в цифровому землеробстві. Розраховано збільшення продуктивності агрегатів та зменшення витрат пального при впровадженні елементів цифрового землеробства.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

### 1.1. Основні відомості

Показники машиновикористання є одними із основних вихідних даних при формуванні машинно-тракторного парку (МТП) агропідприємства. Чим раціональніше обґрунтований склад МТП, тим ефективнішим та прибутковішим буде виробництво. Показники використання МТП мають забезпечувати регламенти машиновикористання – експлуатаційний та технологічний.

До основних показників машиновикористання відносяться: продуктивність машинно-тракторного агрегату (МТА) (кількість виконаного об'єму роботи за одиницю часу), машинозабезпеченість (відношення балансової вартості сільськогосподарських машин, що агрегуються з тракторами, до балансової вартості тракторів), енергозабезпеченість (відношення загальної ефективної потужності машин господарства, до кількості працівників які задіяні в ньому), експлуатаційні витрати (витрати на утримання техніки в справному стані), екологічність МТА (відповідність МТА екологічним нормам при виконанні робіт) та ін. [3].

Експлуатаційний регламент - це правила, що мають забезпечувати максимальне використання техніки, в певних природно-виробничих умовах, та підтримувати її роботоздатність.

Технологічний регламент – це положення про проведення механізованих робіт і визначення необхідної кількості ресурсів для їх виконання в заданий строк з дотриманням вимог. Головними є показники якості виконуваних робіт [1].

Дані регламенти тісно взаємопов'язані між собою, і є досить важливими при веденні сільськогосподарської діяльності.



## 1.2. Характеристика показників машиновикористання

Так як продуктивність, є основним показником в машиновикористанні, адже використовується як при виборі техніки, плануванні робіт, так і при економічному розрахунку, то почнемо характеристику саме з нього.

Продуктивність агрегату – це кількість виконаної, за стандартами якості роботи, за одиницю часу. Обсяги роботи можуть вимірюватися в площі, пройденому шляху, масі і т. ін. Час, зазвичай, береться одна година, проте є випадки коли її недостатньо, або вона є зовеликою, і тоді використовують секунду, хвилину, зміну і т. д.

В залежності від виконуваної роботи, продуктивність може вимірюватися: в одиницях обробленої площі (при сівбі, обробітку ґрунту, внесення добрив і т. ін.), тонах отриманої продукції (збирання врожаю, силосування, навантаження і т. д.), та тонах на кілометр (на транспортних роботах).

Продуктивність машинно-тракторного агрегату в кінцевому варіанті формує загальну продуктивність господарства, яка визначається як кількість зробленої роботи певної якості, за одиницю часу. При цьому, чим якісніше вона буде виконана, тим вищою вважатиметься і продуктивність.

Вирізняють теоретичну і фактичну продуктивність агрегатів, причому перша є максимальною, тобто, ширина захвату та швидкість беруться повними. Фактична ж враховує оптимальне використання ширини захвату, швидкості руху, а якщо в знаменник ставиться вся зміна, то ще і час корисної роботи.

Продуктивність сільськогосподарських агрегатів, зазвичай, визначають за їх шириною захвату, та робочою швидкістю руху, використовуючи формулу:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v, \quad (1.1)$$

де  $B$  – ширина захвату, м;

$v$  – швидкість руху, км/год.

Параметр  $B$  береться з конструктивних даних про знаряддя, а робоча швидкість руху – з агротехнічних вимог до даної операції. Коефіцієнт 0,1 використовується для визначення продуктивності в гектарах за годину (га/год).

Формула (1.1) більше підходить для визначення теоретичного значення продуктивності. Для встановлення фактичної продуктивності машинно-тракторного агрегату (МТА), ми маємо додати ще один параметр, а саме коефіцієнт використання часу зміни  $\tau$  і тоді рівняння матиме вигляд:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau. \quad (1.2)$$

Показник « $\tau$ » знаходиться як відношення робочого часу зміни до повного:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (1.3)$$

де  $T_p$  – робочий час агрегату, год;

$T_{зм}$  – повний час зміни, год.

В свою чергу повний час  $T_{зм}$  складається з багатьох складових і визначається за формулою:

$$T_{зм} = T_p + T_{пз} + T_{пов} + T_{то} + T_{пер} + T_{обс} + T_{воп} + T_{тп} + T_{нм} + T_{он} + T_{пу}, \quad (1.4)$$

де  $T_{пз}$  – час на заключно-підготовчі роботи, що включають в себе витрати на щозмінне ТО агрегату, переїзди на початку і в кінці зміни, та підготовка до них, отримання наряду та здачу роботи;

$T_{пов}$  – час на холості проїзди та розвороти;

$T_{то}$  – тривалість пов'язана з технологічним обслуговуванням агрегату (заправка сівалок, заміна транспортних засобів і т. д.);

$T_{пер}$  – час на можливі переїзди між робочими ділянками;

$T_{обс}$  – тривалість обслуговування агрегату в загінці (перевірка якості виконаної роботи, технологічні регулювання);

$T_{воп}$  – час на відпочинок та особисті потреби робочого персоналу, що виконує роботи;

$T_{тп}$  – затрати часу на усунення технологічних порушень (очищення робочих органів від рослинних мас, які не дають виконувати роботу з дотриманням агротехнічних вимог);

$T_{нм}$  – час на усунення технічних несправностей машин;

$T_{он}$  – час простою через організаційні проблеми;

$T_{пу}$  – час простою через неналежні погодні умови.

Для кращої наочності, на базі формули (1.4) можна зробити схему складових часу робочої зміни МТА (рис. 1.1).

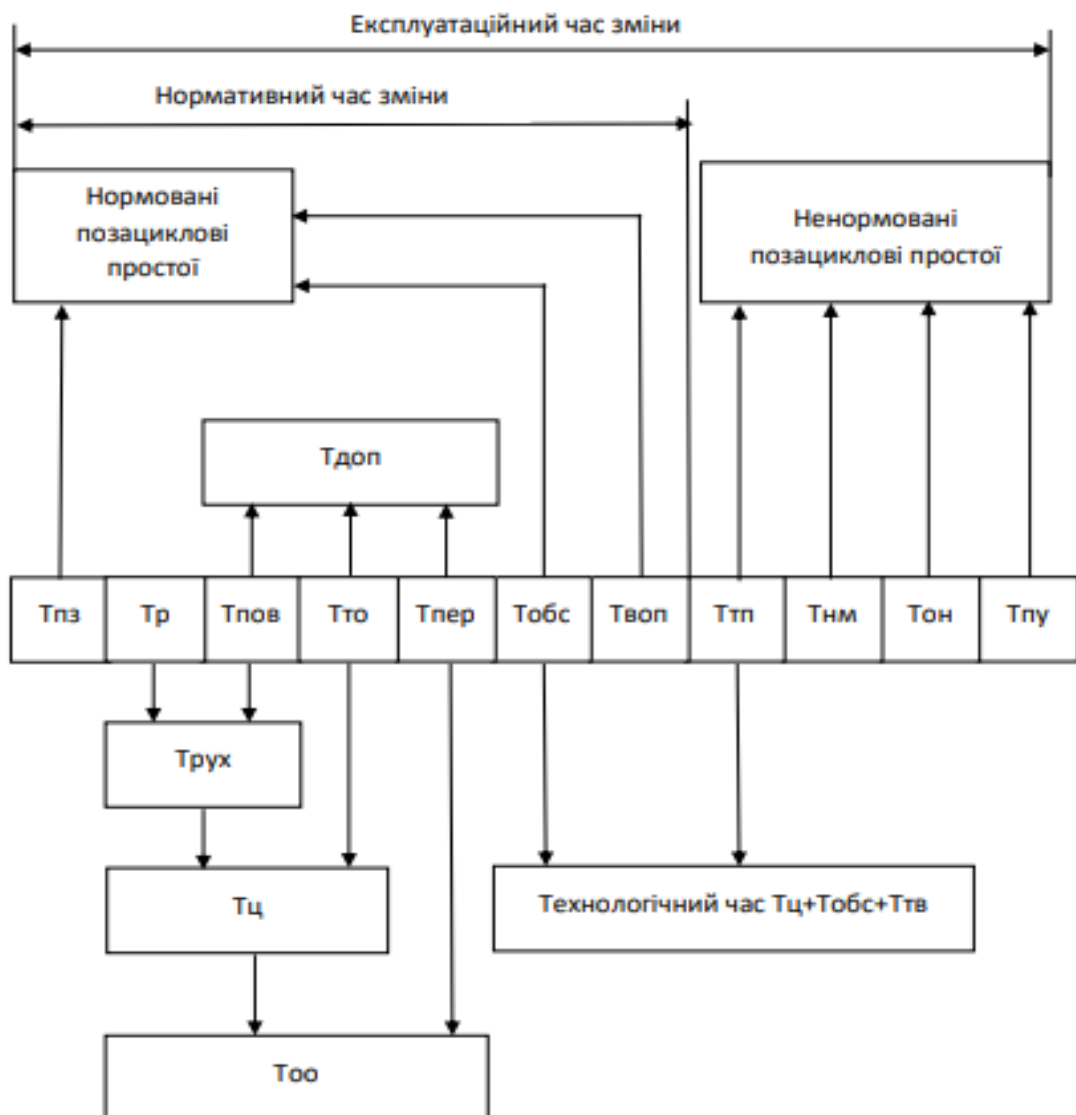


Рис. 1.1. Складові часу зміни.

Наступним показником машиновикористання є експлуатаційні витрати, що показує кількість затрат праці механізатора та допоміжного персоналу, паливно-мастильних матеріалів, механічної енергії, коштів і т. д. Даний показник можна розраховувати як на окрему операцію, так і на загальний процес виробництва. В останньому випадку розмірність обирається як затрати енергії чи грошові на одиницю виробленої продукції.

В цьому показнику широко використовується поняття енерговитрати, що позначає механічну роботу, виконувану машинно-тракторним агрегатом. Вирізняють загальні та питомі енергетичні витрати. У розрахунках зазвичай використовують останні, і визначають їх як кількість затраченої енергії на одиницю площі або іншу виконувану роботу. Через що використовують розмірності  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ ;  $\text{Дж} / \text{га}$ ,  $\text{т}$ ;  $\text{т} \cdot \text{км}$  і т. д.

За режимом роботи енерговитрати розрізняють на:

- робочі;
- холостого ходу та на зупинках;
- загальні за зміну.

За потужністю яка використовується в роботі енергетичні витрати поділяються на:

- тягові;
- приводні;
- ефективні;
- індикаторні;
- повні;
- корисні.

Окрім такої класифікації енерговитрати поділяють ще на фактичні, номінальні та нормативні.

Фактичними називають ті затрати, які присутні в конкретний момент, наприклад під час роботи агрегату на різних режимах в розрахунки приймаються відповідні значення потужності. Так можна визначити витрату палива, продуктивність машино-тракторного агрегату і т. д.

Номінальні – це енерговитрати, які розраховані за номінальною потужністю. Зазвичай, використовуються для розрахунку необхідної кількості енергетичних засобів.

Нормативні енерговитрати – це затрати, що розраховуються за нормативною потужністю, і необхідні при нормуванні виробітку та витрати палива на виконання операції.

Наступним показником машиновикористання який ми розглянемо стане екологічність. Він є досить необхідним при виборі та комплектуванні машинно-тракторних агрегатів.

При визначенні екологічності виробництва для обчислень прийнято використовувати методику енергетичного аналізу технологічних систем з енергетичними одиницями. Для цього в розрахунках приймається, що кожен матеріальний об'єкт має свою кількість сукупної енергії (і своєї, і та яка на нього витрачалась при його виготовленні), а також що всі дії (корисні та шкідливі) можна визначити з витрати повної енергії.

Виходячи з даних умов, для визначення енергоємності фізичних об'єктів використовується така формула:

$$E_i = \alpha_i \cdot M_i, \quad (1.5)$$

де  $E_i$  – кількість сукупної енергії в  $i$ -му матеріальному об'єкті, Дж;

$\alpha_i$  – енергетичний еквівалент одиниці маси чи об'єму  $i$ -го об'єкту, Дж/кг, Дж/л, Дж/м<sup>3</sup>;

$M_i$  – кількісна характеристика об'єкта, кг, л, м<sup>3</sup>. [1]

В розрізі ресурсомісткості технологій одним з основних пунктів є витрата технологічних матеріалів (насіння, пестициди, добрива), енергетичний еквівалент яких є досить високим. При нераціональному їх використанні загальна енергоємність виробництва аграрної продукції значно зростає.

У сільському господарстві земля відіграє одну з ключових ролей при виробництві продукції, тому збереження і покращення її корисних властивостей є першочерговою задачею для аграріїв. Проте насправді, це не те що не завжди

вдається, а в більшості випадків своєю діяльністю люди погіршують стан ґрунтів. Так, наприклад, академік Г. Ковди визначив, що при одному і подвійному проходах машино-тракторного агрегату по поверхні поля, зменшує проникність вологи у ґрунт (в коліях) в більш як 50 разів. При цьому урожайність знижується на 8...25% [1]. Тому дотримання екологічних показників напряду впливає на кількість та якість вирощуваної сільськогосподарської продукції.

Показники якості роботи мають забезпечувати дотримання технологічного регламенту машиновикористання. Це досягається дотриманням агротехнічних вимог на виконання технологічних операцій.

Для кожної виконуваної операції існують свої положення та правила проведення із заборонами та похибками. Так, наприклад, для одних операцій перекриття можливе (ґрунтообробні операції, розкидання добрив, збирання і т. д.), для інших є недопустимим (обприскування). Для одних операцій погодні умови не мають великої важливості (протруювання), а для інших є суттєвим фактором (підбирання сіна).

Також агротехнічні вимоги можуть залежати не тільки від виконуваної операції, а й від інших чинників. Так при сівбі насіння кукурудзи відхилення глибини висіву на 10 мм є допустимим, що для бурякового є неприйнятним[2].

Оцінювання якості технологічних операцій проводиться визначенням коефіцієнту дотримання встановлених нормативів якості та своєчасності робіт  $k_{я}$ . Він визначається за формулою:

$$k_{я} = k_{св} \cdot \sum_1^n \lambda_i \cdot p_i, \quad (1.6)$$

де  $k_{св}$  – коефіцієнт своєчасності робіт;

$\lambda_i$  – вагомість і-го нормативного показника;

$p_i$  – імовірність дотримання нормативних значень і-го показника. [1]

Вагомість кожного з показників якості варіюється в різних межах і здебільшого залежить від особливостей сортової техніки, зональних умов та іншого. Зазвичай коефіцієнти вагомості визначаються або експертним методом, або спираючись на спеціальні дослідження.

### **1.3. Методи підвищення показників машиновикористання**

Так як показники машиновикористання взаємопов'язані між собою, то покращуючи один з них, можна підвищити і інший, або ж навпаки знизити його. Для їх підвищення використовують:

- телематичні системи та програми;
- автономні платформи та літальні апарати для збору необхідної інформації;
- заходи, направлені на зменшення тиску на ґрунт;
- диференційний обробіток, висів та внесення пестицидів і добрив.

Розглянемо кожен з цих пунктів нижче.

Телематичні системи, використовувані в сільському господарстві, направлені на підвищення продуктивності МТА. Їх принцип полягає в передачі даних про стан техніки, її місцезнаходження, та керування нею на відстані. Це дає досить великі можливості:

1) діагностика машин на відстані, що економить час на виправлення несправностей чи ремонт (виникнення помилок під час роботи трактора, і сервісний інженер може їх або виправити дистанційно, або зрозуміти причину їх виникнення та підготуватися до виїзду на її ремонт). Такими платформами є JD Operations Center від корпорації John Deere, Claas Telematics компанії Claas та інші;

2) контроль місцезнаходження техніки, основних показників та режимів її роботи, для корегування здійснюваних операцій на відстані та прискорення їх виконання (можливість коригування перевезення врожаю з поля, для зменшення простоїв техніки);

3) програмування робіт, які можуть виконуватись в автоматичному режимі, для зменшення навантаження на механізатора та збільшення точності дотримання агротехнічних вимог (створення карти робіт на полі, за якими МТА буде рухатись автоматично, з мінімальними перекриттями та на макси-

мально допустимих технологічних швидкостях). Таку функцію мають телематичні системи від корпорації CNH – AFS (Case IH), PLM Connect (New Holland), раніше згадана JD Operations Centre та ін.

Використання автономних платформ значно підвищує показники машинвикористання, адже з процесу роботи випадають негативні фактори пов'язані з людиною. Так, підвищується змінна продуктивність за рахунок відсутності затрат часу на фізіологічні потреби механізатора, використання техніки може бути цілодобовим, з боку людини необхідне лише завантаження технологічного матеріалу.

Щодо використання літальних апаратів, то вони також можуть виконувати певні технологічні операції (наприклад обприскування), але в більшості випадків вони використовуються для збору інформації про поле. Такими даними можуть бути забур'яненість полів, рівень вегетації рослин, їх захворюваність і т. д. це значно економить час, адже агроному не потрібно обходити чи об'їжджати все поле, а достатньо з висоти оглянути його, виокремити певні "цікаві" ділянки та приділити увагу саме їм.

Наступним методом є зменшення тиску рушіїв машинно-тракторного агрегату на ґрунт. В першу чергу він підвищує екологічність ведення сільськогосподарської діяльності, адже переущільнення несе досить велику пагубну дію на стан ґрунтів, веде до їх деградації. Так колісні трактори чинять тиск на ґрунт в межах 1,2 ... 2,65 кг/см<sup>2</sup>, а гусеничні значно менший – 0,3 ... 0,6 кг/см<sup>2</sup>, при допустимому до 1 кг/см<sup>2</sup>.

Одним з методів зменшення тиску сільськогосподарських агрегатів на поверхню землі є збільшення площі контакту рушіїв техніки з ґрунтом. Це можна зробити декількома способами використовуючи:

- здвоєні колеса;
- шини низького тиску;
- гусеничні або напівгусеничні рушії.



У першого методу основними перевагами є простота переобладнання та явне зменшення тиску. Проте недоліками є збільшення матеріалоемності конструкції та габаритних розмірів, а при здвоєнні передніх коліс виникають додаткові навантаження на рульовий механізм та трансмісію трактора.

Використання шин низького тиску не має тих недоліків, що попередній варіант, проте дане рішення має менший ефект на зменшення тиску на поверхню землі.

Останній метод є найбільш ефективним, адже гусенична техніка створює вдвічі менший тиск на ґрунт ніж аналогічна колісна, проте вона є дорожчою, а сучасні гумові гусениці не призначені для експлуатації на дорогах з покращеним покриттям, і швидко зношуються при їзді по них.

Диференційне проведення сільськогосподарських робіт є високоефективним методом підвищення показників машиновикористання.

Так обробіток ґрунту на різну глибину підвищує продуктивність агрегату, а також зменшує питому витрату палива на виконання даної операції. Це досягається обробкою верхнього шару ґрунту в місцях де він не є переущільненим, та заглибленням робочих органів там, де необхідне глибше рихлення. Такими агрегатами можуть бути Case IH MX310 + Ecolo-Tiger 530 з використанням індуктивного датчика TopSoil Mapper, або ж John Deere 8340RT + GRS 5 з заданою картою глибини обробітку.

Диференційний висів зменшує норму витрати посівного матеріалу в місцях де потенціал для росту рослин є низьким, і навпаки. Це дає можливість повноцінного забезпечення рослин необхідними елементами для їх якнайкращого розвитку. Таку ж функцію несе і диференційне внесення добрив.

Роздільне внесення пестицидів направлене на покращення екологічної та фінансової складових, адже точкове їх використання зменшує шкідливий вплив на навколишнє середовище, а також знижує витрати на хімікати.

При диференційному виконанні робіт, необхідно заздалегідь створити задачі на їх виконання або використовувати спеціальні датчики, які в режимі

реального часу будуть аналізувати стан необхідних факторів і автоматично виставляти параметри виконання.

#### **1.4. Обґрунтування теми дипломної роботи**

Суттєво підвищити показники машиновикористання традиційними способами вже не вдається. Бо конструктивні способи підвищення ефективності функціонування МТА фактично вичерпані. Наприклад, потужність і пропускна здатність комбайнів ми ще можемо збільшувати (це технологічні способи), але збільшити ширину жаток до 20...25 м для оптимального завантаження молотарки уже неможливо – бо вона фізично деформується. Тому, варто застосувати сучасні методи із застосуванням цифрових методів контролю і управління. Те ж стосується і до ширини захвату ґрунтообробних агрегатів або самохідних і причіпних обприскувачів.

Тому, метою роботи є підвищення ефективності використання МТА шляхом впровадження диференційованих технологічних заходів на основі цифрових платформ.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- навести аналіз сучасних цифрових платформ, їх переваги та недоліки або обмеження;
- інтегрувати обґрунтовану (обрану) цифрову платформу в технологію вирощування однієї культури і розрахувати показники МТА;
- розробити заходи з охорони праці при використанні техніки в цифровому землеробстві;
- навести економічне обґрунтування роботи.

#### **Висновки по розділу**

У даному розділі було з'ясовано основні показники машиновикористання, а саме продуктивність, екологічність, експлуатаційні витрати та якість виконуваних робіт, і коротко та інформативно описано їх.

Визначено методи підвищення раніше згаданих показників. Описано принципи їх роботи, переваги та недоліки, приклади використання. До даних методів відносяться: телематичні системи та програми; автономні платформи та літальні апарати; зменшення тиску на ґрунт; диференційне проведення робіт.

Визначено, що однією з причин втрати урожайності (до -25%) є переущільнення ґрунтів. Так при нормі тиску 1 кг/см<sup>2</sup>, сучасні колісні трактори, наприклад John Deere 8310R перевищує дану норму в 1,6 разів, а зернозбиральний комбайн Claas Tukano 480 з заповненим бункером пшениці більш як у 2,63 разів.

Втрати продуктивності при невикористанні телематичних систем складають 4...6% за рахунок збільшених перекриттів, та до 10% втрат через недотримання раціональних швидкостей і втомлюваності механізатора.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ І ОБЛАДНАННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

#### 2.1. Основні відомості

В сучасному аграрному секторі використовується високопродуктивна техніка, і абсолютна більшість з якої є іноземною. Так, багато фермерів купуючи її, з допомогою маркетологів, або без такої, замовляють дорогі додаткові функції та обладнання, що можуть застосовуватися в цифровому землеробстві. Проте на практиці, не розібравшись з ними, їх використовують не ефективно, або не роблять цього взагалі. Припускаються помилок як власники підприємств та інженери, так і механізатори. Як правило, в розумінні більшої кількості агровиробників поняття «точне землеробство» полягає до використання таких функцій, як створення ліній паралельного водіння (а це, до речі, на сучасній сільськогосподарській техніці може виконуватись повністю автоматично, у тому числі з підкеруваннями та розворотами), контроль обробленої площі, кількість витраченого пального на 1 га і т.д. Насправді ж, точне, а тим паче цифрове землеробство охоплює уже всі види діяльності агропідприємства – від бухгалтерського та техніко-технологічного обліку використання техніки, до створення карт врожайності полів, карт припису (карт-завдання), до більш дрібних операцій в технологіях, як от вимкнення посівних чи обприскувальних секцій для попередження перекриттів, диференційоване внесення добрив, посівмату, засобів захисту рослин і т. д.

Тому для підвищення показників машиновикористання необхідно комплексно впроваджувати цифрові технології в агропідприємства нашої країни, адже використання створених різними виробниками цифровізації технологій дозволить збільшити прибутковість агровиробництва. Особливо це актуально зараз, під час війни, коли існує дійсна загроза продовольчої безпеки країни.

## **2.2. Основні функції програм і обладнання для цифрового землеробства.**

Однією з основних і початкових функцій обладнання для цифрового землеробства є збір та аналіз даних. До них можна віднести інформацію про площу земельного банку, конфігурацію полів, поточну врожайність культури, твердість ґрунтів, їх склад (вологість, кількість макро- та мікроелементів, необхідних для росту та розвитку рослин) і т. ін.

Для збору даних врожайності використовуються однойменні датчики. Вони зазвичай встановлені, на сучасних комбайнах, у зернових елеваторах. Дані датчики можуть бути двох типів – механічні та оптичні. Перші визначають силу потоку зерна, яке вдаряється в чутливий елемент при русі в бункер. Такими датчиками обладнують комбайни більшості компаній світу (John Deere, Case, Massey Ferguson та ін.). Другий же, визначає кількість зерна на лопатях шнека спеціальними світлочутливими сенсорами. Знаючи його об'єм та вологість визначається маса. Дана технологія використовується в комбайнах фірми Claas.

Твердість ґрунту вимірюється пенетрометром. Їх також існує два види, це механічний та електронний. Проте не зважаючи на дешевизну, простоту та надійність першого, він не забезпечить високу точність і зручність в обробці даних як другий.

Так до представників цифрових пенетрометрів можна віднести твердомір Skok Agro S600 (рис. 2.1) вітчизняного виробництва. Він складається з: вимірювального блоку, щупу для з'єднання з тензодатчиком, вимірювального щупу, наконечника (1/2 для звичайних ґрунтів та 3/4 для перезвожених чи піщаних) і пластини для визначення глибини занурення щупа. Також пенетрометр обладнаний модулями GPS та GSM, для дистанційної передачі даних про точку (її місцезнаходження та показники твердості на певній глибині), в якій проводився дослід. Це дає можливість швидко та зручно отримувати інформацію про поле, не залежно від вашого місцезнаходження. [4]



Рис. 2.1. Загальний вигляд цифрового пенетрометра Skok Agro S600.

При визначенні вмісту макро- та мікроелементів у ґрунті відбираються його зразки, і в подальшому, методами хімічного аналізу отримуємо необхідні нам дані. Зараз існують як мобільні станції, які, за відносно невеликий проміжок часу, нададуть цікаву для нас інформацію. Проте, зазвичай, вони можуть визначити лише вміст окремих елементів. Для більш широкого та точнішого аналізу зразки ґрунту доправляють у спеціальні лабораторії, де і проводяться подальші дослідження.

Так-як, цифрове землеробство можливе лише з використанням комп'ютерної техніки, то необхідні й програми в яких можливо опрацьовувати зібрану інформацію. Проте їх можливості не закінчуються на обробці та зберіганні даних, використовуючи їх також можливо планувати проведення робіт та технічного обслуговування машин, створювати задачі на технологічні операції, відстежувати місцезнаходження та параметри техніки господарства, розраховувати витрати і тому подібне. Далі розглянемо ці функції детальніше.

Базовою функцією усіх програм для цифрового землеробства є зберігання необхідної інформації, адже дана технологія ведення агро-бізнесу направлена на довгострокову перспективу. Так, не раніше ніж на третій рік її використання, можна отримати відчутний економічний ефект від впровадження, адже до цього часу збирається необхідна база даних про стан полів.

Наступною важливою функцією є обробка та візуалізація отриманих даних. Так, отримана раніше інформація збирається і конвертується в таблиці або ж карти, в залежності від необхідності. Наприклад для бухгалтера більш простішою та корисною буде інформація в табличному форматі. А для інженера чи агронома, показовішими будуть карти полів, які надаватимуть необхідні дані на конкретній ділянці поля.

Карти полів можуть бути різними в залежності від інформації яку вони надують. Так розрізняють карти врожайності, твердості ґрунтів, вмісту макро- та мікроелементів, рівня вегетації рослин, витрати пального, вологозабезпеченості та інші.

Наступною можливістю програм для ведення цифрового землеробства є планування робіт. Так можна обирати строки проведення тих, чи інших операцій при вирощуванні культур, або ж запланувати ремонт чи технічне обслуговування техніки господарства. Це дає змогу бачити, які машини є задіяними в тому чи іншому процесі, а які ні, адже при спробі «зайняти» агрегат різними задачами програма повідоме вас, що ця техніка вже приймає участь в іншому завданні.

Функцію створення задач на технологічні операції, має далеко не кожна програма з цифрового землеробства. До тих, в яких вона є відносяться JD Operation Center, PLM, AFS. Дана функція надає можливість повного або напівавтономного виконання технологічних операцій, або ж диференційний обробіток ґрунту, внесення добрив, пестицидів чи висів. Користь даної функції полягає в економії задіяних ресурсів та збільшенні продуктивності техніки за рахунок зменшення долі людського фактору при виконанні робіт.

Можливість відстеження параметрів та місцезнаходження техніки є однією з найкорисніших функцій. Так виробники агротехніки, можуть бачити необхідні їм дані, і аналізувати робочий процес, для його оптимізації, попереджувати власників про можливі несправності чи настання часу ТО, можливе

дистанційне вирішення проблем з технікою, і таке інше. Для власника чи головного інженера господарства, ці функції також є не менш корисними, адже, наприклад, можна покращити логістичну складову при зборі врожаю, маючи дані про заповненість бункера комбайну, та місцезнаходження автомобілів, що перевозять зерно. Дана функція, як і попередня, є лише у програмах великих компаній з виробництва сільськогосподарської техніки, що є однією з їх переваг.

На відміну від попередніх двох, можливість розрахунку витрат є однією з базових функцій програм для цифрового землеробства, адже вона є доволі простою в реалізації, а її користь при плануванні бюджету господарства, розрахунку витрат та надходжень важко переоцінити. Так аграрії можуть доволі легко прорахувати найменшу ціну реалізації продукції при якій виробництво буде не збитковим, чи проглянути найбільш затратні пункти при вирощуванні і т. д.

### **2.3. Основні існуючі телематичні системи різних виробників**

Для початку розглянемо, що таке телематика.

Телематика – це технологія передачі інформації на відстані. Вона використовується в багатьох сферах сьогодення, і агробізнес не є виключенням. В сільському господарстві телематика використовується для здешевлення виготовлення продукції шляхом підвищення продуктивності техніки, зменшення затрат на її обслуговування, більш раціонального використання ресурсів і таке інше.

Більшість сучасних «аграрних» телематичних систем, закономірно належать великим корпораціям з виробництва сільсько-господарської техніки. До них належать John Deere (JD Operations Center), Claas (Claas Telematics), CNH (AFS, PLM Connect). Проте також існують системи, творці яких не є виробниками сільсько-господарських машин – Cropwise, SMS, вітчизняна Skok Agro та ін. Далі розглянемо деякі з них детальніше.



## John Deere Operations Center.

Дана телематична система забезпечує виконання таких функцій:

- контроль технічного стану машин господарства та їх місцезнаходження (рис. 2.2). Це дає змогу власнику та/чи головному інженеру господарства в режимі онлайн перевіряти розташування та маршрут руху техніки, основні її технічні показники (рівень пального в бакові, температура охолоджуючої рідини, можливі помилки системи і т. д.). До того ж, ці дані може бачити офіційний дилер, і у разі виникнення несправності він може дистанційно порекомендувати як її виправити, чи, наприклад, нагадати про проведення наступного технічного обслуговування;

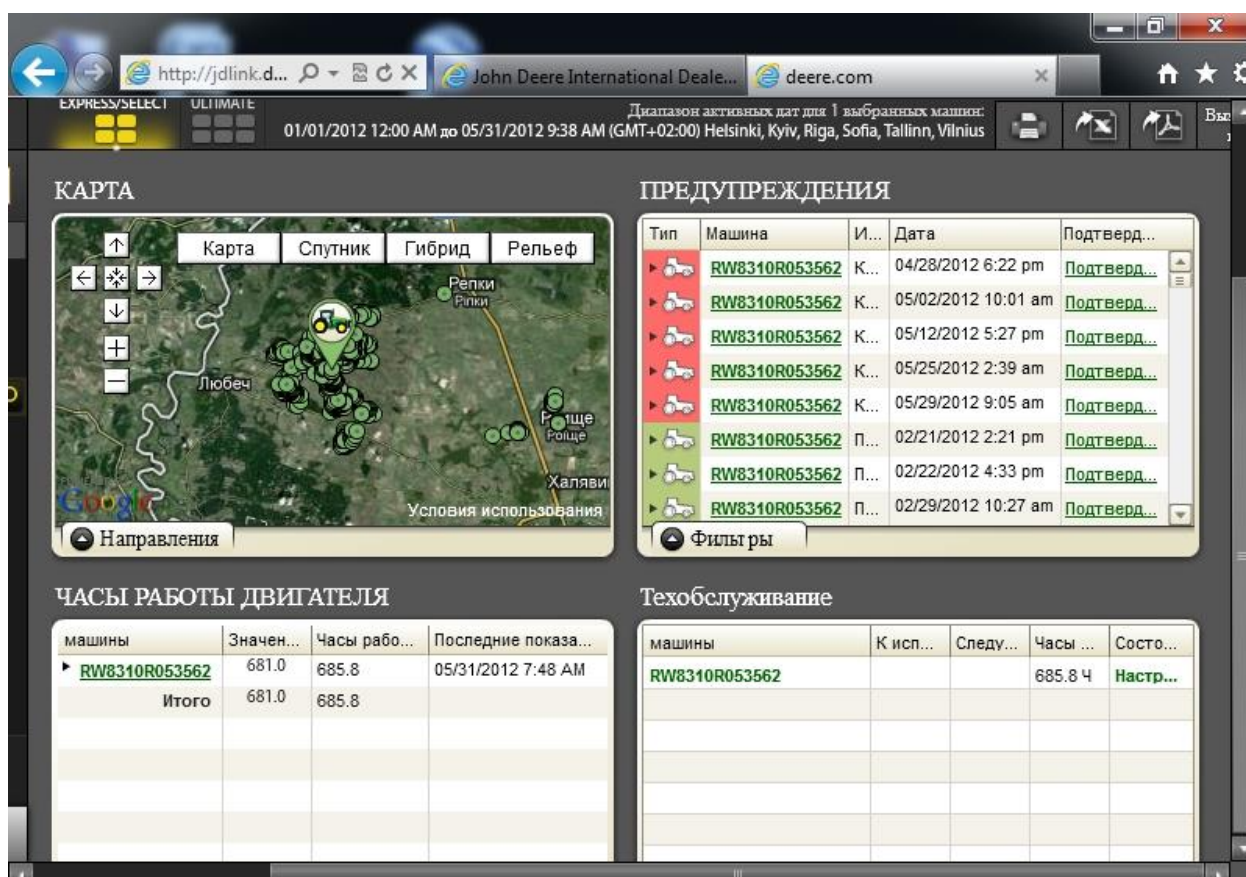


Рис. 2.2. Місцерозташування техніки господарства в програмі JD Link.

- моніторинг процесу виконання роботи технікою, параметри виконання роботи (час простою агрегату, швидкість руху, ширина перекриттів, кількість виконаної роботи і таке інше);

- автоматичне виконання робіт агрегатом за допомогою підсистеми AutoTrac. Так механізатор може виконувати або лише розворити техніки при проведенні операцій, або тільки спостерігати за процесом, контролюючи його виконання;
- створення карт полів та відображення проведених на них робіт. Так в програмному забезпеченні JD Operations Center можна створювати або завантажувати карти полів господарства, а при проведенні робіт, колір поля буде змінюватись в залежності від виду останньої роботи. Також, якщо якась операція не була завершена, то це також буде відображено в програмі;
- створення карт завдань на проведення робіт (рис. 2.3). Використовуючи дане програмне забезпечення можна створювати задачі на виконання робіт, до того ж є велика кількість параметрів для регулювання виконання операцій;

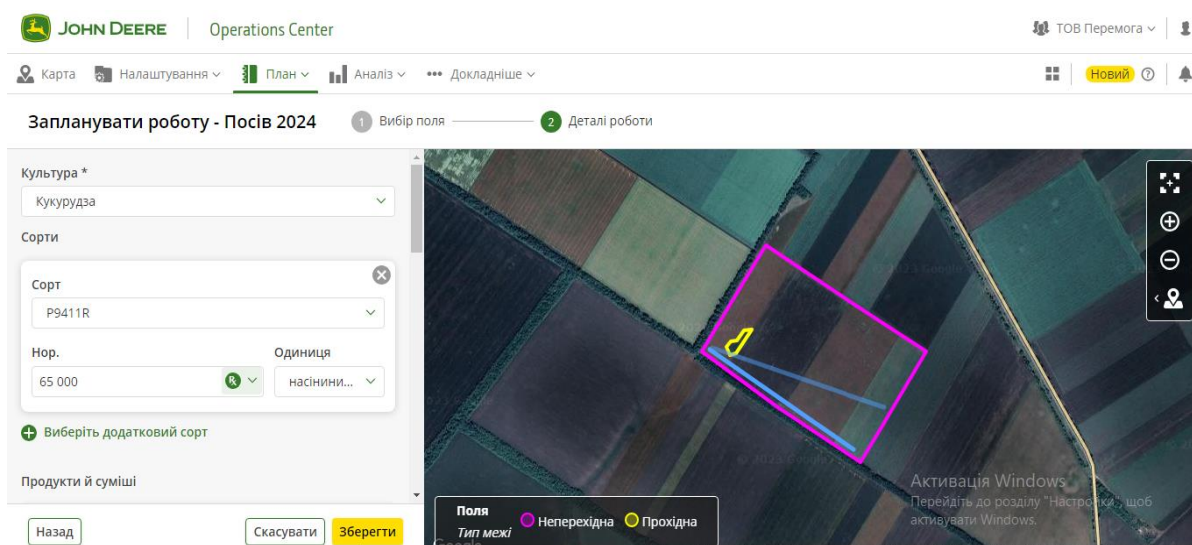


Рис. 2.3. Вигляд меню налаштування планування робіт в програмі JD Operations Centre.

- бездротова передача даних з комп'ютера, чи іншого мобільного пристрою, на монітор агрегату, і навпаки. Це дає змогу значно економити час на підготовку до виконання операцій, до того ж спрощуючи її;
- перегляд архіву даних за минулі роки. Це дає змогу проводити аналіз інформації для одержання висновків та подальшого обґрунтованого проведення тих чи інших робіт.

До того ж, JD Operations Center підтримує стандарти ISOBUS, що дає змогу використовувати техніку не лише даного бренду [5].

### *Advanced Farming System (AFS).*

AFS є телематичною системою від компанії Case IH. Вона є досить простою та зрозумілою, хоча й інтерфейс є більш класичним ніж в попередньо розглянутої системи (рис. 2.4.).



Рис. 2.4. Загальний вигляд інтерфейсу системи AFS.

Також на відміну від JD Operations Center, дана програма встановлюється на персональний комп'ютер (немає її веб-версії), і при налаштуванні необхідно придбати ключ для входу в систему.

Перевагою AFS є можливість ведення грошового обліку господарства. Для цього при використанні посівних, паливо-мастильних матеріалів, добрив, хімікатів чи іншого вноситься їх вартість (рис.2.5), і при плануванні операції, обираючи норму витрати, розраховуються затрати на них. За таким же принципом вираховуються доходи. Все це дає змогу прораховувати маржинальність вирощуваних культур, і використовується при плануванні посівної кампанії на наступний рік.

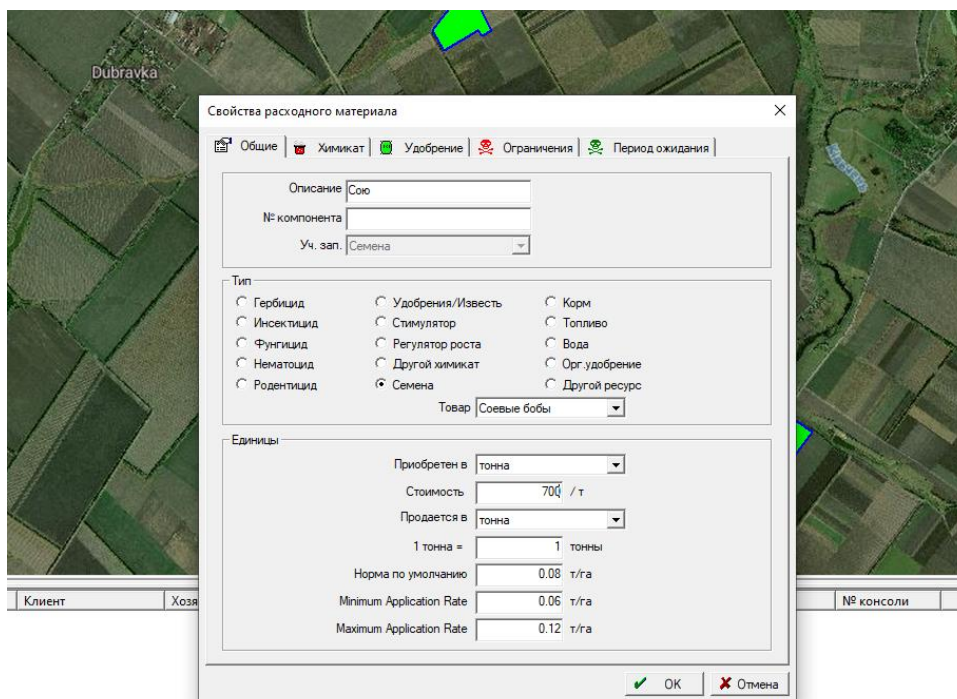


Рис. 2.5. Внесення даних про витратні матеріали в системі AFS.

Як і в попередній, у AFS вноситься дані про техніку господарства (може бути різних виробників), межі та карти полів, робітники, що працюють в ньому і таке інше.

Для впровадження телематичної системи у власні продукти, Case IH користується обладнанням та послугами компанії Trimble. Дана фірма надає монітори, антени зв'язку, приймачі, кабелі та ін. Недоліком такого рішення є те, що для контролю різних параметрів необхідні різні монітори. До того ж, деякі з показників (зазвичай якісь загальні, як от кількість обертів колінчатого валу двигуна, чи швидкість руху агрегату і т. д.) можуть повторюватися на кожному з них, що негативно впливає на їх інформативну спроможність.

### *Claas Telematics.*

Телематична система німецької компанії більше спрямована на покращення логістики господарства, зменшення часу простоїв техніки, та збільшення її продуктивності.

Дана система розроблялась для збільшення продуктивності комбайнів під час збору врожаїв, за рахунок зменшення часу очікування на розвантаження бункера. В подальшому, вона отримувала все більше функцій, які ми

можемо бачити зараз. Їх кількість регулюється ліцензією, яку необхідно оформити перед використанням даного програмного забезпечення.

Початкові можливості надає ліцензія Telematics basic що надає доступ до:

- створення парку господарства та його огляду (в тому числі і з мобільного додатку);
- отримання поточної інформації про місцезнаходження та переміщення техніки, її основних показників, етап виконання робіт;
- перегляду поля;
- можливості офіційного дилера на відстані діагностувати техніку;
- усіх хронологічних даних.

Наступною є версія Telematics advanced, яка робить можливим:

- створення звітів для детального аналізу використання техніки за робочий день (рис. 2.6);
- проведення оптимізації робочих процесів;
- перегляд аварійних, сервісних та службових повідомлень;
- огляд робочих завдань та їх деталей.

<input type="checkbox"/>	Ідентифікатор	Початок роботи	Культура	Діяльність	Підприємство	Машина	Локація	Тривалість	Статус	Подробиці
<input checked="" type="checkbox"/>	AM-794822 автоматично	08.11.2015, 08:56:24	Яровий ячмінь	Косіння і обмолочування	Ed Dolling Farm	Dolling - C8600507, Dolling - C8600511	Hortons	12:46 h		<a href="#">Подробиці</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	AM-784743 автоматично	08.11.2015, 15:36:42	Яровий ячмінь	Косіння і обмолочування	Ed Dolling Farm	Dolling - C8600507, Dolling - C8600511	EDS	69:52 h		<a href="#">Подробиці</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	AM-785583 автоматично	09.11.2015, 17:30:57	Яровий ячмінь	Косіння і обмолочування	Ed Dolling Farm	Dolling - C8600507, Dolling - C8600511	LANKS	70:14 h		<a href="#">Подробиці</a>
<input type="checkbox"/>	AM-811569 автоматично	10.11.2015, 19:12:45	Яровий ячмінь	Косіння і обмолочування	Ed Dolling Farm	Dolling - C8600507, Dolling - C8600511	Joe's West House	38:09 h		<a href="#">Подробиці</a>
<input type="checkbox"/>	AM-786541 автоматично	10.11.2015, 19:14:41	Яровий ячмінь	Косіння і обмолочування	Ed Dolling Farm	Dolling - C8600507, Dolling - C8600511	Joe's East House	49:24 h		<a href="#">Подробиці</a>

Рис. 2.6. Пункт "Документація" та створення звітів в системі Claas Telematics.

Підписка Telematics professional необхідна для:

- оцінки продуктивності техніки та налаштування її параметрів роботи;
- проведення прямих порівнянь та різноманітних видів аналізу;
- отримання звітів кампанії про кожен тип машин.[7].

Кожна наступна версія Claas Telematics включає функції попередньої, тому і ціна їх також підвищується разом з можливостями.

#### *Cropwise.*

Телематична система Cropwise від компанії Syngenta, як і попередня, є більш вузьконаправленою, а саме на агрономічний напрямок. Таким чином вона надає функції з:

- показу рівня індексу вегетації рослин на полі;
- зберігання даних про стан ґрунтів (вологість, вміст макро- та мікроелементів, температура і таке інше);
- прогнозування врожаю та визначення причин його втрат;
- планування сівозмін;
- збереження та обробіток даних з безпілотників, супутникових систем, метеостанцій і різноманітних датчиків.

Щодо телематичних функцій, то вони є розповсюдженими і в інших подібних системах, і включають можливості:

- складання погодинних планів на проведення робіт для кожної окремої машини;
- перегляд показників виконання робіт, та сповіщення про порушення режимів їх проведення (якщо допустимі значення показників були вказані) в режимі онлайн;
- збереження даних про виконувану роботу;
- налаштування датчиків для збору інформації окремо один від одного, для більш точних отриманих даних. [8].

Як можна побачити з можливостей даної системи, для ефективнішого впровадження цифрового землеробства краще використовувати її в парі з іншими попередньо розглянутими програмами. Так, наприклад, підприємство Агро КМР використовує систему Cropwise разом з AFS, що дає досить гарні

результати при веденні господарської діяльності. Наприклад, дана система дозволяє в режимі реального часу моніторити виробничу діяльність господарства (рис. 2.7).

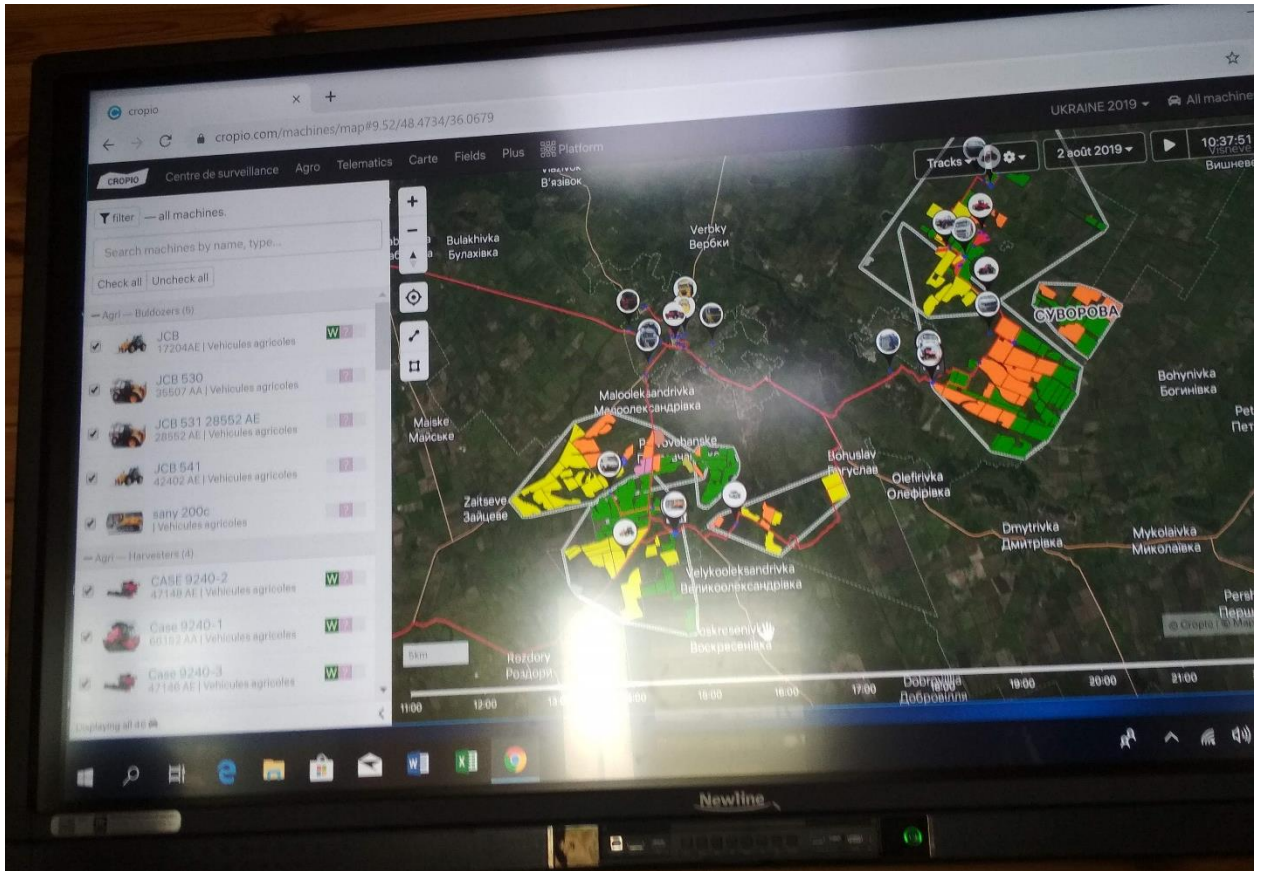


Рис. 2.7. Приклад виробничої ситуації, що моніториться системою Cropwise в ТОВ «Агро КМР».

Поточний моніторинг виробничої ситуації дозволяє підвищити коефіцієнт використання техніки  $\tau$  протягом зміни. Таким чином, один із показників машиновикористання – продуктивність МТА – буде мати більші значення, ніж за традиційного використання.

Таблиця 2.1 – Орієнтовні значення коефіцієнта ширини захвату  $k$

Технологічна операція	Значення $k$	
	Традиційне землеробство	Цифрове землеробство
Збирання врожаю	0,96	0,99
Ранньовесняне боронування	0,95	0,99

Дані щодо значення  $\tau$  за цифрового землеробства, наведені в табл. 2.1, отримані емпіричним шляхом. Всі дані, отримані з бортових комп'ютерів техніки, надходять на сервер, звідки контролюються відповідним різноманітним обладнанням (рис.2.8).



Рис. 2.8. Робоче місце агроінженера з цифрових технологій в ТОВ «Агро КМР».

### *Skok Agro.*

Дана система має найвужчу специфіку з попередньо згаданих, адже втілена лише у веб-версії та слугує для отримання, зберігання та перегляду даних з твердості ґрунтів. Ці дані отримуються за допомогою вимірів пенетрометра даної фірми – Skok Agro S600.

Даний пенетрометр дає можливість виміру твердості ґрунту на глибину до 60 см з визначенням даних через кожен сантиметр глибини. Після проведення замірів, інформація з приладу відправляється на сервер компанії за до-



помогою GSM антени. [4]. Зібрані дані складаються з точного місцезнаходження точки виміру та значення тиску з яким стержень пенетрометра проходив крізь ґрунт.

В подальшому ця інформація в системі Skok Agro конвертується в карти твердості ґрунтів (рис. 2.8). Вони можуть показувати значення твердості з усього поля з цікавлячою нас глибини, в межах вимірів, або ж окремої точки, в якій проводився дослід. При огляді такої точки можна побачити графік залежності твердості ґрунту від глибини. В подальшому, це дає можливість проаналізувати правильність проведених на полі операцій та визначення наступних.



а)



б)

Рис. 2.8. Карти твердості ґрунтів в Skok Agro: а) всього поля на глибині 30 см; б) в окремій точці в діапазоні глибини 0...60 см.

Всі зібрані дані можна експортувати з програмного сайту в форматі Shape, який зчитується більшістю систем цифрового землеробства, для подальшого їх використання в них.

### **Висновки по розділу**

В даному розділі було розглянуто основні функції програм і обладнання для цифрового землеробства, а саме збір різноманітних даних про стан полів та техніку господарства, планування робіт та створення задач на їх виконання, розрахунок економіки господарства.

Великі корпорації з виробництва сільськогосподарської техніки мають власні телематичні системи (JD Operations Center, AFS), які забезпечують більшість розглянутих функцій для ведення цифрового землеробства, проте існують і більш вузькопрофільні програми (Cropwise, Skok Agro), які краще надають певні види послуг.

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Програма досліджень

Програма досліджень включала такі етапи:

- визначення полів, на яких буде здійснено випробування технологій цифрового землеробства;
- створення віртуальних карт полів та сітки з точками вимірювань;
- вимірювання твердості ґрунту та аналіз його стану;
- складання карти завдань за допомогою цифрової платформи AFS для диференційованого обробітку ґрунту;
- надання рекомендацій виробництву.

Для проведення досліджень обрали поля, площею 73,62 га та 25,48 га (рис.3.1). Їх координати внесли в програму «Агропрофіль» та зафіксували дані: культура, площа, належність до підприємства.

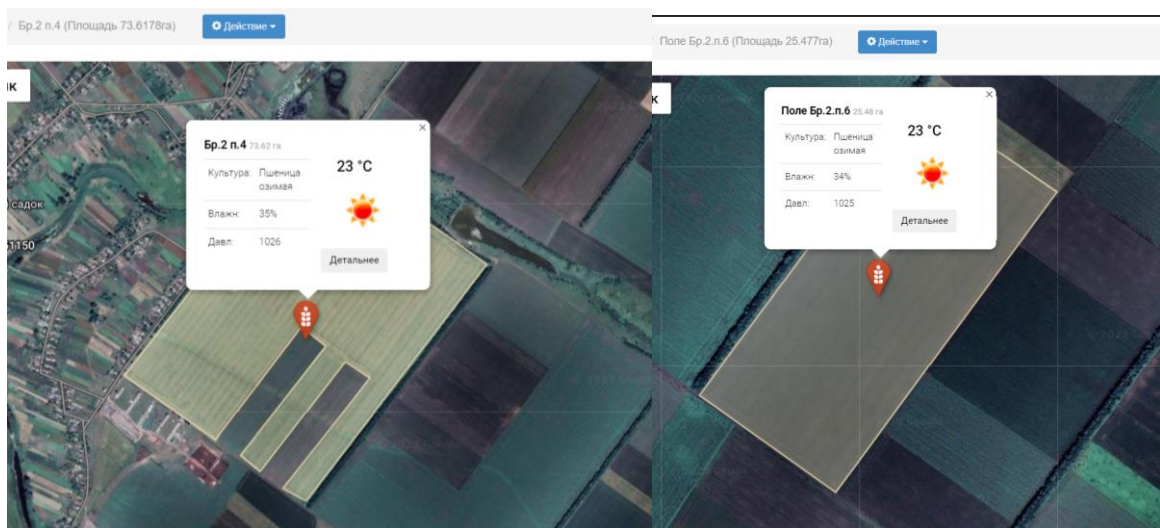


Рис.3.1. Експериментальні поля у софті «Агропрофіль».

У подальшому коригування границь поля та створення сітки відбору здійснювали в програмному забезпеченні SkokAgro. Сітка відбору – це точки, в яких необхідно зробити вимірювання твердості ґрунту за допомогою цифрового пенетрометра. Математична модель, яку використовує процесор пенетрометра екстраполює дані з отриманих точок на всю площу поля. Тому, щоб отримати адекватні результати, необхідно намагатись розміщувати точки на однаковій відстані одна від одної. Щоб побудувати сітку відбору, в інтерфейсі

обираємо вкладку «Сітка» і натискаємо лівою кнопкою «миші» функцію «Створити сітку» (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Створення сітки для визначення раціональних точок вимірювання твердості ґрунту на полях ПП «Мир».

В результаті такої дії на обраному полі зображуються точки вимірювань (рис. 3.2).

Як же потрапити оператору, який проводить вимірювання, в необхідну точку, вказану в сітці відобру SkokAgro?

Ми пропонуємо наступний алгоритм дій. В теці «Play Market» власного смартфона оператора необхідно знайти і викачати будь-яку безкоштовну навігаційну програму. Ми обрали програму “Locus Map”. Далі, після скачування програми, дотримуємося наступних дій.

1. З програми SkokAgro за допомогою функції «Скачати KML», викачуємо файл із даними сітки, і надсилаємо його на власну електронну скриньку.
2. Використовуючи смартфон, входимо на свою електронну скриньку і викачуємо даний файл з розширенням KML.
3. Відкриваємо викачану програму “Locus Map” і так само викачуємо файл з розширенням KML на смартфоні.

4. Завантажений файл відкриваємо у програмі “Locus Map”. За увімкненого сигналу GPS на смартфоні, оператор буде бачити власне місцезнаходження у просторі (на полі), буде бачити точки відбору і розуміти шлях.

5. Пересування оператора на полі від точки до точки може бути записане, як показано на прикладі (рис. 3.3.)

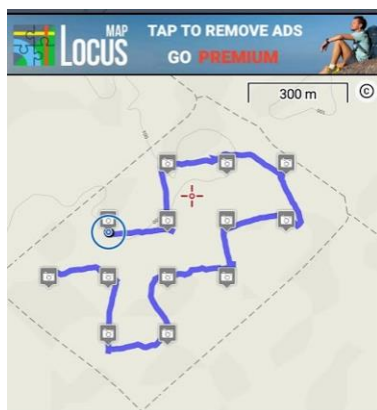


Рис. 3.3. Скріншот з програми “Locus Map” маршруту на полі.

По закінченню вимірювання, дані є записані у блок пам’яті пенетрометра. За допомогою GSM-зв’язку, вбудованого в пенетрометр, результати вимірювань передаються на сервер. І вже отримані результати відобразатимуться в особистому кабінеті ноутбука програми SkokAgro.

Для визначення стану ґрунту прийнята наступна умовна градація за величиною твердості:

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

Найбільше нас цікавить орний шар ґрунту (глибина до 30 см), тому в подальшому, для диференційного обробітку, ми розглядали саме його.

Отримані дані аналізуються по площі поля та по глибині (рис. 3.4).

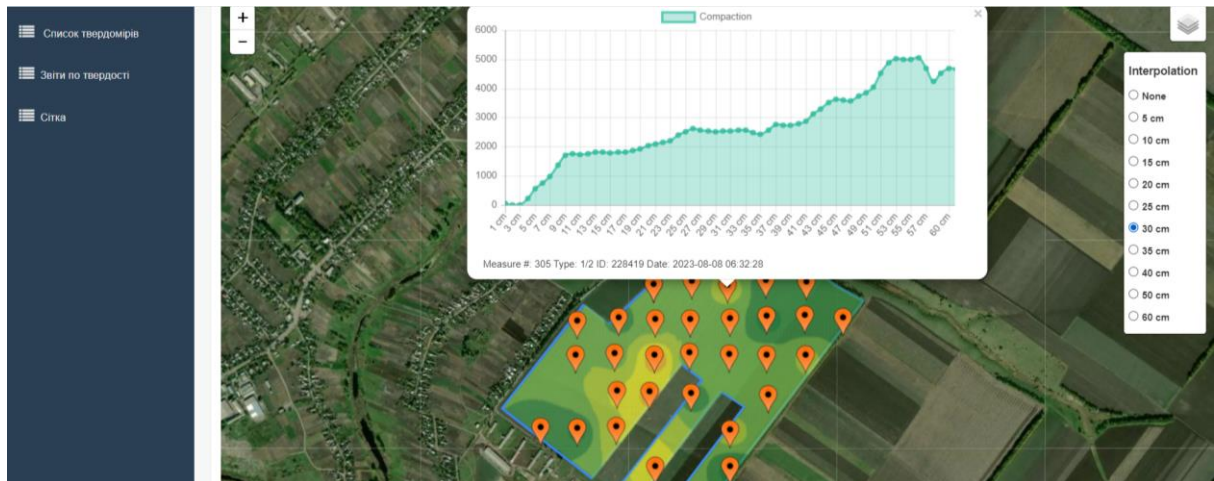


Рис. 3.4. Фрагмент отриманих даних, які аналізуються спеціалістом.

Наступним етапом роботи була розробка карти-завдання на диференційований обробіток ґрунту на основі отриманих пенетрометром S600 даних.

Отримані результати пропонуємо використати в технології диференційованого розушільнення ґрунтів TopSoil Mapper, однак без застосування індуктивного датчика, який є найбільш дороговартісним в даній технології.

Суть технології TopSoil Mapper полягає у вибіркового диференційованому за критерієм глибини обробітку. Необхідна глибина обробітку встановлюється методом сканування за допомогою індуктивного сканера, який встановлюється перед агрегатом (рис. 3.5). А вже дані зі сканера передаються в бортовий комп'ютер трактора, який, віддаючи команди на виконавчий механізм с.-г. машини, автоматично змінює глибину обробітку.

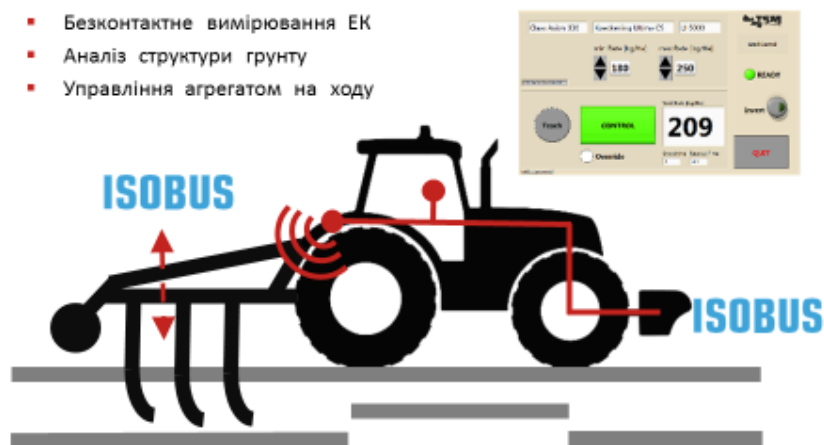


Рис. 3.5. Схема диференційованого обробітку ґрунту технологією TopSoil Mapper

Ми пропонуємо замість індуктивного сканера (рис. 3.6), використати дані з карти твердості ґрунту, отримані нами в технології SkokAgro. Програмне забезпечення пенетрометра SkokAgro формує дані у форматі Shape з розширенням “kml”, яке «читає» технологія TopSoil Mapper.



Рис. 3.6. Загальний вигляд сканера TopSoil Mapper

Надамо карту завдання в ISOBUS для глибини вимірювань 30 см. Обробіток на дану глибину плануємо лише у зонах, де щільність перевищує норму, а решта обробітку буде відбуватися на глибину 12 см. Така диференціація обробітку зруйнує зони, передумовлені до ущільнення і забезпечить перемішування рослинних решток з ґрунтом перед основним обробітком – оранкою.

Щоб завантажити карту з координатами, в особистому кабінеті програми SkokAgro виділяємо дані, отримані пенетрометром з глибини 30 см (рис. 3.7). За допомогою функції “Export Shapefiles” (виділено овалом) експортуємо дані на будь-який носій даних і завантажуюмо в бортовий комп’ютер агрегату.



Рис. 3.7. Інтерфейс особистого кабінету тердоміра SkokAgro при експортуванні даних для диференційованого обробітку.

Перевіряємо в моніторі GFX 750 наявність переданих даних. Встановлюємо границі глибини обробітку: мінімальна – 12 см, максимальна – 30 см.

Принцип налаштування наведено на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Схема налаштування агрегату на диференційований обробіток ґрунту.

Запропоновану технологію передачі даних в агрегат для глибокого обробітку ґрунту реалізували в умовах означеного поля у приватному підприємстві «Мир».



### **3.2. Розробка технологічної карти на вирощування соняшнику**

Для приватного підприємства «Мир», було розроблено наступну технологічну карту на вирощування соняшнику за ґрунтозахисною технологією, з урахуванням технологічної бази господарства (Додаток 1).

Першою операцією є контроль твердості ґрунту. Вона є ключовою в даній технології, адже від неї ми і будемо відштовхуватись в подальшому проведенні операцій. Для цього ми використовуємо цифровий пенетрометр S600 від Skok Agro та проводим виміри твердості ґрунту на глибину до 60 см. проводимо їх за вище згаданою технологією, потім зібрані дані завантажуюмо на сервер Skok Agro і проводимо їх аналіз.

Наступною операцією призначимо диференційний за глибиною обробіток ґрунту. Виконуватиме дану операцію агрегат John Deere 8335R + Ecolo-Tiger 730. Глибина обробітку встановлюється в межах 12...30 см. Завдяки раніше зібраним даним про твердість ґрунту, ми зможемо провести поверхневий обробіток в тих місцях де він не є ущільненим, та розпушити на більшій глибині при такій необхідності. Це дає економію пального, адже обробка на глибину 30 см, проводиться не по всій площі поля, а лише в окремих місцях. При цьому, щільність ґрунту в орному шарі не буде перевищувати допустимих показників.

Третьою та четвертою технологічними операціями стали навантаження та транспортування добрив, що здійснюються машинами Manitou та John Deere 6125 + 2ПТС-4,5 відповідно.

Внесення добрив проводитиметься агрегатом John Deere 6125 + ВІМ GKE-7000. Дана операція, як можемо бачити, витрачає найменше енергії на ущільнення (255,88 МДж/га) через добре підібрані шини на робочій машині та значну робочу ширину захвату – 36 м. Розрахована змінна продуктивність складає 104,2 га/зм.

Наступною операцією було визначено вирівнювання і прочісування степні попередника. Задіяними при її виконанні є Case IH MX 340 + ЗБР-24, як і

попередній, даний агрегат є широкозахватним – 24 м, проте й енергозатратним, адже витрата палива складатиме 2,2 кг/га.

Сьома, восьма та дев'ята операції це завантаження та перевезення мінеральних добрив з насінням та сама сівба. Виконувати їх будуть машини Manitou, John Deere 6125 + 2ПТС-4,5 та Case IH MX 340 + Horsch Maestro 36,5 відповідно. Як можна побачити, при сівбі витрати на деформацію ґрунту є одними з найвищих і складають – 1863 МДж/га. Це пояснюється, по-перше, великою вагою самого агрегату.

Так, маса трактора Case IH MX 340 Magnum з баластами складає 18000 кг [[https://agsolco.com/ru/traktor\\_case\\_ih\\_magnum\\_340/](https://agsolco.com/ru/traktor_case_ih_magnum_340/)], а маса посівного комплексу Horsch Maestro 36,5 – 15200 кг. При цьому, навантаження на вісь може сягати 11100 кг.

Після сівби виконуємо роботи по внесенню гербіцидів. Для цього гербіциди і воду транспортуємо агрегатом John Deere 6125R + ВР-3. Внесення хімікатів проводитимуться самохідним обприскувачем John Deere 4030. Так через невелику ширину його коліс, площа ущільненого ґрунту (на 100 га) складає 2,13 га, до того ж витрати пального на виконання операції є не високими – 0,7 кг/га.

Так як проводилась обробка гербіцидами, то плануємо лише один міжрядний обробіток John Deere 6125 + КПС - 8П. Розрахункова витрата пального складає 3 кг/га, а площа ущільненого поля після від проведення даної операції збільшиться на 16,77 га.

Завершальною операцією у вирощуванні соняшнику є його збирання, яке в нашому випадку проводитиметься комбайном Case IH 9240 з жаткою MacDon FD 75. Сам комбайн має напівгусеничні рушії, що значно знижує тиск агрегату на ґрунт (енергія ущільнення складає 722 МДж/га), а за рахунок широкої жатки (13,75 м) площа ущільнення складає 11,22 м<sup>2</sup>.

Після закінчення збирання врожаю, для кращого розуміння стану щільності ґрунту проводимо повторне вимірювання його твердості. Це дасть змогу

скорегувати проведення наступних операцій, а також оцінити рівень екологічності впровадженої нами технології.

Також, для покращення показників машиновикористання, а саме продуктивності, доцільно застосувати систему навігації. До того ж, більшість техніки є відносно новою імпортною, тож навігація та системи автономного водіння на ній встановлені заводом виробником.

Нижче розглянемо ефективність використання системи автономного водіння на прикладі комбайна Case IH 9240 з жаткою MacDon FD 75.

Змінну продуктивність агрегату розраховуватимемо за формулою:

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot v \cdot \tau \cdot T_{зм},$$

де  $B_p$  – робоча ширина агрегату, м;

$T_{зм}$  – час зміни, год (приймаємо 7 год).

При розрахунку продуктивності без використання системи автономного водіння (базової) приймаємо робочу ширину захвату агрегату на рівні  $B_p = 13$  м, швидкість руху  $v = 9,5$  км/год, коефіцієнт використання часу зміни  $\tau = 0,8$ . Тоді:

$$W_{баз.} = 0,1 \cdot 13 \cdot 9,5 \cdot 0,8 \cdot 7 = 69,16 \text{ га/зм}$$

Використовуючи навігаційні системи точність їх сигналів залежить від підписки. При безкоштовній підписці, точність складає близько 25 см, але якщо використовувати платну – розбіжність при веденні лінії складе 2,5 см. Тож в розрахунках продуктивності при використанні системи автономного водіння приймемо наступні значення:  $B_p = 13,25$  і  $13,72$  м (для безкоштовної та платної відповідно);  $v = 9,5$  км/год;  $\tau = 0,85$  (збільшений через автоматизацію процесів розвороту та зменшення людського фактору при роботі). Нижче розрахуємо дані показники продуктивностей.

$$W_{нав.б.} = 0,1 \cdot 13,25 \cdot 9,5 \cdot 0,85 \cdot 7 = 74,9 \text{ га/зм}$$

$$W_{нав.п.} = 0,1 \cdot 13,72 \cdot 9,5 \cdot 0,90 \cdot 7 = 82,11 \text{ га/зм}$$

Як можемо бачити продуктивність даного комбайна значно зростає при використанні технологій цифрового землеробства. Розрахуємо продуктивність і для інших агрегатів, а саме:

- John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730;
- John Deere 6125 + BIM GKE-7000;
- Case IH MX 340 + ЗБР-24;
- John Deere 6125 + КПС-8П.

Нижче наведемо тільки результати розрахунків для спрощення подачі інформації.

Для John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730:

$$W_{\text{баз.}} = 24,27 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.б.}} = 25,96 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.п.}} = 27,06 \text{ га/зм.}$$

Для John Deere 6125 + BIM GKE-7000:

$$W_{\text{баз.}} = 104,24 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.б.}} = 118,62 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.п.}} = 119,35 \text{ га/зм.}$$

Для Case IH MX 340 + ЗБР-24:

$$W_{\text{баз.}} = 109,78 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.б.}} = 121,53 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.п.}} = 122,65 \text{ га/зм.}$$

Для John Deere 6125 + КПС-8П:

$$W_{\text{баз.}} = 48,43 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.б.}} = 53,71 \text{ га/зм}; W_{\text{нав.п.}} = 55,23 \text{ га/зм.}$$

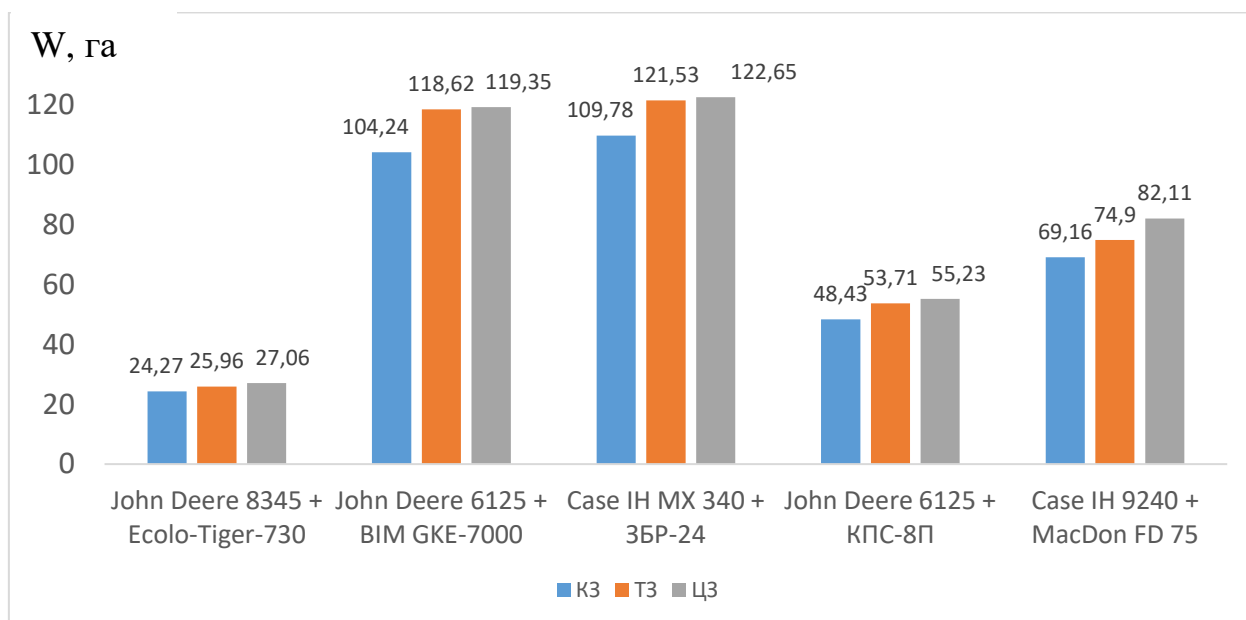


Рис. 3.9. Зміна продуктивності  $W$  МТА за умов їх використання в класичному землеробстві (КЗ), точному землеробстві (ТЗ) і цифровому землеробстві (ЦЗ).

Наведені вище гістограми (рис.3.9) показують на пряму залежність зростання продуктивності від коефіцієнта використання робочої ширини захвату  $a$ , отже, від рівня землеробства. Нами також встановлено коефіцієнти співвідношення величини продуктивності в залежності від технології землеробства (табл.3.1).

Таблиця 3.1. – Співвідношення змінної продуктивності агрегатів в залежності від технології землеробства

Агрегат	Продуктивність, га/зм в технології землеробства			Коефіцієнт	
	КЗ	ТЗ	ЦЗ	ТЗ/КЗ	ЦЗ/КЗ
John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730	24,27	25,96	27,06	1,07	1,11
John Deere 6125 + ВІМ GKE-7000	104,24	118,62	119,35	1,14	1,14
Case IH MX 340 + ЗБР-24	109,78	121,53	122,65	1,11	1,12
John Deere 6125 + КПС-8П	48,43	53,71	55,23	1,11	1,14
Case IH 9240 + MacDon FD 75	69,16	74,9	82,11	1,08	1,19

Проаналізувавши отримані дані продуктивності МТА в різних системах землеробства, в електронних таблицях Microsoft Excel, отримали залежності (рис.3.10 – 3.14) для досліджуваних МТА.

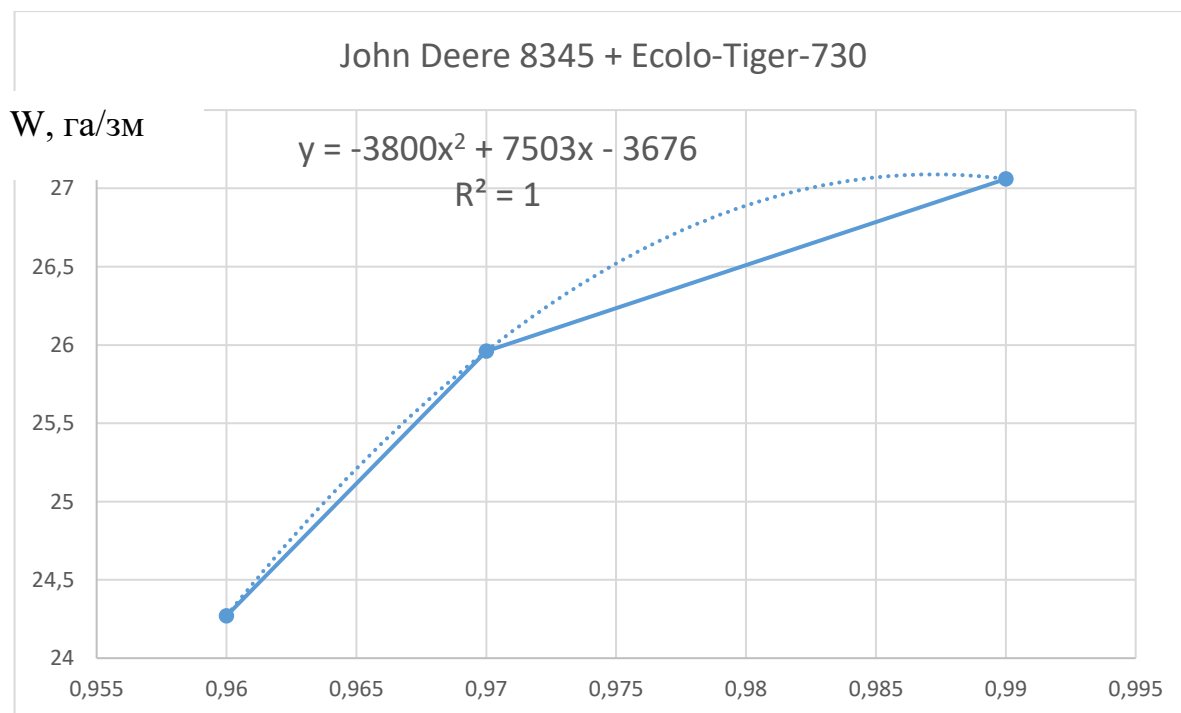


Рис.3.10. Зміна продуктивності агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 в залежності від коефіцієнта ширини захвату (і від технології землеробства).

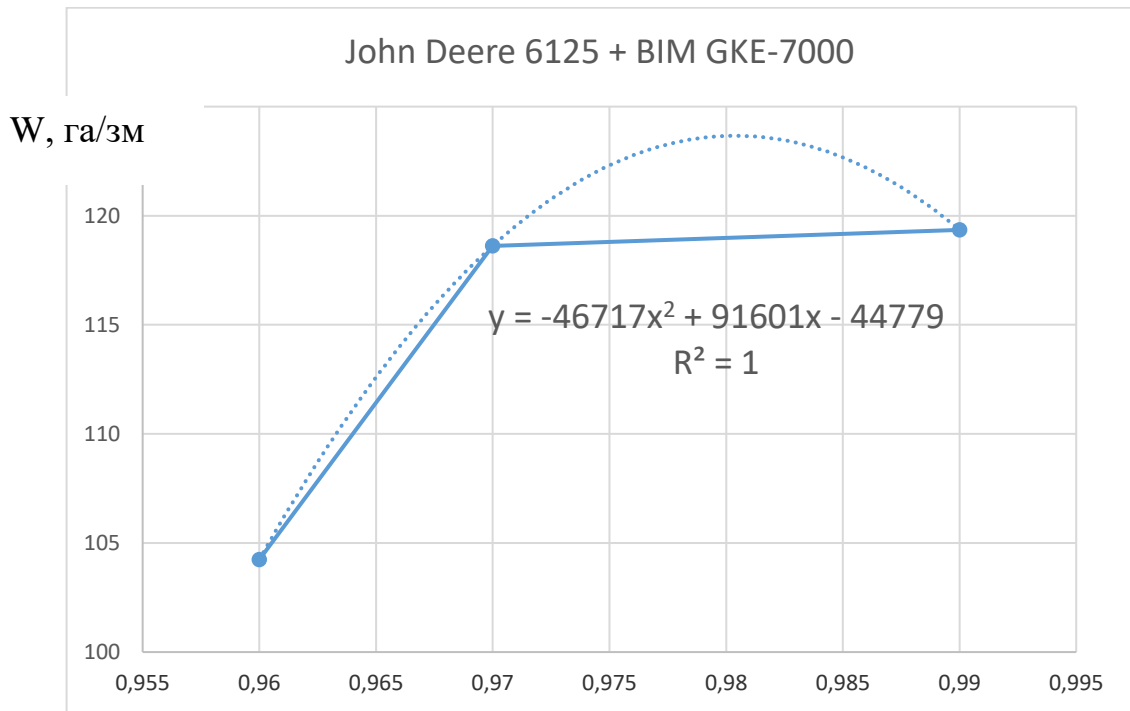


Рис.3.11. Зміна продуктивності агрегату John Deere 6125 + BIM GKE-7000 в залежності від коефіцієнта ширини захвату (і від технології землеробства).

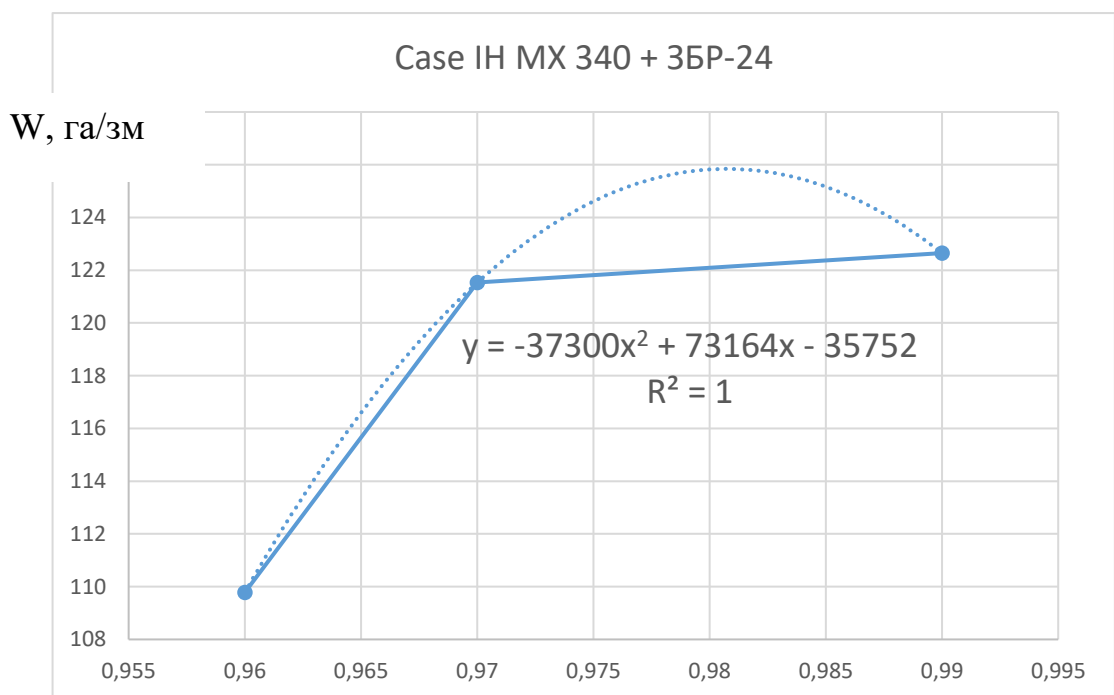


Рис.3.12. Зміна продуктивності агрегату Case IH MX 340 + ЗБР-24 в залежності від коефіцієнта ширини захвату (і від технології землеробства).

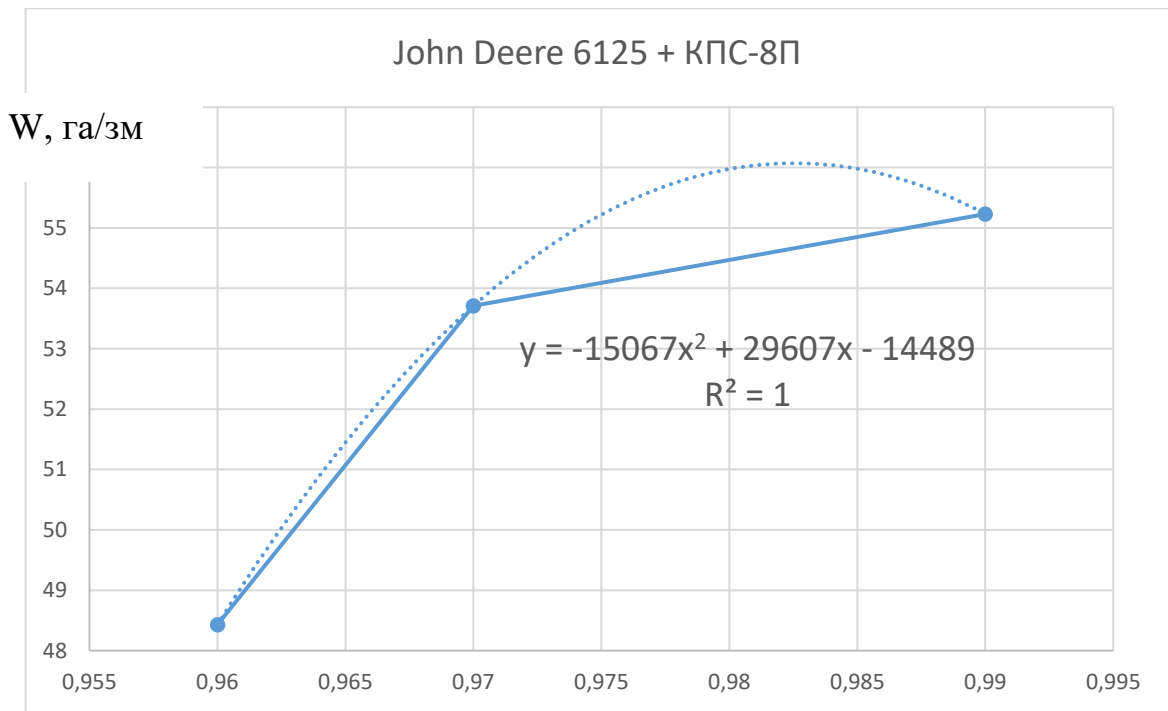


Рис.3.13. Зміна продуктивності агрегату John Deere 6125 + КПС-8П в залежності від коефіцієнта ширини захвату (і від технології землеробства).

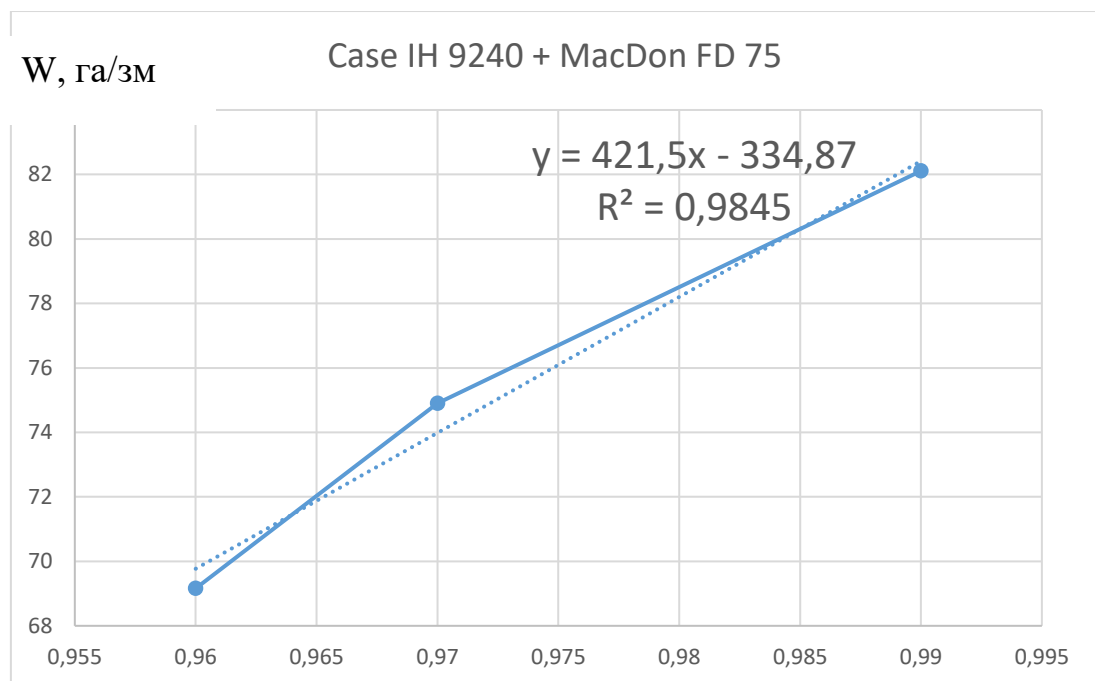


Рис.3.14. Зміна продуктивності агрегату Case IH 9240 + MacDon FD 75 в залежності від коефіцієнта ширини захвату (і від технології землеробства).

Отримані і наведені на рис. 3.10 – 3.14 залежності доцільно застосовувати для агрегатів:

- МТА для основного обробітку –  $W_{зм} = -3800k^2 + 7503k - 3676$ ;
- МТА для внесення мінеральних добрив –  $W_{зм} = -46717x^2 + 91601x - 44779$ ;
- МТА для поверхневого обробітку ґрунту –  $W_{зм} = -37300x^2 + 73164x - 35752$ ;
- МТА для міжрядної культивуації –  $W_{зм} = -15067x^2 + 29607x - 14489$ ;
- Зернозбиральні агрегати –  $W_{зм} = 421,5k - 334,87$ .

Також при збільшенні коефіцієнта ширини захвату агрегату  $k$ , зростає не лише його продуктивність, а й ефективність використання, за рахунок зменшення двічі оброблюваної, так званої «паразитної» площі, що знижує витрати часу та пального. Нижче приведено методику розрахунку даного негативного фактору при використанні класичної та цифрової систем землеробства.

При проведенні основного обробітку агрегатом John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 за класичною системою ( $k = 0,96$ ), ширина захвату складатиме 5,18 м, а ширина перекриття відповідно 0,22 м. При розмірах поля  $864 \times 1142$  м паразитна площа однієї смуги вздовж довшої сторони поля складатиме:

$$b_{\text{параз кт}} = b_{\text{п кт}} \times A_{\text{поля}} = 0,22 \times 1142 = 251,2 \text{ м}^2 \text{ або } 0,0251 \text{ га.}$$

При цифровій системі (коли  $B_{\text{зах}} = 5,37$  м):

$$b_{\text{параз цт}} = 0,03 \times 1142 = 34,26 \text{ м}^2 \text{ або } 0,0034 \text{ га.}$$

Кількість проходів при фактичній ширині захвату для обох технологій дорівнюватиме:

$$n_{\text{прох кт}} = B_{\text{поля}} / B_{\text{факт кт}} = 864 / 5,18 = 166,8, \text{ приймаємо } 167 \text{ проходів};$$

$$n_{\text{прох цт}} = 864 / 5,37 = 160,9, \text{ приймаємо } 161 \text{ прохід.}$$

Далі визначимо «паразитну» площу для кожної технології:

$$S_{\text{параз кт}} = b_{\text{параз кт}} \times n_{\text{прох кт}} = 0,0251 \times 167 = 4,2 \text{ га.}$$

$$S_{\text{параз цт}} = 0,0034 \times 161 = 0,55 \text{ га.}$$



Таким чином, паразитні площі при основному обробітку ґрунту агрегатом John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 за класичною та цифровою технологіями на розглянутому полі ( $S_{\text{поля}} = 98,67$  га) складає 4,2 та 0,55 га відповідно. Враховуючи його продуктивність втрати часу складають 1,2 год для класичної та 0,14 год для цифрової технологій, а перевитрати пального – 11,3 та 1,4 кг відповідно.

Нижче будуть наведені лише результати розрахунків на інші операції.

Таблиця 3.1

Операція	Агрегат	$b_{\text{параз}}, \text{M}^2$		$n_{\text{прох}}, \text{шт}$		$S_{\text{параз}}, \text{га}$		$T_{\text{втрат}}, \text{год}$		$g_{\text{га}}, \text{кг}$	
		КЗ	ЦЗ	КЗ	ЦЗ	КЗ	ЦЗ	КЗ	ЦЗ	КЗ	ЦЗ
Внесення мінеральних добрив	John Deere 6125 + ВІМ GKE-7000	2284	34,26	26	25	5,94	0,09	0,4	0,01	4,75	0,07
Поверхневий обробіток ґрунту	Case IH MX 340 + ЗБР-24	1142	34,26	38	37	4,34	0,13	0,28	0,01	9,55	0,28
Міжрядна культивация	John Deere 6125 + КПС-8П	456,8	34,26	114	109	5,21	0,37	0,75	0,05	15,62	1,12
Збирання врожаю	Case IH 9240 + MacDon FD 75	799,4	34,26	67	64	5,36	0,22	0,54	0,02	86,77	3,55

## **Висновки по розділу**

Визначено продуктивності агрегатів без використання навігаційних систем та з ними при безкоштовному та платному сигналі GPS для агрегатів John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 (24,27; 25,96 та 27,06 га/зм відповідно), John Deere 6125 + BIM GKE-7000 (104,24; 118,62 та 119,35 га/зм), Case IH MX 340 + ЗБР-24 (109,78; 121,53 та 122,65 га/зм), John Deere 6125 + КПС-8П (48,43; 53,71 та 55,23 га/зм) і Case IH 9240 + MacDon FD 75 (69,16; 74,9 та 82,11 га/зм).

Отримано залежності продуктивності агрегатів від їх коефіцієнта ширини захвату для операцій з диференційованого та поверхневого обробітків ґрунту, розкидання мінеральних добрив, міжрядного обробітку та збирання.

Розраховано «паразитні» площі при проведенні тих же операцій, за класичною та цифровою технологіями. Це показує, що впровадження технологій цифрового землеробства зменшує витрату пального при диференційованому обробітку на 3,6%, розкиданні мінеральних добрив – 5,9%, поверхневому обробітку – 4,2%, міжрядній культивуванні – 4,8% та збиранні врожаю – на 5,1%.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Суть питання з охорони праці

Виробничі системи у галузі сільськогосподарського виробництва є унікальними і оснований, як правило, на наявності великої кількості стохастичних (випадкових) зв'язків із зовнішнім середовищем і біологічними об'єктами, дії некерованих природно-кліматичних факторів та інших чинників [11]. А тому і кількість небезпечних факторів, які можуть виникати у процесі виробництва, велика. Отже, вирощування, збирання та первинна переробка сільськогосподарської продукції, повинна супроводжуватися безпечними умовами праці, визначеними Конституцією України, а також правилами зберігання, транспортування та застосування пестицидів у сільськогосподарському виробництві, іншими нормативними актами.

*Охорона праці* на виробництві, у тому числі й аграрному, визначається як система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці на виробництві [11].

Закон “Про охорону праці” покладає на власників підприємств обов'язки по забезпеченню здорових і безпечних умов праці. Охорону праці необхідно розглядати, прив'язуючись до конкретного виробництва. Усі заходи з охорони праці тісно пов'язані з організацією виробництва, економікою, технічною естетикою і т.д. Тобто, проектуючи охорону праці, як законодавчі акти і вимоги, керівник повинен їх повністю адаптувати під конкретне виробництво з урахуванням усіх його особливостей: специфіки, місця розташування, кількість людей, виробничих ресурсів, машин і т.д.

## 4.2. Аналіз шкідливих факторів при виконанні диференційованого обробітку ґрунту

Для того, щоб здійснити диференційований за глибиною обробіток ґрунту агрегатом John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730, необхідно попередньо здійснити визначення його твердості. Вимірювання твердості ґрунту пенетрометром проводимо після проведення збиральних робіт попередника. Так як оператор пенетрометра проводить заміри з фізичним перебуванням на полі, то на нього можуть діяти багато негативних факторів. Найбільш уразливі фактори наведені 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, зневоложення	Зневоднення шкіри (пересушування)
Зона дії МТА	Наїзд	Травми, смерть
Пил	Потрапляння в органи чуття	Пошкодження органів дихання, зору, слуху

Враховучи описані в табл 4.1. небезпечні чи небажані фактори, дослідження ми проводили на безпечній відстані від МТА у відповідному спецодязі, в головних уборах та із запасом води, обсягом 1,5 л на кожну особу.

При роботі агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 діють звичайні правила з безпеки праці при експлуатації МТА, заявлені виробником. Це пов'язано з тим, що в даному випадку вдосконалена не технічна частина, а програмна.

### **4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників**

Враховуючи матеріал, викладений в п.4.2. необхідно навести уточнені організаційні та технічні заходи, що забезпечать нормальні умови роботи і здоров'я працівників при проведенні технологічної операції «Диференційований обробіток ґрунту», який об'єднує вимірювання твердості ґрунту, налаштування агрегату і, безпосередньо, сам обробіток.

*Організаційні заходи.*

*При вимірюванні твердості ґрунту:*

- моніторинг твердості ґрунту пенетрометром S600 SkokAgro необхідно проводити на безпечній віддалі від агрегатів (не менше, як 100 м), що можуть працювати на полі або після проведення технологічної операції;
- проводити роботи у сприятливу погоду за кліматичних умов в межах допустимих норм: за температури 20...25°C, швидкості вітру 4...9 м/с без поривів, відносній вологості повітря 60...80 %;
- повинен бути присутній мобільний зв'язок (GSM).

*При налаштуванні МТА на заданий діапазон глибини обробітку:*

- завантаження даних, отриманих з сервера SkokAgro у бортовий провідник при увімкненому двигуні, що працює на холостих обертах;
- поблизу МТА стороннім особам перебувати заборонено;
- налаштування на заданий діапазон глибини обробітку проводити на полі з хорошим оглядом, не менше як 20 м від полезахисної смуги (крім безпекових ситуацій, це пов'язано ще і з можливою наявністю коріння дерев у орному шарі ґрунту).

*Технічні заходи.*

Працівники, задіяні на проведенні вимірювання твердості ґрунту, працюючи на відкритому просторі в полі повинні бути забезпечені:

- спецодягом, відповідно до кліматичних умов і поточної погоди: головний убір, комбінезон, рукавиці, чоботи (що особливо важливо, наприклад, при роботі на стерні), як варіант – сонцезахисні окуляри;

- термосом з водою, аптечкою, мобільним зв'язком, транспортом.

Обробку результатів необхідно проводити в приміщенні. Допускається обробляти результати на краю поля в безпечному місці за наявності доступу до інтернету та достатньої тіні (у випадку сонячної жаркої погоди).

Також можна проводити додаткові заходи, направлені на ефективне проведення робіт, які сприятимуть підвищенню продуктивності роботи та безпеці праці.

При роботі на МТА, працівник має бути забезпечений спецодягом, пройти інструктаж з охорони праці із занесенням факту інструктажу в журнал з охорони праці, перевірити комплектність і справність МТА.

#### **4.4. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації**

Наведемо вимоги безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.

*Вимоги безпеки праці перед початком роботи з пенетрометром.*

Пенетрометр відноситься до безпечних приладів, однак, враховуючи те, що роботи іноді необхідно виконувати на одному полі, на якому працює техніка, необхідно знати вимоги безпеки праці, наведені в „Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”.

Отже, при першій роботі з пенетрометром необхідно виконати такі кроки.

1. Цифровий пенетрометр у своїй будові має тензомости та мікросхеми, антени зв'язку, а тому, при його експлуатації забороняється допускати до роботи осіб, які не вивчили будову та принцип роботи пенетрометра.

2. Забороняється також допускати до роботи в полі осіб, що не пройшли інструктаж з охорони праці, про що повинен бути зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.

3. Перевірити комплектність та справність пенетрометра.

4. Перед початком роботи на полі, необхідно впевнитися в безпечних умовах на полі на всій площі вимірювань, комплектності обладнання та засобів власної безпеки.

*Вимоги безпеки праці під час проведення робіт.*

1. Під час проведення вимірювань у полі, необхідно контролювати навколишній стан (на полі можуть з'являтися тварини, зокрема змії), тримати у полі зору агрегати, які працюють на даному полі.

2. За сонячної погоди забороняється працювати без головного убору та без термоса з водою.

3. Забороняється розбирати пенетрометр для усунення неполадок на ґрунті. Такі роботи можна виконувати на спеціальному брезенті та у затіненому безпечному місці.

4. В сумці для пенетрометра повинна бути аптечка, наприклад, призначена для водіїв чи комбайнерів.

5. Якщо оператор переміщується самостійно на транспортному засобі, то останній треба розміщати на видному, доступному місці.

*Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях*

У разі виникнення пожежі (що можливо при вимірюваннях на полі з агрофоном – стерня зернових колосових культур), необхідно викликати пожежну охорону, сповістити керівництво підприємства або відповідального та взяти участь у ліквідації осередку загорання.

Не підходити на небезпечну відстань до осередку загорання, якщо це може загрожувати здоров'ю чи життю.

У випадку травмування працівника слід надати йому невідкладну допомогу та викликати лікаря. Якщо це неможливо, необхідно терміново доставити керівника до медичного закладу.

У випадку загрози нападу тварин, зокрема змії, зберігати спокій, дуже повільно покинути територію загрози. Якщо повільно відходити, тварини, як правило можуть недовго переслідувати; першими нападають вкрай рідко.

У випадку загоряння МТА відвести його (якщо це можливо) від предметів, які можуть загорітися від агрегату.

Повідомити про пригоду керівника підрозділу, викликати пожежну рятувальну службу і прийняти заходи щодо гасіння пожежі.

#### *Вимоги безпеки праці після виконання робіт*

1. Після закінчення вимірювань, увімкнути GSM-зв'язок та здійснити передачу даних на сервер. Вимкнути пенетрометр.
2. Очистити пенетрометр від залишків технологічного матеріалу.
3. Пересвідчитися у відсутності пошкоджень приладу.
4. Скласти пенетрометр у відповідності до інструкції з експлуатації та упакувати в сумку.
5. Грунтообробний агрегат John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-530 очистити від ґрунту, рослинних решток та перевести у транспортне положення у відповідності до інструкції. Пересвідчитися в справності і комплектації агрегату і рухатися із встановленою швидкістю до місця базування.
6. Після прибуття на місце базування очистити агрегат, та у випадку постановки на зберігання законсервувати.

**Висновки по розділу.** Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600 та розроблені додаткові заходи з безпеки праці при роботі агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-530 на виконанні диференційованого обробітку ґрунту.

На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом і агрегатом.



## 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

### 5.1. Суть економічного ефекту

Підвищення ефективності використання МТП при впровадженні технологій цифрового землеробства відбувається за рахунок більш повного використання потенційних технологічних параметрів МТА в конкретних виробничих умовах. Так, у Розділі 3 ми розраховали, наскільки можна підвищити фактичну продуктивність агрегатів та зменшити витрату пального. Відтак, скорочуються агротехнічні терміни виконання технологічних операцій, а якість і кількість продукції – зростає.

Технології цифрового землеробства були впроваджені на таких операціях (див. Додаток 1):

- «Диференційований обробіток» агрегатом John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730;
- «Внесення добрив» агрегатом John Deere 6125 + BIM GKE-7000;
- «Вирівнювання та прочісування стерні попередника» агрегатом Case IH MX 340 + ЗБР-24;
- «Міжрядна культивування» агрегатом John Deere 6125 + КПС-8П;
- «Збирання врожаю» агрегатом Case IH 9240 + MacDon FD 75;

Проведемо розрахунки експлуатаційних витрат на цих операціях і визначимо економічний ефект від застосування вказаних агрегатів в технологіях цифрового землеробства. Отримані дані зведемо у вигляді таблиць.

### 5.2. Розрахунок економічної ефективності

5.2.1. *Диференційований обробіток.* Проводиться для класичного та цифрового способів виконання з різними витратами пального, перекриттями і продуктивністю. Використовується агрегат John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730.

Продуктивності агрегату визначено раніше, за кількістю обробленої площі впродовж зміни.

Витрату палива також визначається за фактичними показниками. Ці дані можна підтвердити за формулою:

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_n \cdot T_n + Q_3 \cdot T_3, \quad (5.1)$$

де  $Q_p T_p; Q_x T_x; Q_n T_n; Q_3 T_3$  – витрати палива (кг/год) і затрати часу (год) впродовж зміни, відповідно до корисної роботи, при холостому ході, переїздах та зупинках.

Питомі експлуатаційні витрати орного агрегату розраховують за рівнянням:

$$C_{пит} = C_m + C_M + C_{нмм} + C_{зн} \quad (5.2)$$

де  $C_m, C_M$  – сума затрат на реновацію, поточний та капітальний ремонт, зберігання, технічне обслуговування, заміну шин, грн./га;

$C_{нмм}$  – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га;

$C_{зн}$  – заробітна плата персоналу, що обслуговує агрегат, грн./га.

Суму витрат на реновацію, поточний ремонт і т.д. для тракторів розраховуємо за формулою:

$$C_m = \left[ \frac{B_m \cdot \alpha_{рм} \cdot g_{за}}{100 \cdot G_H^{рік}} + \frac{\sum C_M^H \cdot g_{за}}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (5.3)$$

де  $B_m \cdot \alpha_{рм}$  – балансова вартість трактора (грн.) і норма відрахувань, % (приймаємо 10%);

$\sum C_M^H$  – питомі нормативні витрати на поточний і капітальний ремонт, ТО, заміну шин, зберігання, грн./т палива, становить 8591 грн;

$G_H^{рік} \cdot g_{год}$  – нормативне річне використання палива (кг). Для даного агрегату – 3700 кг;

$K_i$  – коефіцієнт індексації цін, що враховує інфляцію. Приймаємо 1, адже ціни беремо сучасні.

Так-як загальна площа господарства складає 1350 га, то показники пов'язані з технікою господарства, ми будемо помножувати на коефіцієнт 0,074 (площа взятого нами окремого поля, відведена для вирощування соняшнику з усього земельного фонду господарства).

Проведемо розрахунки при класичній технології.

Витрати на реновацію, ремонт та ТО для трактора John Deere 8345 на виконанні даної операції становитимуть:

$$C_m = \left[ \frac{4051000 \cdot 10 \cdot 2,7}{100 \cdot 3700} + \frac{1591 \cdot 2,7}{1000} \right] \cdot 1 \cdot 0,074 = 23,59 \text{ грн/га}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначимо за формулою:

$$C_{пмм} = C_k \cdot g_{га} = 53 \cdot 2,2 = 137,7 \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де  $C_k$  - ціна дизельного палива, грн.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу розрахуємо за формулою:

$$C_{зн} = \frac{1,49(K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{дон} \cdot f_{дон}) \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зм}}, \quad (5.5)$$

де 1,49 і 1,02 – коефіцієнти, що беруть до уваги при підрахунку заробітної плати;

$K_{нк}$  - коефіцієнт, що передбачає класність механізатора. Прийнемо 1,2 для трактористів-машиністів першого класу;

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

$f_{мех}$  і  $f_{дон}$  - тарифні ставки, відповідно трактористам-машиністам та допоміжним працівникам, грн./зм. Прийнемо за оплатою на підприємстві – 700 грн./зм;

$K_3$  - коефіцієнт підвищення заробітної плати через інфляцію, приймаємо  $K_3=1$ , так як в розрахунках взяті сучасні суми.

Оплата праці механізаторів, що працюють за класичною технологією:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 700) \cdot 1,02 \cdot 1}{24,28} = 52,59 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні затрати на використання ґрунтообробної машини Ecolo-Tiger-730, яка працює за класичною технологією, визначемо за формулою:

$$C_M = \left[ \frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^M \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{ТО}}{W_{зм}} \right] \cdot 1 = \left[ \frac{1445000 \cdot 10}{100 \cdot 55 \cdot 24,28} + \frac{482}{24,28} \right] \cdot 1 \\ = 9,39 \text{ грн/га.}$$

Розрахуємо загальні експлуатаційні затрати:

$$C_{num}^c = 23,59 + 9,39 + 137,7 + 52,59 = 223,27 \text{ грн/га}$$

Капітальні вкладення визначимо за наступною формулою:

$$K_p = \frac{B_T \cdot \alpha_{pm} \cdot G_{га}}{100 \cdot G_{рік}} + \frac{B_M \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} = \frac{4051000 \cdot 10 \cdot 2,7}{100 \cdot 3700} + \frac{1445000 \cdot 1}{55 \cdot 24,28} = 101,08 \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

Приведені витрати:

$$P_g^p = C_{num} + E \cdot K = 223,27 + 0,15 \cdot 101,08 = 238,43 \text{ грн/га}$$

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

Аналогічно проведемо розрахунки для агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730, який працює за системою цифрового землеробства.

Експлуатаційні затрати складуть:

$$C_m = \left[ \frac{4051000 \cdot 10 \cdot 2,6}{100 \cdot 3700} + \frac{8591 \cdot 2,6}{1000} \right] \cdot 1 \cdot 0,074 = 8,32 \text{ грн/га.}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів:

$$C_{нмм} = C_k \cdot G_{зод} = 51 \cdot 2,6 = 132,6 \text{ грн/га.}$$

Оплата праці механізатора, який працює на даному агрегаті:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 700) \cdot 1,02 \cdot 1}{27,07} = 47,17 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати машини визначимо за формулою:

$$C_{сгм} = \left[ \frac{1440000 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 27,07} + \frac{482}{27,07} \right] \cdot 1 \cdot 0,074 = 8,42 \text{ грн/га.}$$

Загальні експлуатаційні витрати агрегату, який працює за цифровою системою складуть:

$$C_{num}^e = 22,72 + 8,42 + 132,6 + 47,17 = 210,91 \text{ грн/га,}$$

Величина капітальних вкладень дорівнюватиме:

$$K_p = \frac{4051000 \cdot 10 \cdot 2,6}{100 \cdot 3700} + \frac{1440000 \cdot 1}{50 \cdot 27,07} = 92,11 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на один га становитимуть:

$$P_g^p = 210,91 + 0,15 \cdot 92,11 = 224,73 \text{ грн/га}$$

Отримані дані, для цієї операції, занесемо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 на лушненні стерні за традиційною технологією та ТЦЗ

По агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730				
Параметр	Величина	КЗ	ЦЗ	ЦЗ до КЗ, %
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн/га	23,59	22,72	-3,7
Витрати пального	грн/га	137,7	132,6	-3,7
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	223,27	210,91	-5,5
Величину капітальних вкладень	грн/га	101,08	92,11	-8,9
Приведені витрати на один га	грн/га	238,43	224,73	-5,7

### 5.2.2. Внесення добрив.

Виконується агрегатом John Deere 6125 + VIM GKE-7000.

При використанні навігаційних систем, економіка даної операції виявляється у зменшенні «паразитної» площі. За рахунок чого витрата пального зменшуються, а продуктивність агрегату – збільшується.

Розрахуємо експлуатаційні показники агрегату John Deere 6125 + VIM GKE-7000 за формулами 5.1 – 5.5 Результати заносимо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники агрегату John Deere 6125 + VIM GKE-7000 при внесенні мінеральних добрив за традиційною технологією та ТЦЗ

По агрегату John Deere 6125 + VIM GKE-7000				
Параметр	Розмірність	Серійний	ТЦЗ	ТЦЗ до С, %

Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн/га	2,12	1,99	-6,3
Витрати пального	грн/га	40,8	38,25	-6,3
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	59,84	55,01	-8,1
Величину капітальних вкладень	грн/га	45,13	39,54	-12,4
Приведені витрати на один га	грн/га	66,61	60,94	-8,5

Таким чином, визначено, що при навігаційних систем з платним сигналом агрегат John Deere 6125 + VIM GKE-7000 загальні витрати на проведення операції зменшаться на 8,3 %. При цьому якість виконаних робіт не знижується.

### 5.2.3. «Вирівнювання та прочісування стерні попередника»

Виконується агрегатом Case IH MX 340 + ЗБР-24, з використанням навігаційної системи. Розраховані за формулами 5.1 – 5.5 результати заносимо в табл 5.3.

Таблиця 5.3 – Техніко-економічні показники агрегату Case IH MX 340 + ЗБР-24 при вирівнюванні та прочісуванні стерні попередника за традиційною технологією та ТЦЗ

Case IH MX 340 + ЗБР-24				
Параметр	Розмірність	Серійний	ТЦЗ	ТЦЗ до С, %
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн/га	7,12	6,8	-4,5
Витрати пального	грн/га	112,2	107,1	-4,5
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	132,57	125,76	-5,1

Величину капітальних вкладень	грн/га	7,35	6,93	-5,6
Приведені витрати на один га	грн/га	133,68	126,84	-5,1

#### 5.2.4. «Міжрядна культивуація»

Операція виконується агрегатом John Deere 6125 + КПС-8П з використанням телематичної системи JD Link, яка надає функцію ліній паралельного водіння, що зменшує ширину перекриттів та витрату палива, і збільшує продуктивність агрегату в цілому. Його техніко-економічні показники представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Техніко-економічні показники агрегату John Deere 6125 + КПС-8П при міжрядній культивуації за традиційною технологією та ТЦЗ

John Deere 6125 + КПС-8П				
Параметр	Розмірність	Серійний	ТЦЗ	ТЦЗ до С, %
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн/га	7,96	7,59	-4,7
Витрати пального	грн/га	153	145,86	-4,7
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	188,9	177,95	-5,8
Величину капітальних вкладень	грн/га	15,43	14,4	-6,7
Приведені витрати на один га	грн/га	191,21	180,11	-5,8

#### 5.2.5. «Збирання врожаю»

Дана операція проводиться агрегатом Case IH 9240 + MacDon FD 75 з використанням навігаційних систем, які як і в попередніх випадках, покращує технологічний процес.

Порівняння техніко-економічних показників при використанні агрегату з навігаційною системою та без неї приведене в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Техніко-економічні показники агрегату Case IH 9240 + MacDon FD 75 при збиранні врожаю за традиційною технологією та ТЦЗ

Case IH 9240 + MacDon FD 75				
Параметр	Розмірність	Серійний	ТЦЗ	ТЦЗ до С, %
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн/га	57,69	54,73	-5,1
Витрати пального	грн/га	826,2	783,87	-5,1
Експлуатаційні витрати агрегату	грн/га	935,57	882,14	-5,7
Величину капітальних вкладень	грн/га	186,31	163,83	-12,1
Приведені витрати на один га	грн/га	963,52	906,71	-5,9

#### Висновки по розділу.

З даних таблиць 5.1...5.5 можна побачити, що при використанні елементів цифрового землеробства в середньому витрати пального зменшуються на 4,9 %, величина капітальних вкладень – на 9,1%, а загальні витрати на проведення операції – на 6,2 %.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено методи підвищення показників машиновикористання, а саме продуктивності, екологічності, експлуатаційних витрат та якості виконуваних робіт. Описано принципи їх роботи, переваги та недоліки, приклади використання. До даних методів відносяться: телематичні системи та програми; автономні платформи та літальні апарати; зменшення тиску на ґрунт; диференційне проведення робіт.

2. Визначено, що однією з причин втрати урожайності (до -25%) є переущільнення ґрунтів. Так при нормі тиску  $1 \text{ кг/см}^2$ , сучасні колісні трактори, наприклад John Deere 8310R перевищує дану норму в 1,6 разів, а зернозбиральний комбайн Claas Tukanо 480 з заповненим бункером пшениці більш як у 2,63 разів.

3. Втрати продуктивності при невикористанні телематичних систем складають 4...6% за рахунок збільшених перекриттів, та до 10% втрат через недотримання раціональних швидкостей і втомлюваності механізатора.

4. Розглянуто основні функції програм і обладнання для цифрового землеробства, а саме збір різноманітних даних про стан полів та техніку господарства, планування робіт та створення задач на їх виконання, розрахунок економіки господарства.

5. Великі корпорації з виробництва сільськогосподарської техніки мають власні телематичні системи (JD Operations Center, AFS), які забезпечують більшість розглянутих функцій для ведення цифрового землеробства, проте існують і більш вузькопрофільні програми (Cropwise, Skok Agro), які краще надають певні види послуг.

6. Визначено продуктивності агрегатів без використання навігаційних систем та з ними при безкоштовному та платному сигналі GPS для агрегатів John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-730 (24,27; 25,96 та 27,06 га/зм відповідно), John Deere 6125 + BIM GKE-7000 (104,24; 118,62 та 119,35 га/зм), Case IH MX 340 + ЗБР-24 (109,78; 121,53 та 122,65 га/зм), John Deere 6125 + КПС-8П (48,43; 53,71 та 55,23 га/зм) і Case IH 9240 + MacDon FD 75 (69,16; 74,9 та 82,11 га/зм).

7. Отримано залежності продуктивності агрегатів від їх коефіцієнта ширини захвату для операцій з диференційованого та поверхневого обробітків ґрунту, розкидання мінеральних добрив, міжрядного обробітку та збирання.

8. Розраховано «паразитні» площі при проведенні тих же операцій, за класичною та цифровою технологіями. Це показує, що впровадження технологій цифрового землеробства зменшує витрату пального при диференційованому обробітку на 3,6%, розкиданні мінеральних добрив – 5,9%, поверхневому обробітку – 4,2%, міжрядній культивуванні – 4,8% та збиранні врожаю – на 5,1%.

9. Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600 та розроблені додаткові заходи з безпеки праці при роботі агрегату John Deere 8345 + Ecolo-Tiger-530 на виконанні диференційованого обробітку ґрунту. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом і агрегатом.

10. Встановлено, що при використанні елементів цифрового землеробства в середньому витрати пального зменшуються на 4,9 %, величина капітальних вкладень – на 9,1%, а загальні витрати на проведення операції – на 6,2 %.

## Бібліографічний список

1. Ільченко В. Ю., Нагірний Ю. П., Джолос П. А. та ін. Машиновикористання в землеробстві: Навчальний посібник/ За ред. Ільченка В. Ю. та Нагірного Ю. П. – Київ: Урожай, 1996 – 384 с.
2. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник/ за ред. Войтюка Д. Г. – Київ: Вища освіта, 2004 – 544 с.
3. Лекція 2. Критерії ефективності управління системами машин у рослинництві [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=507336&chapterid=187091> .
4. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600 – Україна, 2019 – 10 с.
5. Go Operations Center [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://www.deere.ua/uk/campaigns/ag-turf/operations-center/> .
6. Skok Agro офіційний сайт [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://skokagro.com/index.php?lang=uk> .
7. CLAAS TELEMATICS – Вступ [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://content-academy.claas.com/WBT/telematics/ua/wbt-00/#bedienungsanleitung>
8. Operations/ Cropwise [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://ua.cropwise.com/operations#tab25>
9. Павліський В.М. Проектування технологічних систем рослинництва: навч. посіб. / В. М. Павліський, Ю. П. Нагірний, І. І. Мельник – Тернопіль : Збруч, 2003 р.
10. Є.М. Михайліченко, О.Д. Деркач, І.А. Воловик. Digital Farming. Навчальний посібник. – Дніпро. Журфонд, 2023. - 103 с.
11. Кобець А.С., Ільченко В.Ю., Бутенко В.Г. та ін. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві: Навчальний посібник / За ред. А.С. Кобця. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. – 288 с.

## **ДОДАТКИ**

№ з/п	Операції	Дартех екм	Обсяг роботи	Спроби виконання		Трив. Роботи за год	Склад апаратури			Виробток		Потреба для виконання роботи		Витрати палива		Запрати праці, люд-роби		К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.є.га	Енергія ущільнен-ня, МДж/га	Площа ущільне-ня, га				
				календ.	трив. днів		трактор	зчіпка	с.-г.м.	за год	за мн.	за год	трактор	с.-г.м.	за год	за мн.	за год					за мн.	за год	за мн.	
<b>Технологічна карта вирощування соняшнику на площі 100 га (ґрунтозахисна технологія)</b>																									
Плануєма урожайність - 2,7 т/га																									
Група господарства - 2																									
Попередники: пшениця озима																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	Контроль твердості ґрунту	60 см	за	100	10.09-20.09	1	7		Цифровий генератор S 600	1	3,67	25,70	36,71	2	2,7	270	0,54	54,5				3,89	18,09	1486,00	7,78
2	Диференційованій обробток	12-14см	за	100	20-26.07	7	10		John Deere 8345	1	1,2	8,4	16,8	1	1,1	11,0	2,50	25,0				1,2			
3	Навантажання добрив	0,1 т/га	т	10	05-25.09	7	14		Manitou	1	1,2	8,4	16,8	1	1,2	12,0	2,50	25,0				1,2			
4	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	10	05-25.09	7	14		John Deere 6125	1	1,2	8,4	16,8	1	1,2	12,0	2,50	25,0				1,2			
5	Внесення добрив	0,1 т/га	за	100	05-25.09	7	14		John Deere 6125	1	9,4	66	132	1	0,8	80,0	0,32	31,8				1,5	7,74	255,88	4,19
6	Вирівнювання і пропускування стерні попередника	3 см	за	100	31.03-4.04	3	14		Case IH MX 340	1	6,1	42,6	85,2	1	2,2	220	0,16	16,4				2,35	12,00	578,42	3,75
7	Навант. мін. добр.	0,16т/га	т	16	15-30.04	6	12		Manitou	1	20	140	240	1	0,18	2,88	0,10	1,6				0,11			
8	Перев мін добр	0,16т/га	т	16	15-30.04	6	12		John Deere 6125	1	3,8	26,6	45,6	1	0,68	10,88	0,53	8,4				0,60			
9	Сяба	6-8см	за	100	15-30.04	6	12		Case IH MX 340	3	3,84	26,88	46,08	1	2	3	300	0,52	162,7			3,72	19,01	1863,00	7,56
10	Транспортування води	0,33 т/га	т	33	01.-10.05	5	12		John Deere 6125	1	3,21	19,3	38,52	1	0,6	19,8	0,62	20,6				1,71			
11	Внесення гербіцидів	0,33 т/га	т	100	01.-10.05	5	12		John Deere 4030	1	36,43	255	437,1	1	0,7	70,0	0,05	5,5				0,39	5,49	359,33	2,13
12	Культивація міжрядя	3-4см	за	100	26.04-06.05	3	14		John Deere 6125	21	7,88	55,16	110,3	1	3	300	0,25	25,4				1,81	9,26	1087,80	16,77
13	Збірвання врожаю	2,7 т/га	за	100	10-20.09	8	14		Case IH 9240	1	4,143	29	58	1	2	16,2	1620	0,48	48,3			3,45-			
14	Перевез зерна	б/м	т	270	10-20.09	8	14		Volvo FM 13		6,8	52	95,2	2	0,29	78,3	0,59	158,8				5,19			
15	Контроль твердості ґрунту	60 см	за	100	10.09-20.09	1	7		Цифровий генератор S 600	1	100														
													2994,9		594,02		71,59		6362,43		53,40				
													29,95		5,8		0,72								



УЗГОДЖЕНО  
проректор з наукової та інноваційної  
діяльності Дніпровського державного  
аграрно-економічного університету,  
доктор сільськогосподарських наук,  
професор



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Фінансовий директор  
ПП «Мир»



### АКТ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ

Цим актом підтверджується виконання на території приватного підприємства «Мир» Новомосковського району Дніпропетровської області елементів експериментально-виробничих досліджень в рамках студентської наукової роботи «Підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку інтегруванням програм цифрового землеробства:

- створення віртуальних меж полів та сітки відбору проб в програмі Skok Agro;
- конвертація файлів у розширення «kml» і передача їх у застосунок Locus Map;
- вимірювання твердості ґрунту на полях ПП «Мир» за агрофонами: етерня пшениці озимої;
- обробка результатів та надання рекомендацій виробництву.

Запропоновані методи інтеграції даних, отриманих в різних програмах цифрового землеробства підвищують ефективність використання техніки і приймає до впровадження у виробничій діяльності ПП «Мир».

Науковий керівник,  
завідувач кафедри експлуатації  
машинно-тракторного парку  
Дніпровського державного  
аграрно-економічного університету,  
член-кореспондент Академії Прикладних наук,  
канд. техн. наук, доцент

 Олександр ДЕРКАЧ

Здобувач вищої освіти ОПІ 201 Агроніомія  
Здобувач вищої освіти ОПІ 208 Агроінженерія

 Кирило НОР  
 Роман БАБАЙ