

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності вирощування озимої пшениці в умовах
виробничого підрозділу Підгайчики філії «Перспектив» ПрАТ «Зернопродукт МХП»

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41
спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Романюк Я.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Броцак І.С.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Сташків М.Я.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Бабій А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) Левкович М.Г.
(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Романюку Ярославу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності вирощування озимої пшениці в умовах
виробничого підрозділу Підгайчики філії «Перспектив»

ПрАТ «Зернопродукт МХП»

Керівник роботи Брошак І.С., к.с/г н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2026

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до вирощування озимої пшениці; типовий
технологічний процес посіву пшениці; базова конструкція посівного комплексу

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки.

Перелік посилань

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

1. Схема технологій вирощування озимої пшениці. 2. Приклад техніко-агрегатного парку.

3. Застосунки точного землеробства та їх функціонал. 4. Аналіз сівозміни. 5. Техніко-
економічні параметри диференційної технології. 6. Використання систем автоматичного
водіння та віртуальних ISO терміналів

7. Принцип роботи CAN BUS в системі Precision Planting.

8. Діагностика та усунення типової несправності електрообладнання Precision Planting

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Романюк Ярослав Олександрович.

Тема роботи – „Підвищення ефективності вирощування озимої пшениці в умовах виробничого підрозділу Підгайчики філії «Перспектив» ПрАТ «Зернопродукт МХП ”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Броцак Іван Станіславович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – підвищення ефективності вирощування озимої пшениці шляхом зміни сталої технології догляду на диференційну.

Об’єкт дослідження – загальний технологічний процес вирощування озимої пшениці.

Предмет дослідження – диференційна технологія вирощування озимої пшениці.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп’ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій вирощування та догляду озимої пшениці;
- проведено аналіз засобів механізації вирощування озимої пшениці;
- розраховано економічні затрати при вирощуванні озимої пшениці;
- розраховано техніко-експлуатаційні показники;
- розраховано техніко-економічні показники;
- визначено шкідливі виробничі фактори при експлуатації модернізованого посівного комплексу;

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано впровадження технологій точного землеробства при вирощуванні озимої пшениці, що забезпечує підвищення врожайності культури, раціональне використання насіння, добрив і засобів захисту рослин та зниження виробничих витрат.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 56 арк. формату А4, додатки – 12 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 9 арк. формату А4.

Ключові слова: технологічний процес посіву озимої пшениці, сівалка точного висіву, робочі органи, ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	7
1.1 Загальна характеристика підприємства	7
1.2 Аналіз технології вирощування озимої пшениці	11
1.3 Аналіз технічно-агрегатного парку підприємства.....	15
1.4 Аналіз застосунків точного землеробства	20
2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Аналіз структури сівозміни та технології вирощування озимої пшениці	23
2.2 Обґрунтування використовуваної технології.....	24
2.3 Розрахунок техніко-економічних параметрів	27
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	36
3.1 Підбір обладнання Precision Planting	36
3.2 Принципи роботи протоку CAN в системі Precision Planting.....	40
3.3 Розроблення інструкції з діагностики та усунення типової несправності електрообладнання Precision Planting	42
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Безпека та запобігання нещасним випадкам	46
4.2 Вимоги безпеки до машинно-тракторних агрегатів	48
4.3 Безпека під час виконання технологічних операцій вирощування озимої пшениці	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Ефективне виробництво сільськогосподарської продукції є основним аграрній економіці України, особливо і для підприємств агросектору. Компанія Миронівський хлібопродукт є одним із лідерів галузі, що ставить перед собою ціль впроваджуючи новітні засоби та технології вирощування культур, досягати стабільно високих врожаїв із мінімізацією шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Що є актуальним у час, коли гостро постає потреба у підвищенні загальної ефективності агрооперацій, актуальним є удосконалення наявного технічно – агрегатного парку, з метою збільшення надійності, продуктивності та точності. Особливу увагу слід приділити переобладнанню посівних комплексів, оскільки саме вони відповідають за дотримання норм висіву, їх економічному використанні та ефективності проростання.

Не зважаючи на наявність досить великої кількості різних за конструктивом висівних апаратів. Досі залишається актуальне питання коливання норми висіву при динамічних робочих режимах. Тому переобладнання сівалки точного висіву більш стабільними та продуктивними висівними апаратами є важливим у виробничому процесі.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності вирощування озимої пшениці в умовах виробничого підрозділу «Підгайчики» філії Перспектив ПрАТ «Зернопродукт МХП», зокрема аналіз сівозміни та даних від систем точного землеробства Climate FieldView та Precision Planting, виявлення та усунення їх типових несправностей, а також технологічної карти вирощування культури в умовах виробничого підрозділу МХП. В роботі враховано вимоги до комплексної автоматизації процесу агровиробництва, зменшенню вартості виробництва продукції та оптимального використання машино-тракторного парку.

1.АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

1.1 Загальна характеристика підприємства

Філія Перспектив є відокремленим підрозділом ПрАТ «Зернопродукт МХП», що входить до складу агропромислового холдингу МХП. Підприємство функціонує з 2007 року, та розташоване у місті Городенка Коломийського району Івано-Франківської області.

Організаційна структура та розміщення. Філія складається з 2 виробничих підрозділів що знаходяться в селах Рашків та Підгайчики. Загальний земельний банк підприємства складає 26 тис. га, які розміщені у межах Івано-Франківської області

Основними сферами діяльності є вирощування продовольчих та технічних культур, таких як озима пшениця, кукурудза, озимий ріпак, соя та високоолеюваний соняшник. Філія вирощує кормові культури задля задоволення потреб власного скотарства. А також має власні пасіки, що стимулюють процеси запилення рослин, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Пасіки що розміщені на модулі Рашків

Виробнича інфраструктура. Філія Перспектив має повністю оснащену виробничу базу, що включає власний елеваторний комплекс, сучасний технічний парк сільськогосподарської техніки та ділянку для виробництва мінеральних добрив, фото подані в рисунках 1.2-1.5.



Рисунок 1.2 – Городенківський елеватор



Рисунок 1.3 – Трактор John Deere 8RX410 із культиватором CASE TigerMate



Рисунок 1.4 – Самохідний обприскувач John Deere M4040

Це забезпечує замкнений цикл агровиробництва від підготовки ґрунту, забезпечення своєчасного посіву та збору врожаю до зберігання та переробки продукції.



Рисунок 1.5 – Сучасний вагово – лабораторний комплекс

У сфері тваринництва підприємство розвиває молочне скотарство. Поголів'я великої рогатої худоби складається з 2735 голів, з яких 1378 – корови, 860 – бичків на відгодівлі. Підприємство має дві молочні ферми, одну для вирощування нетелів та одну для відгодівлі бичків.



Рисунок 1.6 – Приміщення одного з корівників підприємства

1.2 Аналіз технології вирощування озимої пшениці

У даному підпункті розглянемо 2 основні технології вирощування озимої пшениці, які поширені у західному регіоні. А саме: класичну технологію із застосуванням оранки, а також технологію вертикального обробітку ґрунту. Кожна із зазначених технологій має свої позитивні та негативні сторони про які ітиметься в розділі.

Класична технологія передбачає повний цикл передпосівного обробітку ґрунту. В процесі якого верхній родючий шар перекидається забезпечуючи подальші сприятливі умови для розвитку кореневої системи.

Така система добре показує себе в умовах коли потрібно заробляти значну кількість поживних решток культури попередника наприклад кукурудзи на зерно. Також застосування такої технології сприяє заорюванню частини бур'янів у нижній перевернутий шар ґрунту задля зменшення загальної забур'яненості, а також їх подальшої гуміфікації із накопиченням корисної біоти в родючому шарі ґрунту.

Оскільки озима пшениця є культурою яка добре реагує на зміни в конфігурації поля: вирівнювання, ущільнення та оптимальну глибину. Після проведення основного обробітку – оранки потрібно провести додаткове вирівнювання площі за допомогою борін.

Класична технологія вирощування озимої пшениці із застосуванням оранки є надійною та зрозумілою системою, яка забезпечує якісну підготовку ґрунту, добрий фітосанітарний стан поля та рівномірні умови для сівби. Вона особливо доцільна на забур'янених полях, після попередників із великою кількістю рослинних решток, а також на ущільнених ґрунтах.

Водночас така технологія потребує значних енергетичних витрат і може спричиняти втрату вологи, ерозійні процеси та формування плужної підшви. Тому її ефективність залежить від правильного вибору строків обробітку,

глибини оранки, якості передпосівної підготовки та поєднання з раціональною системою удобрення і захисту посіву.

Послідовність технологічних операцій для класичної технології вирощування озимої пшениці подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Послідовність технологічних операцій для класичної технології вирощування озимої пшениці

Операція	Орієнтовний строк	Мета виконання	Особливості
Лущення стерні	відразу після збирання попередника	провокація проростання бур'янів і падалиці, подрібнення решток	проводять дисковими знаряддями на 6-10 см
Внесення добрив	перед основним обробітком або локально перед сівбою	забезпечення рослин елементами живлення	основну дозу фосфору і калію часто вносять під оранку
Оранка	літо-осінній період, залежно від попередника	перевертання орного шару, заробляння решток і добрив	типова глибина 20-25 см, за потреби коригується
Вирівнювання поля	після оранки або перед сівбою	зменшення брилуватості, закриття вологи	використовують борони, котки, культиватори
Передпосівна культивация	безпосередньо перед сівбою	формування насінневого ложа	глибина обробітку наближена до глибини загортання насіння
Сівба	оптимальні строки для зони вирощування	створення рівномірного посіву	глибина загортання зазвичай 3-5 см, залежно від вологи і ґрунту
Коткування	після сівби за потреби	покращення контакту насіння з ґрунтом	доцільне при сухому ґрунті або недостатньому ущільненні
Догляд за посівами	осінь-весна	контроль бур'янів, хвороб, шкідників і живлення	передбачає підживлення, гербіцидний, фунгіцидний та інсектицидний захист
Збирання врожаю	фаза повної стиглості зерна	отримання якісного зерна з мінімальними втратами	проводять прямим комбайнуванням або роздільним способом за потреби

Технологія вертикального та мінімального обробітку (Verti – Till)

Verti - Till, або вертикальний обробіток ґрунту – є різновидом інтенсивної ґрунтозахисної технології, за якою робочі органи переважно працюють у вертикальній площині не перевертаючи пласт ґрунту. На відміну від класичної

технології, дана система не загортає рештки у пласт а залишає їх більшу частину на поверхні, тим самим даючи змогу утворювати необхідну біоту.

Метою технології є створення рівного посівного ложа, зменшення поверхневого ущільнення покращення водопроникності, збереження вологи та захисного шару рослинних решток. Для вирощування озимої пшениці може застосовуватися у разі висіву після культури яка залишає достатньо велику кількість поживних решток, наприклад кукурудза на зерно, соняшник або ріпак за умови якісного подрібнення та рівномірного розподілу решток по усій площі поля.

Дана технологія є менш енергозатратною ніж класична технологія, що є більш економічно вигідно у теперішній час. Також перевагою є накопичення вологи у ґрунті, та зменшення повітряної та водної ерозії, опис особливостей технології подано в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – послідовності технологічних операцій для Verti Till

Операція	Орієнтовний строк	Мета виконання	Особливості
Подрібнення та рівномірний розподіл рослинних решток	відразу після збирання попередника	створення рівномірного шару мульчі, запобігання скупченню соломи	важливо якісно подрібнити солому комбайном і рівномірно розкидати її по полю
Вертикальний обробіток стерні	одразу після збирання або через кілька днів	розрізання рослинних решток, часткове перемішування верхнього шару, провокація проростання бур'янів і падалиці	проводять агрегатами Verti-Till на глибину 5–8 см без перевертання пласта
Внесення добрив	перед основним або передпосівним обробітком	забезпечення рослин елементами живлення	фосфорні та калійні добрива можна вносити поверхнево

Продовження таблиці 1.2

Основний вертикальний обробіток	літньо-осінній період, залежно від попередника	руйнування ущільнень, покращення водопроникності, збереження структури ґрунту	типова глибина 8–15 см; ґрунт не перевертається, частина решток залишається на поверхні
Вирівнювання поля	після основного обробітку або перед сівбою	створення рівної поверхні для якісної роботи сівалки	часто виконується одночасно з вертикальним обробітком за рахунок котків або вирівнювальних секцій
Передпосівний обробіток	безпосередньо перед сівбою	формування посівного ложа, збереження вологи	обробіток має бути неглибоким, приблизно на глибину загортання насіння або трохи глибше
Сівба озимої пшениці	оптимальні строки для зони вирощування	створення рівномірного посіву з потрібною густиною рослин	глибина загортання насіння зазвичай 3–5 см; важлива якісна робота сівалки за наявності решток
Коткування	після сівби за потреби	покращення контакту насіння з ґрунтом, підтягування вологи до насіння	доцільне за сухої погоди або недостатнього ущільнення посівного ложа
Догляд за посівами	осінньо-весняний період	контроль бур'янів, хвороб, шкідників і забезпечення живлення	через менший механічний контроль бур'янів важливе своєчасне застосування гербіцидів
Збирання врожаю	фаза повної стиглості зерна	отримання якісного зерна з мінімальними втратами	важливо рівномірно подрібнювати й розподіляти соломку, оскільки це важливо для наступного циклу Verti-Till

Проведемо порівняння класичної технології та технології вертикального обробітку ґрунту, результати подані в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Порівняння основних показників при використанні класичної та вертикальної технології обробітку ґрунту

Показник	Класична технологія з оранкою	Verti-Till
Перевертання пласта	Повне або майже повне перевертання орного шару.	Без повного перевертання, переважно вертикальне розпушування.
Рослинні рештки	Значна частина загортається в ґрунт.	Значна частина залишається на поверхні як мульча.
Ерозійна стійкість	Нижча, особливо на схилах і легких ґрунтах.	Вища завдяки збереженню покриву з решток.
Боротьба з бур'янами	Краща механічна дія, загортання насіння бур'янів.	Слабша механічна дія, більша роль гербіцидів.
Витрати пального і часу	Вищі через енергоємність оранки.	Зазвичай нижчі за рахунок меншої інтенсивності обробітку.
Якість посівного ложа	Добра за якісної передпосівної підготовки.	Добра за рівномірних решток і правильно підібраної сівалки.

1.3 Аналіз технічного – агрегатного парку підприємств'а

Трактори для енергоємних операцій. Трактори що залучаються до енергоємних сільськогосподарських робіт, виражаються оптимальною потужністю для виконання конкретної операції, високою продуктивністю, здатністю працювати з великими навантаженнями. Такий вибір техніки дозволяє якнайкраще використовувати техніку для конкретного операційного процесу, машини із двигунами середньої категорії потужності застосовуються для внесення мінеральних добрив, роботі із бункерами перенавантажувачами, що дозволяє зменшити переущільнення ґрунту під час збирання урожаю.

Трактори з більшою номінальною потужністю залучають до виконання більш енергоємних операцій мають значну масу та здатність працювати з великими навантаженнями саме таке техніка застосовується для ґрунтообробітку та посіву. Завдяки повному приводу та підвищеній тязі вони забезпечують сталю роботу навіть у складних умовах та на будь-яких ґрунтах. У великих

агропідприємствах саме комбінування машин таких категорій відіграє ключову роль у своєчасному виконанні поставлених технологічних операцій та підвищенні загальної ефективності виробничого процесу.

Fendt 936 Vario Gen6 – це високотехнологічний колісний трактор загального призначення, який поєднує в собі потужність та маневреність. Машина оснащена 6-циліндровим двигуном MAN об'ємом 9,0 літрів, що забезпечує максимальну потужність 355 к.с. (261 кВт). Особливістю покоління Gen6 є концепція низьких обертів двигуна Fendt iD, яка дозволяє досягати максимального крутного моменту вже при 1150 об/хв, суттєво знижуючи витрати пального.

Трактор обладнаний фірмовою безступінчастою трансмісією Vario TA 300, яка забезпечує постійний повний привід та оптимальне тягове зусилля незалежно від типу покриття. Робоче місце оператора базується на інноваційній платформі FendtONE, яка в комплектації Power пропонує базовий, але функціональний набір цифрових рішень для керування агрегатами. Гідравлічна система здатна забезпечувати потік до 220 л/хв, що дозволяє працювати з широким спектром сучасного навісного обладнання..



Рисунок 1.7 – Fendt 936 Vario Gen6

Технічні характеристики Fendt 936 Vario Gen6 подано в Додатку А.

John Deere 8RX 410 – це високопродуктивний чотиригусеничний трактор, розроблений для енергоємних сільськогосподарських операцій, зокрема оранки,

культивуації та посівних робіт. Силова установка базується на двигуні John Deere PowerTech об'ємом 9,0 літра, який видає номінальну потужність 410 к.с. (302 кВт). При частоті обертання 1900 об/хв максимальна потужність сягає 443 к.с. (326 кВт), а піковий крутний момент становить 1851 Н·м при 1600 об/хв.

Модель комплектується трансмісією e23 PowerShift або інноваційною електромеханічною коробкою передач eAutoPowr EVT, що гарантує плавне перемикання та високий ККД. Стандартна потужність гідравлічного потоку становить 227 л/хв, проте використання опційного насоса дозволяє збільшити цей показник до 318 л/хв. Гнучкість адаптації до різних погодних умов забезпечується вибором ширини гусениць у діапазоні від 420 до 762 мм.

Ключовою перевагою чотиригусеничної концепції 8RX 410 є оптимальний розподіл маси, що мінімізує тиск на родючий шар ґрунту та покращує тягові характеристики на складних рельєфах. Це робить трактор раціональним вибором для великих господарств, де пріоритетом є висока продуктивність у поєднанні з дбайливим ставленням до ґрунту



Рисунок 1.8 – John Deere 8RX 410

Технічні характеристики John Deere 8RX 410 подано в Додатку Б.

Культиватор Väderstad Opus 400 призначений для інтенсивного обробітку ґрунту (глибокого розпушування, руйнування ущільнених шарів та ефективного перемішування рослинних решток) на глибину до 40 см. Основною перевагою даного агрегату є його універсальність та здатність виконувати якісну підготовку ґрунту за один прохід, що є критично важливим для оптимізації витрат на пально-мастильні матеріали та підвищення загальної рентабельності господарства.

Конструктивна міцність та надійність є фундаментальними характеристиками Opus 400. Потужна рама дозволяє впевнено працювати на найбільш переущільнених ділянках полів, а використання стійок з гідравлічним захистом, що забезпечують зусилля спрацювання до 700 кг, гарантує цілісність робочих органів навіть при роботі на максимальну глибину в складних умовах.

Основна концепція, реалізована в Opus 400, полягає в поєднанні глибокого розпушування з інтенсивним подрібненням і розподілом пожнивних решток. Це сприяє швидкій мінералізації біомаси та покращенню структури ґрунту з одночасним вирівнюванням поверхні. Використання широкого спектра змінних долот та відвалів (таких як Marathon або DeepLoosening) дозволяє адаптувати знаряддя до конкретних агротехнічних завдань, зменшуючи потребу в додаткових операціях.

Агрегат оснащений системою гідравлічного захисту стійок, яка дозволяє робочим органам автоматично відхилятися при зустрічі з перешкодами (наприклад, камінням) і миттєво повертатися в робоче положення, що мінімізує ризики поломок і простоїв. Високий кліренс рами та оптимальна відстань між стійками (27 см) забезпечують безперервний потік ґрунту та решток без забивання знаряддя.

Управління Väderstad Opus 400 здійснюється за допомогою надійної гідравлічної системи, яка дозволяє оператору з високою точністю контролювати робочу глибину безпосередньо з кабіни трактора. Гнучкість налаштувань також забезпечується можливістю вибору типу прикочуючих котків (наприклад, Double SoilRunner або SteelRunner), що дозволяє досягати ідеального результату обробітку незалежно від типу та вологості ґрунту.



Рисунок 1.9 – Väderstad Opus 400

Технічні характеристики Väderstad Opus 400 подано в Додатку В.

Навісний розкидач мінеральних добрив Amazone ZA-TS 500 – призначений для рівномірного розподілення гранульованих, порошкоподібних або рідних добрив на сільськогосподарських угіддях. Його найважливіша функція – забезпечення внесення оптимальної дози добрив на усіх полігонах поля.

Основні переваги:

- Бункер має місткість 5000 літрів, що дозволяє збільшити продуктивний час роботи агрегату.
- Розкидач оснащений системою Amazone TS, яка забезпечує точне дозування та рівномірний розподіл на ширину до 54 метрів. Що дозволяє рівномірно вносити добриво та знижувати витрати на мінеральні добрива.
- ISOBUS сумісність, що дозволяє інтегрувати його із більшістю сучасних AMS систем та контролювати усі параметри із одного дисплею, а також працювати за картами завдань та змінними нормами.
- Завдяки гідравлічній системі Amazone Hydro агрегат може працювати на високих швидкостях, що збільшує продуктивність в роботі особливо на великих площах.
- Навісна конструкція запобігає утворенню додаткових колій та переущільненню ґрунту, що позитивно відображається на майбутньому урожаї.

- Вбудована система зважування Profis дозволяє контролювати залишкову масу продукту, розрахункову площу та ширину до наступного завантаження не виходячи із кабіни, а також в разі потреби швидко коригувати норму внесення відповідно до потреб конкретного поля.
- Два диски розкидання що працюють на високих швидкостях та мішалки що працюють на швидкості 60об/хв забезпечують як рівномірний розподіл по усій ширині захоплення, так і мінімальне пошкодження гранул під час розкидання, навіть на полях із складною конфігурацією.
- Система AutoTS та BorderTS технології які спрямованні не тільки на економію, а й на зменшення негативного впливу розкладу мінеральних добрив поблизу водойм.



Рисунок 1.10 – Amazone ZA-TS 5000

Технічні характеристики Amazone ZA-TS 5000 подано в Додатку Г.

1.4 Аналіз застосунків точного землеробства

Ag Leader SMS – це комп’ютерне програмне забезпечення для роботи з аграрними картами та даними: карти врожайності, посіву, внесення добрив/ЗЗР, межі полів, ґрунтові проби, завдання для техніки. Ag Leader описує SMS як інструмент для картографування й аналізу даних точного землеробства

Climate FieldView – це цифрова платформа від Bayer/Climate для збору й аналізу польових даних. Вона використовується для моніторингу посіву,

обприскування, збирання врожаю, перегляду карт, супутникових знімків і прийняття рішень на основі даних.

Функціонал програм досить схожий проте ідеї закладені в їх застосування кардинально різні: FieldView є швидким помічником в умовах виконання тієї чи іншої операції, саме він надає змогу швидко прийняти рішення для своєчасного втручання в процес посіву задля змін параметрів тих чи інших датчиків.

Ag Leader SMS є більш вузько спеціалізованою програмою призначеною для повноцінного аналізу даних після виконання операції, створенню файлів полів із чітко визначеними границями що позитивно впливає на продуктивність роботи адже не потрібно виконувати об'їзд поля, не менш важливим функцією є і створення навігаційних ліній та маршрутів, їх використання дозволяє механізатору сконцентруватися на контролі роботи агрегату, що дозволяє більш плідно працювати оператору в межах однієї зміни, та зменшити час простоїв через поломку техніки. Однією із найбільш корисних функцій є можливість створення припису для виконання завдання (Shapefile) як для сталої норми внесення продукту так і для диференційного. Порівняння ефективності першого та другого варіанту буде одним із основних завдань даного розділу.



Рисунок 1.11 – Швидкість руху комбайну при збиранні урожаю (середовище Climate FieldView)

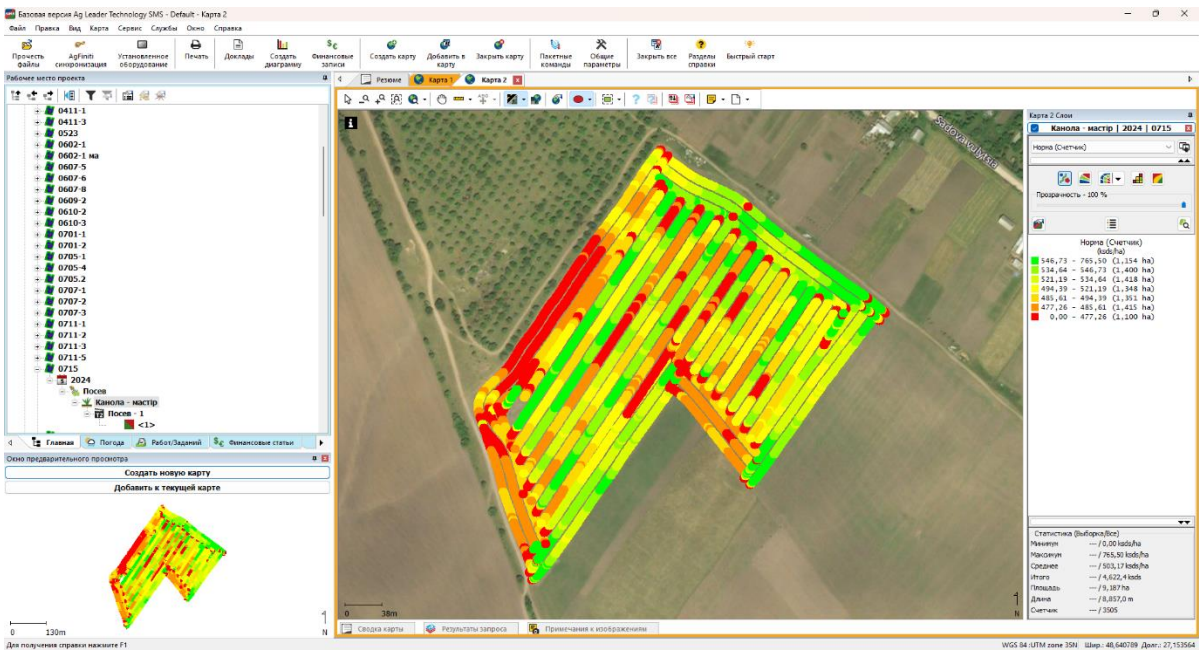


Рисунок 1.12 – Нормы висіву із середовища Ag Leader SMS

2. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз структури сівозміни та технології вирощування озимої пшениці

Для виконання кваліфікаційної роботи нами було вибрано поле площею 127.5 га із масиву ВП Рашків філії «Перспектив» ПрАТ “Зернопродукт МХП”, в період виробничого сезону 2025 для культури Озима Пшениця.

Розглянемо сівозміну із середовища FieldView, яка застосовується на даному полі рис 2.1

Рік	Культура	Сорт	Врожайність, ц/га	Очікувана врожайність, ц/га	Урожай, т	Залікова вага, т	Тип сівозміни
2028	—	—	—	—	—	—	—
2027	—	—	—	—	—	—	—
2026	Ріпак озимий	—	—	—	—	—	—
2025	Пшениця озима	—	—	—	—	—	—
2024	Соя	—	—	—	—	—	—
2023	Кукурудза	П8834 F1	—	—	—	—	—
2022	Кукурудза	ДКС 3730 F1	68.73	—	876.33	—	—
2021	Кукурудза	Керберос F1	79.57	—	998.87	—	—
2020	Соняшник високоолеїновий	СИ Експерто F1	27.33	—	343.07	—	—
2019	Кукурудза	ДКС 3730 F1	62.42	—	752.40	—	—
2018	Кукурудза	—	84.27	—	1 057.78	—	—
2017	—	—	—	—	—	—	—
2016	—	—	—	—	—	—	—

Рисунок 2.1 – Сівозміна обраної ділянки

Сівозміна у період 2018 – 23рр. була надто насичена кукурудзою яка є досить виснажливою для структури ґрунту. Основними проблемами при такій насиченості даної культури в сівозміні можуть бути:

- накопичення хвороб і шкідників кукурудзи;
- виснаження запасів азоту, фосфору і калію;
- велика кількість пожнивних решток, які повільно розкладаються ;
- погіршення структури ґрунту;
- зниження ефективності добрив;
- ризик падіння врожайності в посушливі роки.

З сезону 2024 іде перехід до зміненої структури сівозміни: Кукурудза – Соя – Озима пшениця – Озимий ріпак. Що дає змогу разом із внесенням мінеральних органічних добрив, а також із короткочасним переведенням площі у зяб вирівняти можливий негативний вплив домінування кукурудзи на ґрунт. Незважаючи на монокультурність кукурудзи урожайність була досить високою проте як і було передбачено продуктивність спадала в посушливі роки (2019 та 2022 для кукурудзи та 2020 рік для соняшника).

Поєднання сої та озимої пшениці є одним із кращих із можливих комбінацій культур для сівозміни, соя є азот фіксуючою культурою, що позитивно відображається у майбутніх врожаях зернових культур котрі дуже чутливі до його недостачі в макроелементарній структурі ґрунту. Також не потрібно забувати і про те що бобові та зернові культури не мають спільних шкідників та хвороб які могли б накопичуватися із сезону в сезон.

2.2 Обґрунтування використовуваної технології

Технологія вирощування озимої пшениці на даному полі побудована на поєднанні мінімального та глибокого безполицевого обробітку ґрунту, точного висіву, збалансованого мінерального живлення і своєчасного захисту рослин. Відмова від класичної оранки є обґрунтованою, оскільки для господарства

важливим є збереження вологи, зменшення ерозійних процесів і раціональне використання поживних решток.

Першим елементом технології є глибоке розпушування ґрунту на 23–25 см агрегатами Fendt-936 Vario з бороною диско-лаповою CASE IH Ecolo-Tiger 875. Такий обробіток руйнує ущільнені прошарки, покращує проникнення вологи в нижні горизонти та створює умови для розвитку кореневої системи озимої пшениці.

Передпосівна культивуація проводиться на глибину до 8 см із використанням Väderstad Opus 400. Її призначення полягає у вирівнюванні посівного ложа, збереженні вологи та створенні дрібногрудочкуватої структури верхнього шару ґрунту. Для озимої пшениці це особливо важливо, оскільки рівномірна глибина загортання насіння забезпечує дружні сходи та однаковий розвиток рослин перед входженням у зиму.

Посів озимої пшениці сорту Саласар проведено 10–11 жовтня 2024 року з нормою висіву 195 кг/га. Одночасно із сівбою внесено діамофоску N10:P26:K26 у нормі 0,08 т/га, що забезпечує стартове фосфорно-калійне живлення і підтримує розвиток кореневої системи в осінній період. За картами посіву швидкість агрегату становила 9–11 км/год, що є оптимальним для сівалки суцільного висіву та не повинно погіршувати рівномірність розподілу насіння.

Система живлення доповнюється весняним і вегетаційним внесенням мінеральних добрив. Для азотного підживлення використовуються аміачна селітра N34 у нормі 0,18 т/га, сульфат амонію у нормі 0,08 т/га. Застосування різних форм азоту дозволяє підтримувати рослини в ключові фази розвитку, а внесення сульфату амонію додатково забезпечує культуру сіркою, що важливо для засвоєння азоту та формування білка в зерні.

Захист посівів передбачає внесення гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів, регуляторів росту, мікродобрив і поверхнево-активних речовин. За інформацією технологічної карти застосовувалися такі препарати Циркуль, Фаместра, Солігор, Короза, Полігард, Вантекс, а також регулятори росту Мокса і Цикоган. Внесення ЗЗР відбувалося в два етапи : в фазу 00-09, та 61-69 за шкалою ВВСН.

Такий підхід спрямований на контроль бур'янів, зменшення ризику грибних хвороб, захист від шкідників і запобігання виляганню посівів.

Збирання озимої пшениці виконувалось 14–15 серпня 2025 року комбайнами Claas серії Lexion із швидкістю 3–4 км/год. За даними карти врожайності (Додаток Д) середня продуктивність становила близько 9–10 т/га за вологості зерна 14 %. Такий рівень урожайності свідчить про ефективність поєднання правильного попередника, своєчасного посіву, і збалансованого технологічного супроводу.

Для підвищення результативності вирощування озимої пшениці доцільно створити в Ag Leader SMS стабільні межі поля, навігаційні лінії та карти зон продуктивності. Після збирання попередників карти врожайності потрібно порівнювати з картами посіву, внесення добрив і супутниковими індексами з Climate FieldView.

Це дозволить виділити високопродуктивні, середні та проблемні ділянки, а вже на їх основі формувати диференційовані завдання для висіву, внесення добрив і засобів захисту рослин. Також для зменшення витоптування культури під час підживлення або захисту варто зважати не на геометрично створенні навігаційні лінії, а вибудовувати лінії для конкретного сезону на базі ліній посіву тієї чи іншої культури.

Збереження мінімального або вертикального обробітку ґрунту є обґрунтованим, оскільки господарство працює в умовах нестійкого вологозабезпечення. Відмова від класичної оранки зменшує втрати вологи, обмежує ерозійні процеси та допомагає ефективніше використовувати пожнивні рештки. Водночас розпушування на 23–25 см слід виконувати не по всій площі автоматично, а передусім у зонах із підтвердженим ущільненням.

Для цього бажано поєднувати дані врожайності, сліди техніки, результати польового огляду та контроль щільності ґрунту. А також відслідковування глибини обробітку ґрунту за допомогою системи GPS моніторингу (Додаток Е). В такому випадку при отриманні даних від підключення до штатного потенціометра який відповідає за положенням навіски при підставленні даних

про положення агрегату відносно землі в робочому положенні та положенні коли робочі органи тільки торкаються землі, отримуємо лінійну залежність вольтажу потенціометра, висоти положення навіски та робочої глибини.

Під час підготовки поля під озиму пшеницю важливо не перевантажувати верхній шар зайвими проходами агрегатів. Передпосівна культивуація має забезпечувати вирівняне посівне ложе, дрібно грудкову структуру та збереження вологи на глибині загортання насіння. Якщо верхній шар пересушений, доцільно зменшити інтенсивність обробітку й уникати надмірного перемішування ґрунту, оскільки це може погіршити польову схожість.

2.3 Розрахунок техніко – економічних параметрів

Для озимої пшениці вирішальне значення має рівномірність розміщення насіння за глибиною та по площі поля. Базову глибину загортання насіння за нормальної вологості доцільно підтримувати на рівні 3–4 см. На легких або підсушених ділянках глибину можна незначно збільшувати, але без надмірного заглиблення, оскільки зайві сантиметри ґрунтового шару знижують енергію проростання і затримують появу сходів. На перезволожених або ущільнених ділянках, навпаки, необхідно зменшувати притискне зусилля та не допускати ущільнення борозни.

Основною причиною переходу від наявної сівалки Horsch Pronto 9 DC до сівалки точного висіву Horsch Maestro 31 SV є краще дотримання нею норми висіву при висіві не однорідних норм адже в випадку комплексу суцільного висіву дозування насіння відбувається виключно наддувом турбіни яка подає насіння до висівних грибків на яких встановлено по дві заглушки для перекриття потоку посівного матеріалу до певних сошників, тим самим створюючи технічні колії для подальших операцій. В той час як на сівалці точного висіву турбіна подає насіння від бункеру до основної магістралі з якої кожна висівна секція

захоплює частину матеріалу в міні бункер передбачений конструкцією висівного апарату Vset2.

Розрахуємо корисну ширину захоплення агрегату:

$$B = n \times b, \quad (2.1)$$

де: n – кількість сошників сівалки;

n – кількість працюючих сошників сівалки

b – базове міжряддя між сошниками.

$$B = 31 \times 0,35 = 10,85 \text{ м.}$$

Визначемо продуктивність посіву наявними посівними комплексами:

$$w_h = 0.1 \times B \times v \times \tau, \quad (2.2)$$

де:

v – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу (приймаємо $\tau = 0,75$);.

Продуктивність сівалки Horsch Pronto 9 DC

$$w_{hP} = 0.1 \times 9 \times 10 \times 0.75 = 6.75 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

Продуктивність сівалки Horsch Maestro 31SV SplitRow

$$w_{hM} = 0.1 \times 10.85 \times 14 \times 0.75 = 11.39 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

Заміна посівного комплексу дозволить збільшити продуктивність посіву, що є позитивним в сучасності оскільки терміни посіву із кожним роком все скорочуються.

Розрахунок схеми висіву та догляду з дотриманням диференційних норм Згідно з даними систем точного землеробства (Ag Leader SMS, Climate FieldView), поле було розділено на три зони продуктивності:

Висока продуктивність: 38 га (30% площі). Норма висіву зменшується до 185 кг/га.

Середня продуктивність: 66 га (52% площі). Норма висіву залишається незмінною – 195 кг/га.

Зона низької продуктивності: 23,5 га (18% площі). Норма висіву збільшується до 200 кг/га

Обрахуємо затрати підприємства при використанні сталих норм.

Для посіву обраного поля потрібно було виконати по 1-му циклу обробки такими агрегатами як CASE IH Ecolo-Tiger 875, та Väderstad Opus 400. Затрата палива на одиницю площі для розпушування на глибину близько 18 л/га, та 6,5 л/га для передпосівної культивування. Для повного обробітку поля отримуємо витрату в 2295 л. за операцію глибокого розпушування, 829 літрів, що при ціні дизпалива з доставкою до власного складу ПММ в вересні 2025 року близько 70 грн/л, обійшлося підприємству в 230 тис. грн.

Наступним етапом буде посів – норма висіву для досліджуваного поля становила 195кг/га,

Розрахунок затрати на посів за класичною технологією

$$M_c = 127,5 \text{ га} \times 195 \frac{\text{кг}}{\text{га}} = 24,86 \text{ т}$$

$$24,86 \times 14500 = 360\,470 \text{ грн.}$$

Розрахунок маси насіння для диференційованого висіву:

$$\text{Зона 1: } 38 \text{ га} \times 185 \frac{\text{кг}}{\text{га}} = 7030 \text{ кг}$$

$$\text{Зона 2 : } 66 \text{ га} \times 195 \frac{\text{кг}}{\text{га}} = 12870 \text{ кг}$$

$$\text{Зона 3 : } 23,5 \text{ га} \times 200 \frac{\text{кг}}{\text{га}} = 4700 \text{ кг}$$

$$\text{Загальна потреба } 7030 + 12870 + 4700 = 24600 \text{ кг}$$

Загальна витрата диференційної норми:

$$M_d = 24,6 \times 14500 = 356\,700 \text{ грн.}$$

Тобто прямий грошовий ефект

$$\Delta = 360470 - 356700 = 3770 \text{ грн}$$

В технологічній карті для даного поля було заплановано 2 етапи внесення ЗЗР. 1-ше внесення з нормою витрати робочого розчину 150 л/га на всю площу потрібно 19125л, вартість склала 310 тис. гривень, або ж 2432 грн/га. 2-ге внесення спрямоване на захист вже сформованої рослини від інсектицидів та фунгіцидів у період цвітіння та формування зерна. Вартість такої обробки

близько 90 тис. гривень, 3100 грн/га. Норма внесення 250 л/га, та загальний об'єм РР близько 32 тис.л.

Не менш важливим етапом у підтриманні стабільного врожаю є підживлення вчасне внесення мінеральних добрив. Розглянемо виключно внесення азоту, через те що стартові добрива вносяться відразу під час посіву .

Перше підживлення відбувається у межах 21-25 шкали ВВСН тобто наприкінці лютого на початку березня. При нормі внесення 150 кг/га потібно 19,125 т., з урахуванням цін на аміачну селітру в досліджуваній період становить близько 430 тис. гривень, додаємо сюди витрату палива 102 літри отримуємо витрату в 437 тис. гривень.

Друге внесення відбувається в період виходу від розвитку колоса до початку цвітіння, тобто у фази 51-61. Норма внесення гранульованого сульфату амонію є 80 кг/га, затрати становлять 211 тис. грн
Загальна витрата не враховуючи амортизацію транспортних засобів, агрегатів а також оплату праці становить близько 1671000 гривень.

Розглянемо перехід від технології із сталими нормами до диференційованих норм. З порівняння врожайності у сезоні 2024 та 2025 років (Додаток Ж) можемо виділити такі наступні зони: Високопродуктивна, середня та низькопродуктивна Ці зони відображаються зеленим, жовтим, червоним кольором відповідно. За площею ці частки розділенні у наступному відношенні, подані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розподіл поля за продуктивними зонами

Продуктивність	Колір	Площа/ % від загальної площі
Висока	Зелений	38 га/ 30%
Середня	Жовтий	66 га/ 52%
Низька	Червоний	23,5 га/ 18%

Для захисту рослин розглянемо два випадки із застосуванням диференційного обприскування за допомогою технології John Deere See & Spray а також роботі по карті завдань, що базується на аналізі NDVI та контролі рівня біомаси.

John Deere See & Spray це інноваційна технологія в обприскуванні яка за допомогою штучного інтелекту аналізує дані від камер які встановлено на штангах та працюють у двох типах кольорових спектрів зелений/коричневий застосовується при внесенні першого комплексу розчинів, тобто при внесенні ґрунтового гербіциду відразу після посіву. В такому випадку модуль керування подає живлення на соленоїд керування гідравлічного насосу виливу тільки в тих зонах де на загальному коричневому фоні з'являється зелений колір. При роботі в режимі зелений по зеленому до уваги приймаються дані від фронтальної камери AutoTrac Vision яка визначає ряди і відділяє ряди із культурою від бур'янів. Застосування такого методу дозволяє заощаджувати понад 50% робочого розчину. Тобто більше ніж 200 тисяч гривень за фактом 2 обробок.

При другому випадку аналізуються звіти із актів оглядів полів, знімки NDVI, та рівень біомаси, подані у таблиці 2.2. Формують по лініях які були заданні при посіві, зменшує кількість площі яка буде пошкоджена механічним чином. За допомогою аналізу вище наведених даних, а також зон продуктивності створюємо карту завдання в якій

Таблиця 2.2 – Відповідність зони продуктивності із зміною норми обприскування

Зона продуктивності	NDVI, результати оглядів	Рішення
Висока	0,6 – 0,9/незначна кількість шкідників/бур'янів	Не вносити зміни в норми, або мінімальна рекомендована доза
Середня	0,2 – 0,5/помірні ділянки забрудненні	Базова розрахована норма
Низька	-0,1 – 0,1/Значні ділянки забрудненні	Посилений контроль та збільшення норми

Не варто забувати і про контроль за дотриманням норми виливу кожної форсунки. Для цього варто застосовувати калібратори розпилювачів (Додаток И). За допомогою яких можливо швидко перевірити кожний розпилювач як на спеціалізованому стенді так на самому оприскувачі завдавши його робочий тиск.

Розрахунок потреби в добривах при диференційованому внесенні (на прикладі аміачної селітри)

Традиційна (стала) норма внесення аміачної селітри для поля (площа 127,5 га) складала 180 кг/га. При переході на диференційоване підживлення, норму розподілено за зонами продуктивності:

Розглянемо схему застосування змінної норми.

Таблиця 2.3 Градація диференційної норми в залежності від зони продуктивності

Зона продуктивності	Очікувана врожайність	Норма внесення
Висока	9-10 т/га	Збільшити норму в межах від 150кг/га до 180 кг/га
Середня	7-9 т/га	Залишити не зміною 150 кг/га
Низька	До 7 т/га	Зменшити до 120 кг/га задля раціоналізації використання добрив

Загальна потреба аміачної селітри за сталою нормою ($M_{\text{Стала}}$)

$$M_{\text{Стала}} = 127,5 \text{ га} \times 180 \frac{\text{кг}}{\text{га}} = 22,95 \text{ т.}$$

Загальна потреба за диференційованою нормою

$$M_{\text{Диф}} = (38 \times 160) + (66 \times 180) + (23,5 \times 120) = 20,78 \text{ т.}$$

$$\Delta = 22,95 - 20,78 = 2,17 \text{ т.}$$

Тобто економія виключно аміачної селітри із 1 поля становить 2,17 т., що при ціні близько 20 тис. гривень/ тону складе 43 тис грн. А також зросте ступіні засвоєння азоту рослинами.

Оскільки підприємство застосовує для внесення розкидачі обладнані засобами що можуть застосовуватися в точному землеробстві розглянемо наступні рішення.

Використання вбудованої системи ваг. Оскільки розкидач AMAZONE ZA-TS 5000 має вбудовану систему зважування вмісту в бункері і є можливе застосування диференційного внесення, блок керування запитує ваги із частотою 1 запит на 20 секунд, що дозволяє чітко розуміти залишки які знаходяться в бункері, а також відслідковувати норму внесення.

Argus Twin система визначення ділянок розподілу добрив, яка заснована на реєстрації поперечного розподілу радарами, які працюють незалежно від наявності пилу і забруднень. Argus Twin змінює поперечний розподіл за допомогою 14 датчиків-радарів. Розглянемо використання даної системи за допомогою симуляції розкидання аміачної селітри.

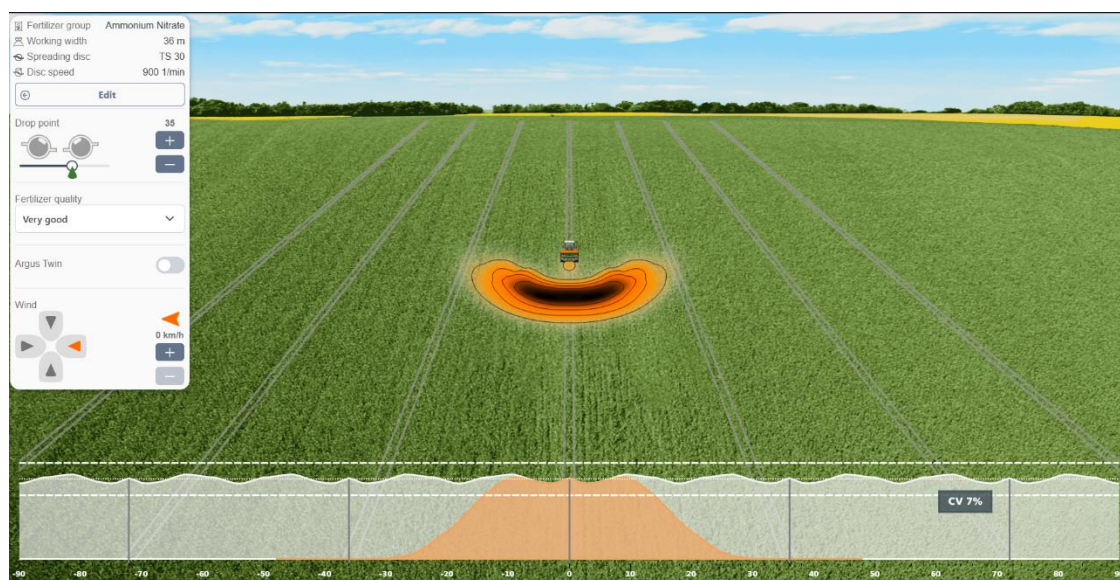


Рисунок 2.2 – Внесення продукту без використання технології Argus Twin у безвітряну погоду



Рисунок 2.3 - Внесення продукту без використання технології Argus Twin зі швидкістю східного вітру 10 км/год.

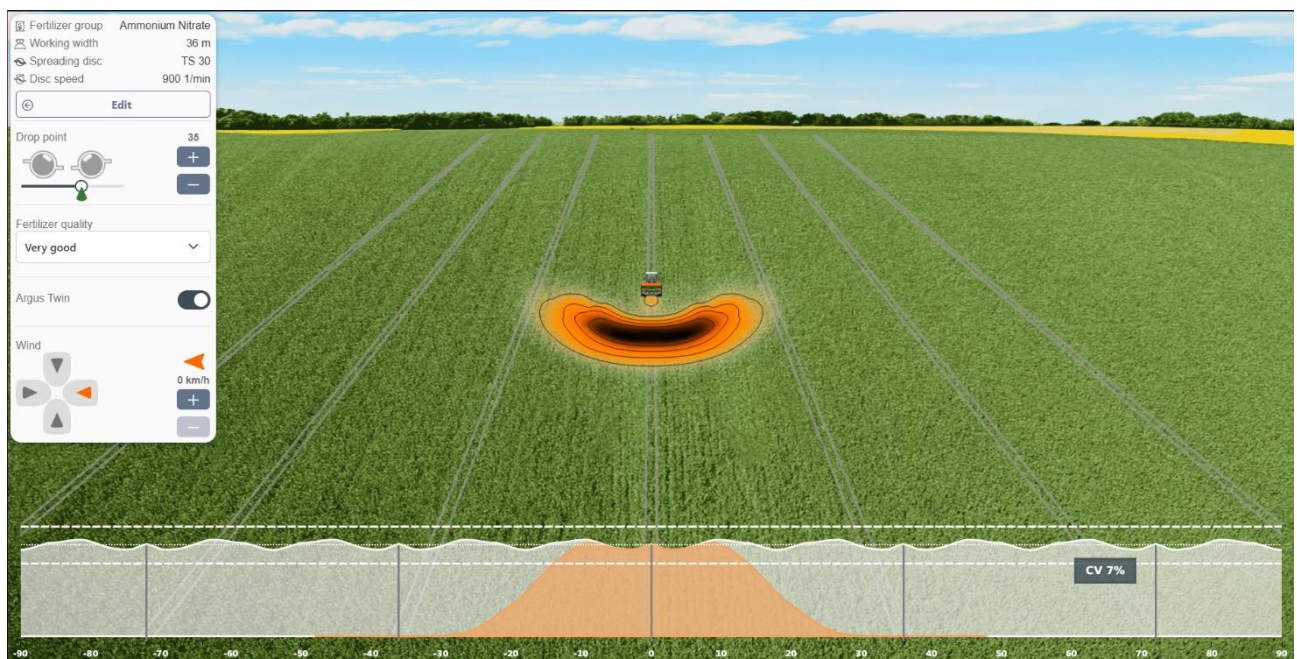


Рисунок 2.4 - Внесення продукту з використанням технології Argus Twin у безвітряну погоду

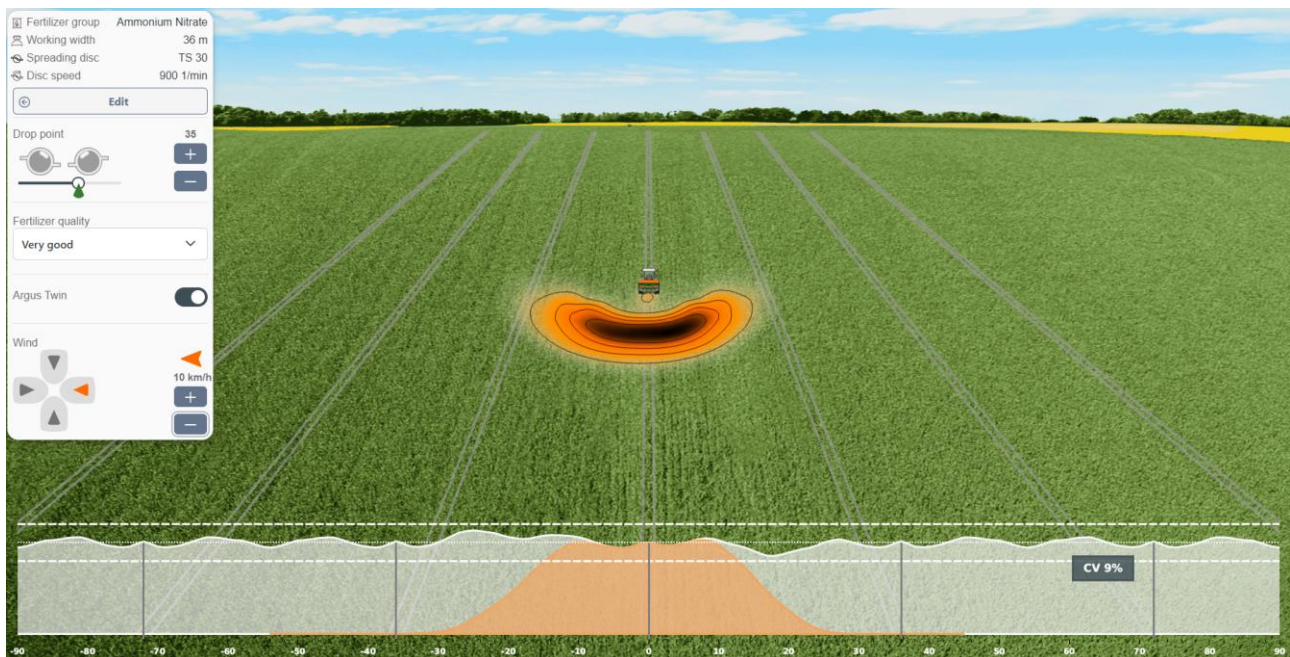


Рисунок 2.5 - Внесення продукту з використанням технології Argus Twin зі швидкістю східного вітру 10 км/год

Відповідно до результатів симуляції отримуємо, що при незначних коливаннях вітру під час виконання операції внесення сипких мінеральних добрив система ArgusTwin корегує радіус розкидання.

Отже при впровадженні новітніх рішень та систем у галузі точного землеробства, дає змогу не тільки зменшити затрати посівного матеріалу, добрив та паливо–мастильних матеріалів, а також збільшити продуктивність роботи зменшивши кількість операцій які потребують постійного контролю оператора, або значно їх спростивши.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Підбір обладнання Precision Planting

Precision Planting – це система високоточної сівби, яка поєднує у собі інтелектуальні модулі, датчики, приводи та програмне забезпечення, що забезпечує максимально точний та ефективний висів сільськогосподарських культур. Основна мета даного комплексу засобів – підвищення ефективності шляхом адаптивного управління в реальному часі.

Система використовує власну адаптацію CAN-протоколу.

Розглянемо функціональні можливості монітору SeedSense 20|20 Gen 3

Модуль керування відіграє основну роль під час взаємодії оператора із посівним комплексом. Його головне завдання – відображати актуальну інформацію про хід операції та надавати можливість для диманічного керування параметрами висівного процесу.

Монітор забезпечує безперебійний збір обробку та візуалізацію даних отриманих від кожного модуля який встановлено на висівну секцію. Ключовими параметрами. Серед параметрів які передаються та аналізуються в середовищах точного землеробства, та які впливають на якість посіву,

Таблиця 3.1 – Основні параметри для відображення та їх значення

Параметр	Значення
Щільність (норма) висіву	Реальна кількість зерен, висіяних на одиницю площі
Сингуляція	Точність висіву: правильність розкладки насіння без подвоєння та пропусків
Інтервал між зернами	Стабільність відстані між насінням у рядку, що впливає на рівномірність майбутніх сходів
Притискна сила	Тиск, який кожна секція чинить на ґрунт з змін у структурі поля

Продовження таблиці 3.1

Стабільність руху (Good Ride)	Відображає плавність проходження секції по полю без стрибків, що прямо впливає на якість посіву
Агрономічні умови	Дані отриманні від датчиків SmartFirmer, що включають в себе вологість, температуру органічний вміст та залишки попередніх культур в ґрунті

Монітор також дає змогу відслідковувати стан поля у вигляді карт з кольоровою індикацією. Кожна секція відображається окрема частина мапи (Додаток К), в якій кольори є індикаторами якості виконаної роботи, де зелений – оптимальні умови, а червоний – серйозне відхилення. Це дозволяє оператору швидко локалізувати проблемні ділянки та реагувати в операційних умовах

Серед найважливіших можливостей є автоматичне регулювання найбільш ключових параметрів.

- Змінна норма висіву відповідно до попередньо завантажених карт із сталою або диференційною нормою, в випадках із роботою без файлів припису можливе змінна норми із певним заданим інтервалом.
- Автоматичне відключення рядків (система Section Control) дає змогу не перевитрачати посівний матеріал на краях полів або в зонах перекриття
- Інтеграція з Delta Force – динамічне регулювання притискного зусилля залежно від ґрунтових умов. Можлива робота в 3 програмно прописаних режимах та в режимі ручної корекції зусилля
- Компенсація поворотів – налаштування швидкості обертання електроприводів для рівномірного дотримання заданої норми не залежно від кривизни ділянки

Інтерфейс монітору дозволяє виконувати такі налаштування:

- Вибір сезону, культури та гібриду для спрощення подальшого аналізу отриманої інформації.

- Виконувати калібрування системи.
- Створювати та зберігати робочі сценарії.
- Архівувати та вивантажувати дані для проведення аналізу, та накопиченню інформації про стан та здоров'я земельного банку

Ключовим компонентом який забезпечує ефективність обслуговувати обладнання Precision Planting є вбудована система діагностики, яка дозволяє отримати інформацію про конкретну несправність та оперативно усунути технічні збої у роботі електроустаткування. У систему закладенні інструменти для моніторингу, перевірки стану та аналізу несправності у режимі реального часу.

Центральний спосіб комунікації із обладнанням, який дає змогу інженеру та оператору отримати загальну картину всіх підключених датчиків та модулів. На екрані відображається схематична схема висівної секції, де кожен елемент може набувати 5 кольорових значень:

- Зелений – показники роботи модуля в межах норми, зв'язок стабільний
- Жовтий – незначні не критичні відхилення, або втрати частини даних
- Червоний – виявлено серйозну помилку, або повна втрата зв'язку із модулем
- Білий – пристрій підключено проте не передбачено поточною конфігурацією
- Сірий – пристрій підключено триває оновлення внутрішнього ПО, тимчасова недоступність

При виявленні несправності в рядку, він виділяється відповідним кольором а також подає звуковий сигнал. Натиснувши на який можна отримати більш розширену інформацію про причини відхилення, для прикладу зниження напруги, втрата сигналу, поломка або не коректна робота датчика.

Обнулення модулів – використовується у разі потреби встановлення повторного зв'язку через збої у комунікації.

Оскільки система SeedSense 20|20 здійснює неперервний контроль рівня напруги, це дозволяє вчасно виявляти несправності у живленні. Значні короточасні зниження напруги здебільшого є причиною виникнення помилок у роботі обладнання. Монітор вказує де саме зафіксовано стрибок, що допомагає в локалізації відхилення. Для основного обладнання діапазон робочої напруги становить від $U_{min} = 10.5$ В. до $U_{max} = 15.5$ В, наприклад VDrive, DeltaForce тоді як для деяких $U_{min} = 7.5$ В для ЕМНД та тензодатчика FurrowForce

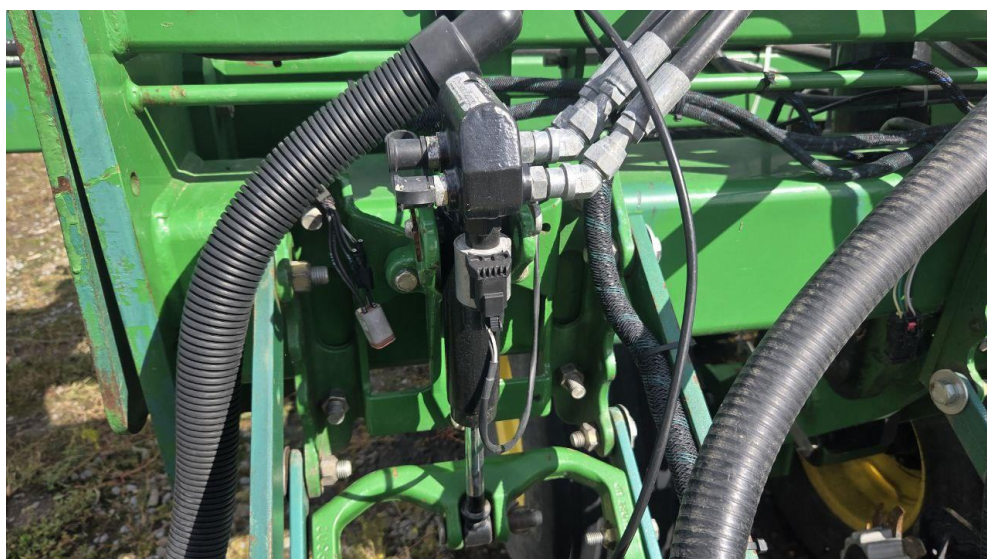


Рисунок 3.1 Система контролю глибини DeltaForce



Рисунок 3.2 Тензодатчик системи прикочування FurrowForce

3.2 Принципи роботи протоку CAN в системі Precision Planting

Основою для комунікації між модулями в системі обладнання Precision Planting є технологія CAN (Controller Area Network) – високошвидкісна послідовна шина зв'язку. Будь-які порушення в роботі шини, спричиненні фізико-механічним або електромагнітними пошкодженнями можуть призвести до масштабних збоїв у роботі сівалки, що тягне за собою значні економічні втрати та технологічні ризики.

Сучасні посівні комплекси обладнані рішеннями Precision Planting є складними комплексами які об'єднують у собі електричну, механічну та гідравлічну складову. Їхнє обладнання включає в себе

Таблиця 3.2 – Електричне обладнання та його роль у системі Precision Planting

Обладнання	Роль
Монітор 20 20 SeedSense Gen 3	Центральний інтерфейс оператора, що дозволяє керувати усіма функціями та проводити діагностику системи
Модулі керування(SRM,PDM,DBM)	Розподіленні контролери встановленні на кожному окремому секцію або групу секцій (наприклад Vset,EMHD,SmartFirmer), та відповідають за контроль та збір інформації від датчиків та керування актуаторами
Актуатори	Електродвигуни (наприклад VDrive для індивідуального приводу висівного апарату), електромагнітні клапани (наприклад дозуючий соленоїд системи контролю глибини DeltaForce), які виконують команди монітору
Датчики	Пристрої які вимірюють параметри (швидкість, тиск, положення та напрям руху)
Кабельна мережа	Система із дротів та роз'ємів, які з'єднують всі компоненти в єдину мережу

Основною шиною для обміну даними між усіма компонентами є CAN-Bus – високошвидкісна послідовна шина зв'язку розроблена компанією Bosch. Яка забезпечує усім модулям можливість як відправляти повідомлення, команди, звіти так і отримувати їх. CAN Bus використовує виту пару дротів CAN High (CAN-H) та CAN LOW (CAN-L), використання витої пари суттєво ускладнює можливість зміни пакету даних під дією сильного зовнішнього джерела електромагнітних хвиль, які є поширеними в сільськогосподарській техніці.

Пропрієтарний CAN-протокол Precision Planting: Хоча базові принципи протоколу залишаються стандартними (диференціальна передача по витій парі, різниця напруги між парою 2,5 В у стані спокою та 2 В у активному, пакетна передача даних та таймаут між повідомленнями для уникнення колізії даних), компанія використовує власну версію протоколу. В якому зміст повідомлень, їхня структура та порядок є унікальним тільки для Precision Planting. Схематичне зображення CAN BUS посівного комплексу подано на рисунку 3.4

Precision Planting GEN 3 CAN діаграма

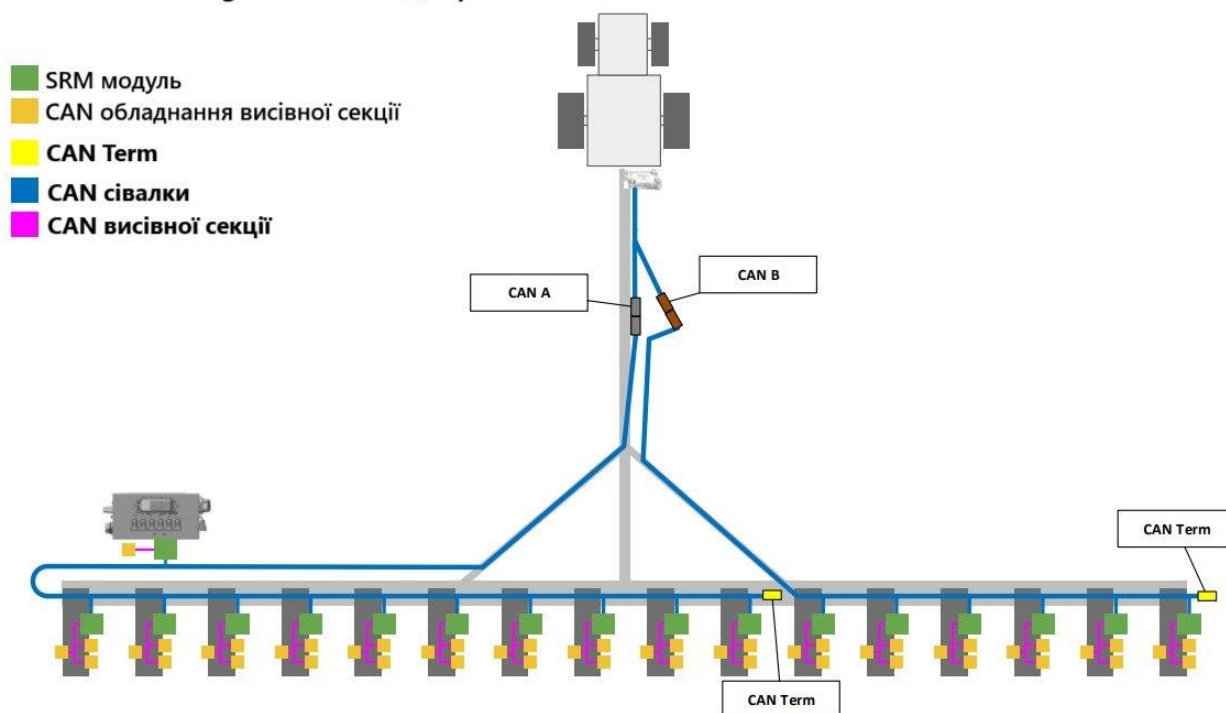


Рисунок 3.3 – Схема Precision Planting CAN BUS

Його перевагами є

- Швидкість та точність - версія розроблялася спеціально задля забезпечення специфічних умов роботи у швидкісних сівалках точного висіву, що забезпечує контроль за кожним параметром у режимі реального часу. Оскільки системи VSet і DeltaForce потребують моментального обміну інформацією задля адаптації до мінливої конфігурація поля та швидкості руху.
- Глибока інтеграція – Протокол розроблений для безшовної комунікації між усіма складовими системи, тим самим дозволяючи монітору чітко розуміти дані від кожного модуля та виконавчого механізму, що забезпечує максимальний контроль та діагностику.
- Безпека та надійність – Протокол включає механізми перевірки цілісності даних (CRC) та обробками помилок, щоб забезпечити надійну передачу даних навіть у польових умовах

3.3 Розроблення інструкції з діагностики та усунення типової несправності електрообладнання Precision Planting

Монітор 20|20 SeedSense є першим та найбільш інформативним засобом діагностики несправності. Для оператора або інженера він надає змогу провести базову діагностику завдяки кольоровій схемі висівної секції.

При виявленні несправності в шині CAN монітор зазвичай демонструє такі симптоми:

- Відсутність зв'язку з окремими модулями або частинами секції: На схемі сівалки в діагностичному вікні відповідний модуль змінить свій колір відповідно до несправності
- Повідомлення про помилку зв'язку: На головному екрані з'явиться вікно попередження із кодом або описом несправності, що вказують на несправності з CAN (наприклад, “Can BUS Offline”, “Module X not found”, “Communication

Error”), такі повідомлення супроводжуються звуковим сигналом задля привертання уваги.

- Загальний збій системи: Якщо проблема із шиною критична це може привести до часткової зупинки роботи деяких систем, або і усієї сівалки в цілому оскільки не буде можливості обміну робочими параметрами між елементами.
- Недоступність даних: Відсутність показань від датчиків та не можливість керуваннями робочими органами.

У досліджуваному випадку, на DBM та монітор не надходила інформація від усіх модулів які знаходилися після місця обриву в лінії CAN A, що стало першою ознакою проблеми саме із електричною лінією. Це спонукало, до подальшого більш локального пошуку.

Після того як за допомогою монітору звузили коло пошуку, діагностика була спрямована на локалізацію фізичної несправності в кабелі CAN BUS A

Діагностика проводилася за допомогою мультиметра в наступній послідовності:

1. Підготовка: Перед початком будь-яких електричних вимірювань варто переконатися у повному знеструмленню агрегату для уникнення пошкодження обладнання, а також вимірювального приладу.
2. Перевірка опору термінаторів: Основний тест у виявленні проблем із CAN шиною або шинах розроблених за її подобою.
3. Першим кроком буде від’єднання усіх модулів окрім тих які мають вбудовані термінаторні резистори (зазвичай це монітор 20|20 та останній модуль у лінії які мають вбудовані резистори із опором 120 Ом.).
4. Наступний крок переведення мультиметра в режим вимірювання опору із обмеженням $R_{max} = 600 \text{ Ом.}$ (Додаток Л).
5. Далі встановлюємо щупи мільтиметра до проводів CAN-H та CAN-L у будь-якому вільному роз’ємі (наприклад, на місці підключення до монітору або на кінці магістрального кабелю).

Якщо в результаті вимірювання отримуємо значення близьке до 60 Ом. (можливе коливання в межах від 58 до 61 Ом.). Це означає що обидва резистори підключенні паралельно $R_{\text{заг}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{120 \times 120}{120 + 120} = 60 \text{ Ом.}$

Відхилення та їхні значення:

Якщо опір близько 120 Ом: Це вказує на те що, в колі під'єднаний тільки 1 резистор, а інший відсутній або ланцюг обірваний.

Якщо опір 0 Ом: це є свідченням короткого замикання між лінією CAN-L та CAN-H

Якщо опір виходить за межі встановленого діапазону або показує “обрив” (Open Loop): це свідчить про обрив одного або обох проводів CAN-шини, або відсутність обох термінаторів.

Пошук обриву провідників CAN-H та CAN-L (продзвонка)

- Для пошуку обриву потрібно перевести прилад в режим продзвонки (діапазон опору або спеціалізований режим діод/продзвонки із подачею звукового сигналу)
- Один щуп встановлюємо до роз'єму на початку лінії CAN-H (жовтий) інший щуп в роз'єм на кінці цього ж проводу. Аналогічні дії проводимо із CAN-L (зелений).

В досліджуваному випадку такий тест чітко показав обрив в лінії CAN-H, мультиметр показував дуже високий опір та не подавав звукового сигналу. В той час як зелений провід при тестуванні видав звуковий сигнал та опір в межах від 0 до 1 Ом. Це свідчило про те що втрата зв'язку між модулями та DBM відбулася саме через втрату цілісності лінії, оскільки передача відбувається тільки в момент переходу шини з нульового в активне положення.

Після остаточної діагностики був проведений огляд усієї видимої частини електропроводки яка відповідає за шину CAN A. Особлива увага була приділена місцям де проводка проходить через рухомі частини, оскільки саме в таких місцях найбільший шанс фізико-механічного пошкодження.

Як показують фотографії (Додаток М), значне пошкодження ізоляції основного кабеля CAN A відбулося саме в тому місці, яке було визначено нами за допомогою мультиметра .

Усунення несправності

1. Для відновлення роботи потрібно обережно зняти зовнішню захисну ізоляцію та фольговий екран.
2. Для відновлення провідності необхідно зняти зовнішнє пластикове покриття із дроту з'єднати його із іншим кінцем. Відновити контакт методом скрутки, яка задля забезпечення стабільної роботи у нестабільних погодних умовах додатково пропаюється та ізолюється за допомогою гільзи із термоусаджувальної трубки.
3. Забезпечення захисту від механічних пошкоджень відновлену ділянку ретельно ізолювано та захищено від попадання вологи, задля запобіганням подальшим пошкодженням пошкоджений елемент захищений за допомогою ізоляційної стрічки на тканинній основі та захисної гофри.

Перевірка після усунення поломки

Проведено повторний замір опору, із результатом 59.9 Ом., відновлено живлення та за допомогою діагностичного меню у моніторі SeedSense проведено актуалізацію даних від модулів, усі модулі які до того були червоного/жовтого кольору змінилися на зелений (Додаток Н).

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Безпека та запобігання нещасним випадкам

Під час експлуатації сільськогосподарських машин небезпека виникає не лише безпосередньо в момент виконання робочого процесу, а й під час агрегування, налаштування, транспортування, завантаження насіння, добрив або робочого розчину, очищення, ремонту та паркування. До роботи допускаються лише працівники, які пройшли вступний і первинний інструктаж, ознайомлені з інструкціями виробників техніки, знають порядок аварійного зупинення агрегата та вміють користуватися засобами індивідуального захисту.

Машини та агрегати, розглянуті у кваліфікаційній роботі, необхідно використовувати тільки за призначенням. Трактори Fendt 936 Vario Gen6 і John Deere 8RX 410 призначені для енергоємних польових операцій, транспортування причіпних агрегатів у дозволених режимах та роботи з навісним або причіпним обладнанням відповідно до вимог виробника. Культиватор Väderstad Opus 400 застосовується для глибокого безполицевого обробітку й передпосівної підготовки ґрунту. Horsch Leeb 6.280VL використовується для внесення робочих розчинів засобів захисту рослин, а Amazone ZA-TS 5000 - для розподілення мінеральних добрив по поверхні поля.

Нецільовим використанням вважається перевезення людей на агрегатах, робота з несправними захисними кожухами, рух із незакріпленими крилами або штангами, перевищення допустимої транспортної швидкості, робота з невідповідним трактором, обслуговування піднятих робочих органів без механічного фіксування, а також втручання в електронні та гідравлічні системи без відключення живлення і скидання тиску.

Небезпечною зоною вважається простір навколо трактора, навісного або причіпного агрегата, в межах якого людина може бути травмована рухомими частинами, колесами, гусеницями, гідравлічно піднятими секціями, штангою обприскувача, дисками розкидача або струменем рідини під тиском. Перед

початком руху оператор зобов'язаний переконатися, що в зоні роботи немає сторонніх осіб, тварин, транспортних засобів та перешкод.

- Забороняється перебувати між трактором і агрегатом під час зчеплення, якщо трактор рухається або двигун працює.
- Забороняється стояти під піднятими штангами, крилами, рамами, бункерами та іншими частинами машин, які утримуються тільки гідравлікою.
- Перед оглядом, очищенням або ремонтом необхідно зупинити двигун, увімкнути стоянкове гальмо, вийняти ключ запалювання та дочекатися повної зупинки рухомих елементів.
- Під час роботи з Horsch Leeb 6.280VL додатково контролюють простір по всій ширині штанги, оскільки робоча ширина може становити десятки метрів.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні фактори під час виконання польових робіт

Операція	Можлива небезпека	Наслідки	Заходи запобігання
Агрегування	Затискання, самовільне скочування	Травмування, пошкодження зчипки	Сигнали одного працівника; упори; не стояти між машинами
Ґрунтообробіток	Рух важких агрегатів, підняті секції, каміння	Травми, поломки, перекидання	Перевірка кріплень і гідрозахисту; безпечна швидкість
Внесення добрив	Диски розкидання, пил, завантаження бункера	Ураження очей і шкіри, травми	Зупиняти привід; окуляри, рукавиці, респіратор
Обприскування	Контакт із ЗЗР, тиск, широка штанга	Отруєння, опіки, травми	ЗІЗ; контроль вітру; промивання; не заходити під штангу
Транспорт	Велика маса, габарити, обмежена оглядовість	ДТП, наїзд, перекидання	Освітлення; знаки; гальма; транспортні фіксатори; ПДР

4.2. Вимоги безпеки до машинно-тракторних агрегатів

Потужні трактори, що використовуються в господарстві, мають значну масу, високу тягову здатність і складні електронні системи керування. Перед початком зміни оператор проводить зовнішній огляд, перевіряє рівні експлуатаційних рідин, тиск у шинах або стан гусеничних рушіїв, справність дзеркал, освітлення, звукової сигналізації, гальм, рульового керування, навігаційного обладнання та системи автоматичного водіння.

Під час роботи з важкими агрегатами не допускається різке рушення, розвороти на високій швидкості, рух по схилах із перевищенням безпечного кута, а також робота при недостатній видимості без додаткового освітлення. Трактор має бути підібраний за тяговим класом, масою і гідравлічними можливостями відповідно до вимог агрегата. Особливо це важливо для Väderstad Opus 400, який потребує достатньої потужності та надійної гідравлічної системи для регулювання робочої глибини і складання транспортних елементів.

Зчеплення і відчеплення виконують на рівному майданчику з твердим покриттям. Агрегат фіксують проти самовільного переміщення, а трактор установлюють на стоянкове гальмо. Усі гідравлічні рукави, електричні кабелі, ISOBUS-з'єднання та пневматичні або гідравлічні магістралі підключають тільки після повної зупинки трактора. При від'єднанні спочатку опускають робочі органи на землю або встановлюють механічні фіксатори, після чого скидають тиск у системі.

- Перед агрегуванням перевіряють справність пальців, замків, страхувальних ланцюгів, опорних стійок та гідророз'ємів.
- Після зчеплення перевіряють роботу гальм, освітлення, сигналізації, транспортних замків і системи керування агрегатом.
- Під час під'єднання причіпного обладнання не дозволяється перебувати на лінії можливого руху дишла або причіпної рами.

Гідросистема тракторів і агрегатів працює під високим тиском. Рідина, що витікає через мікропошкодження шланга, може проникнути крізь шкіру та

спричинити тяжке ураження. Тому забороняється перевіряти витоки рукою. Для пошуку використовують картон, папір або спеціальні засоби. Перед ремонтом гідравліки всі підняті секції опускають на землю, двигун глушать, а тиск у магістралях скидають згідно з інструкцією.

На культиваторі Väderstad Opus 400 особливу увагу приділяють гідравлічному захисту стійок, системі регулювання робочої глибини та складанню рами. На Horsch Leeb 6.280VL контролюють гідравліку підйому, нахилу та стабілізації штанги. На Amazone ZA-TS 5000 перевіряють стан гідравлічного приводу розкидальних дисків, дозувальних заслінок і механізмів граничного внесення.

Електронні системи керування підвищують точність робіт, однак помилки в налаштуваннях можуть спричинити перевитрату добрив, нерівномірне внесення, пропуски або небезпечні рухи агрегата. Перед початком роботи оператор перевіряє правильність карти завдання, ширину захвату, норму внесення, межі поля, активність секцій, калібрування датчиків і відповідність обраного агрегата в терміналі. Будь-яке оновлення програмного забезпечення або заміна модулів має виконуватися підготовленим персоналом.

4.3. Безпека під час виконання технологічних операцій вирощування озимої пшениці

Глибоке рихлення на 23-25 см та передпосівна культивація до 8 см виконуються важкими агрегатами, тому основними небезпеками є наїзд, затискання, перекидання на нерівностях, відліт каміння, поломка робочих органів і неконтрольоване опускання секцій. До початку роботи поле оглядають на наявність перешкод, каміння, відкритих колодязів, меліоративних споруд, ліній електропередач і крутих схилів. Робочу швидкість добирають з урахуванням глибини, вологості ґрунту, стану поверхні та рекомендацій виробника агрегата.

Під час очищення робочих органів від рослинних решток не можна ставати між стійками, дисками або котками, якщо агрегат піднятий тільки гідравлікою. Очищення виконують після повної зупинки, надійного опускання машини або встановлення упорів. При заміні доліт і лап застосовують справний інструмент, захисні рукавиці та окуляри.

Під час посіву основними факторами ризику є рух агрегата заднім ходом, завантаження насіння і стартових добрив, обертання вентиляторів, дозаторів і приводів, а також робота електронних систем контролю висіву. Перед початком посіву перевіряють справність висівних апаратів, сошників, датчиків, вакуумної або пневматичної системи, освітлення, маркерів, системи автоматичного ведення та аварійних сигналів. Налаштування норми висіву і глибини загортання виконують лише після зупинки агрегата.

Завантаження посівного матеріалу здійснюють із застосуванням спеціалізованих підйомних транспортних засобів. Під час роботи з протруєним насінням використовують рукавиці, захисний одяг, окуляри та респіратор. Забороняється приймати їжу, пити або палити в зоні завантаження. Після завершення робіт працівники миють руки, обличчя та відкриті ділянки шкіри.

Amazone ZA-TS 5000 має місткий бункер, високошвидкісні розкидальні диски, систему зважування та електронне керування нормою внесення. Перед завантаженням добрив трактор і розкидач установлюють на рівній поверхні, перевіряють кріплення до навіски, стан карданного або гідравлічного приводу, захисних кожухів, датчиків маси, дозувальних заслінок та освітлення. Завантаження виконують так, щоб не перевищувати допустиме навантаження на навіску, осі та шини трактора.

Під час внесення гранульованих добрив люди не повинні перебувати позаду або збоку розкидача в зоні розльоту гранул. Оператор стежить за напрямком вітру, межами поля, водоохоронними зонами, дорогами та населеними пунктами. Для запобігання пиловому впливу використовують респіратор, окуляри та рукавиці. Після роботи бункер, диски, мішалки й дозувальні вузли очищають тільки при зупиненому приводі.

Робота із засобами захисту рослин належить до підвищено небезпечних операцій. Перед заправленням бака перевіряють справність насоса, форсунок, фільтрів, секцій штанги, системи BoomControl, AutoSelect, TrackControl, шлангів, кранів, промивного бака та засобів індивідуального захисту. Робочий розчин готують на спеціально відведеному майданчику, не допускаючи потрапляння препаратів у ґрунтові води, водойми та каналізацію.

Обприскування виконують за допустимих метеорологічних умов, насамперед з урахуванням швидкості та напрямку вітру, температури повітря і ймовірності опадів. Не допускається знесення робочого розчину на сусідні культури, дороги, пасіки, водні об'єкти та місця перебування людей. Під час складання або розкладання штанги працівники мають перебувати поза її траєкторією. Ремонт форсунок і шлангів виконують тільки після скидання тиску та промивання системи чистою водою.

Під час збирання озимої пшениці комбайнами та перевезення зерна основними небезпеками є контакт із рухомими частинами, пил, обмежена оглядовість, пожежна небезпека, рух важкої техніки в одному полі та робота поблизу ліній електропередач. У полі необхідно організувати маршрути руху комбайнів, тракторів із перевантажувальними бункерами та транспортних засобів, щоб мінімізувати зустрічні потоки й ризик зіткнення.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано технологію вирощування озимої пшениці в умовах виробничого підрозділу «Підгайчики» філії «Перспектив» ПрАТ «Зернопродукт МХП». Розглянуто виробничу характеристику підприємства, структуру сівозміни, наявний машинно-тракторний парк, технології основного та передпосівного обробітку ґрунту, посіву, удобрення, захисту рослин і збирання врожаю. Окрему увагу приділено порівнянню класичної технології з оранкою та технології вертикального обробітку ґрунту Verti-Till, оскільки саме правильний вибір системи обробітку визначає якість посівного ложа, збереження вологи та енергетичні витрати.

Установлено, що класична технологія із застосуванням оранки забезпечує добру заробку пожнивних решток, зниження забур'яненості та якісну підготовку ґрунту після складних попередників. Водночас вона потребує більших витрат пального, робочого часу і може спричиняти втрати вологи та утворення плужної підшви. Технологія Verti-Till є доцільною на полях з якісно подрібненими рештками, оскільки зменшує інтенсивність обробітку, сприяє збереженню структури ґрунту, знижує ризик ерозії та створює передумови для ощаднішого використання ресурсів.

На основі даних Ag Leader SMS, Climate FieldView та Precision Planting обґрунтовано доцільність поділу поля на зони продуктивності та формування карт-завдань для висіву, внесення мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Такий підхід дозволяє точніше враховувати неоднорідність ґрунтових умов і попередню врожайність, зменшувати перевитрати насіння, добрив та робочого розчину, а також підтримувати більш рівномірний розвиток рослин у межах поля.

Запропонована система диференційованого висіву й підживлення озимої пшениці є практично доцільною для підприємства, оскільки поєднує агрономічні вимоги культури з можливостями наявної техніки. У продуктивніших зонах доцільно підтримувати оптимальну густоту стояння рослин і забезпечувати вищий рівень живлення, тоді як у менш продуктивних зонах норми ресурсів

потрібно коригувати з урахуванням потенціалу ділянки, запасів вологи та ризику вилягання. Це сприяє підвищенню економічної ефективності без необґрунтованого збільшення витрат.

Розгляд типових несправностей електронних систем і CAN-Bus ліній показав, що своєчасна діагностика датчиків, кабельних з'єднань, модулів керування та моніторів є важливою умовою стабільної роботи сучасної посівної та обприскувальної техніки. Системний контроль технічного стану агрегатів зменшує простой, підвищує точність технологічних операцій і забезпечує кращу якість польових робіт.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі фактори під час виконання польових робіт, зокрема роботу з рухомими частинами машин, гідравлічними системами, мінеральними добривами, засобами захисту рослин, електронним обладнанням та паливно-мастильними матеріалами. Дотримання інструктажів, застосування засобів індивідуального захисту, справність техніки та організований порядок дій в аварійних ситуаціях є необхідними умовами безпечної експлуатації машинно-тракторного парку.

Отже, підвищення ефективності вирощування озимої пшениці у виробничому підрозділі «Підгайчики» доцільно здійснювати шляхом поєднання раціональної системи обробітку ґрунту, сучасного технічного забезпечення та елементів точного землеробства. Впровадження диференційованих норм висіву, удобрення і захисту посівів забезпечує раціональніше використання ресурсів, підвищує стабільність урожайності та сприяє зниженню собівартості виробництва зерна озимої пшениці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
2. Бабій А. В., Бабій М. В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023.
3. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Олексюк В. П. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій). Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 232 с.
4. Хомик Н. І., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Антончак Н. А. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 320 с.
5. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В. П., Бабій А. В., Сташків М. Я., Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Цьонь Г. Б., Мартинюк В. В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024.
6. Дерев'янюк Д. А. Дослідження показників якості насіннєвого матеріалу озимої пшениці під час збирання, післязбирального обробітку і посіву. Техніка і технології АПК. 2011. № 6. С. 34–36.
7. Закон України «Про охорону праці». Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.
8. . ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
9. . ДСТУ 7087:2009. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2010.

10. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
11. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
12. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с
13. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, М.Я. Сташків, А.В. Бабій, Т.А. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.
14. Fendt. Fendt 900 Vario: official product information. URL: <https://www.fendt.com/int/agricultural-machinery/tractors/fendt-900-vario>
15. John Deere. 8RX 410 Four-Track Tractor: official product information. URL: <https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family/8rx-410-tractor/>
16. AMAZONE. ZA-TS 5000 mounted spreader: official product information. URL: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/digital-solutions/terminals-hardware/machine-specific-controllers/za-ts-5000-mounted-spreader--1421660>
17. Ag Leader Technology. SMS Software: precision farming data management. URL: <https://www.agleader.com/farm-management/sms-software/>
18. Climate FieldView. Digital agriculture platform: official information. URL: <https://climatefieldview.com/>
19. Precision Planting. 20|20 display and planting technology: official product information. URL: <https://www.precisionplanting.com/>

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Технічні характеристики Fendt 936 Vario

Виробник двигуна	MAN
Модель двигуна	D1556 LE521 (Stage V)
Максимальна потужність	261 кВт / 355 к.с.
Об'єм двигуна	9,0 л
Трансмсія	Безступінчаста Vario TA 300
Макс. крутний момент	1750 Нм при 1150–1350 об/хв
Продуктивність гідравліки	165 л/хв (опційно 220 л/хв)
Максимальна швидкість	50 / 60 км/год
Довжина	5630 мм
Ширина	2550 мм
Висота (загальна)	3380 мм
Споряджена вага	11 300 кг

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Технічні характеристики 8RX 410 John Deere

Параметр 8RX 410 John Deere	Значення
Трансмісія	e23 PowerShift / eAutoPowr EVT
Двигун	PowerTech PSS (Stage V / II)
Потужність двигуна	302 кВт / 410 к.с.
Об'єм двигуна	9,0 л
Кількість циліндрів	6
Номінальна частота обертів	2100 об/хв
Макс. крутний момент	1851 Нм при 1600 об/хв
Максимальна швидкість	40 км/год
Довжина	6320 мм
Ширина (базова)	2790 мм
Транспортна висота	3550 мм
Ширина гусениці	420 мм (опційно до 762 мм)
Вага (базова)	24 т

Додаток В

Таблиця В.1 – Технічні характеристики Väderstad Opus 400

Параметр Väderstad Opus 400	Значення
Робоча ширина	3,75 м
Транспортна ширина	3,0 м
Транспортна висота	2,68 м
Вага (мін./макс. залежно від котка)	4990 / 6000 кг
Кількість робочих стійок (лап)	14
Відстань між стійками	27 см
Робоча глибина (макс.)	до 30 см (з долотами DeepLoosening до 40 см)
Зусилля спрацювання стійки (гідрозахист)	до 700 кг
Рекомендована робоча швидкість	8–12 км/год
Необхідна потужність трактора	від 170 к.с. (125 кВт)
Вимоги до гідравліки	3 пари гідровиходів (DA)
Розмір транспортних коліс	520/50-17
Система вирівнювання	Гідравлічно регульовані диски
Тип захисту	Гідравлічний захист від каменів

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Технічні характеристики Amazone ZA-TS 5000

Параметр Amazone ZA-TS 5000	Значення
Об'єм бункера	5000 л
Ширина захвату	від 15 до 54 м
Корисне навантаження (макс.)	5200 кг
Система зважування	Вбудована (вагові комірки)
Керування секціями	SwitchPoint (до 128 секцій)
Привід дисків	Механічний або гідравлічний (Hydro)
Висота завантаження	1,51 м
Ширина бункера	2,90 м
Довжина бункера	2,46 м
Керування	ISOBUS (термінали AmaTron 4 / AmaPad 2)
Система межового внесення	AutoTS (інтегрована в диски)
Вага порожньої машини	близько 745 кг

Додаток Д



Рисунок Д.1 – Карта врожайності озимої пшениці на досліджуваному полі

Додаток Е

Властивості датчику – Глибина обробки

Загальне

Таблиця розрахунку

X *	a *	b	x
1.38	18.53932!	-25.58426	x

+ Додати рядок

Пари XY

X	Y	x
1.38	0	x
3.16	33	x

+ Додати рядок

Згенерувати

Нижня межа Верхня межа Застосувати після розраху...

Відмінити OK

Рисунок Е.1 – Тарувальна таблиця датчика рівня глибини

Додаток Ж



Рисунок Ж.1 – Карта порівняння посіву та врожайності з сезон 2025

Додаток И



Рисунок И.1 – Приклад калібратора розпилювачів TeeJet

Додаток К

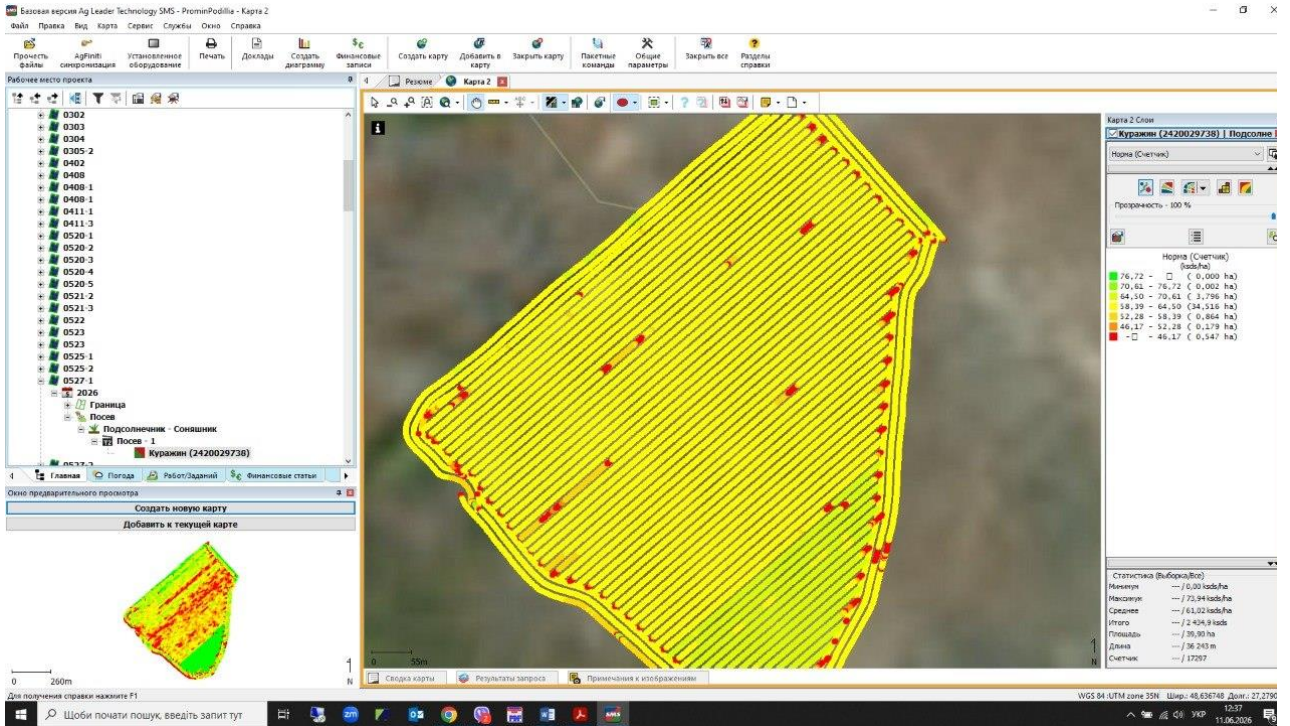


Рисунок К.1 – Зображення карти роботи за кожною секцією

Додаток Л



Рисунок Л.1 – Фото мультимерта перед початковим вимірювання

Додаток М

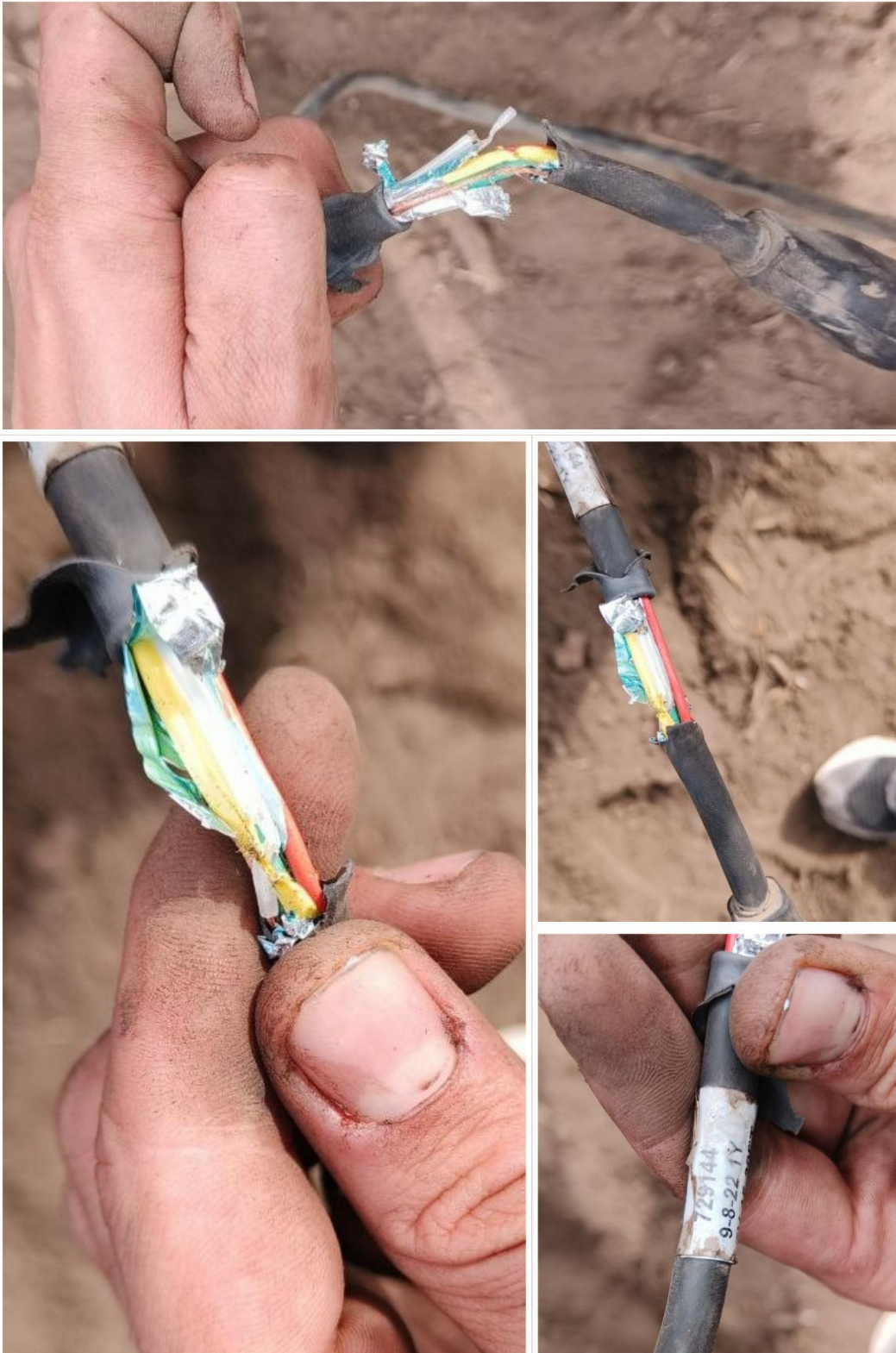


Рисунок М.1 – Фото пошкодженої частини лінії

Додаток Н



Рисунок Н.1 – Фото діагностичного меню після відновлення цілісності