

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:

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІ-
КИ ЗА ГРУНТОЗАХИСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА З КОНТРОЛЕМ ТВЕРДОСТІ
ГРУНТУ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАі-1-24 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Омельченко Андрій Андрійович

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

**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)

2025 р.

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

Омельченко Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Ефективність використання сільськогосподарської техніки за ґрунтозахисного землеробства з контролем твердості ґрунту»

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент .

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

«24» 10 2025 року № 3182

2. **Строк здачі роботи** 05.12.2025 р. .

3. **Початкові дані для виконання роботи.** Кафедральні навчальні посібники з дипломного проектування з машиновикористання в рослинництві; типові норми з виконання механізованих робіт у рослинництві; навчальні та довідкові підручники, електронні джерела TopSoil Mapper, інструкція з експлуатації цифрового пенетрометра фірми Skok Agro.

4. **Зміст пояснювальної записки** (питання, які необхідно розробити та вирішити) 1. Виробнича діяльність господарства. 2. Методика визначення твердості ґрунтів та розробка технологічних карт. 3. Експериментальна та розрахункова

частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях 5. Економічне обґрунтування дипломної роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний аркуш. 2. Тема, мета, завдання. 3. Виробнича діяльність господарства. 4. Методика вимірювання твердості ґрунтів. 5, 6, Експериментально-дослідна частина. 7. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях. 8. Економічне обґрунтування дипломної роботи. 9. Загальні висновки

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	ПІБ та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
2	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
3	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
4	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
5	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		
Нормоконтроль	Деркач О.Д., зав. каф. ЕМТП		

7. Дата видачі завдання: 10.06.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядовий	до 1.09.2021 р.	
2	Теоретичний	до 1.10.2021 р.	
3	Експериментально - розрахунковий	до 20.10.2021 р.	
4	Охорона праці	до 1.11.2020 р.	
5	Економічний	до 10.12.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 1.12.2021 р.	

Студент

_____ (підпис)

Омельченко А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Деркач О.Д.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломну роботу присвячено дослідженню ступеня ущільнення ґрунту залежно від застосовуваних технологій вирощування сільськогосподарських культур, а також обґрунтуванню та розробці заходів щодо його розущільнення з використанням сучасних елементів цифрового землеробства.

Робота складається з пояснювальної записки формату А4 загальним обсягом 69 сторінок, містить додатки та супроводжується презентаційними матеріалами, підготовленими у програмному середовищі **Microsoft PowerPoint**.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ГОСПОДАРСТВА.....	8
1.1. Головні відомості.....	8
1.2. Технологія вирощування культур в господарстві.....	11
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	18
2. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ГРУНТІВ І РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХ- НОЛОГІЧНИХ КАРТ.....	20
2.1. Загальні відомості.....	20
2.2. Складові та призначення твердоміру ґрунту S600.....	24
2.3. Методика проведення вимірювань.....	28
2.4. Опрацювання отриманих даних.....	34
2.5. Складання плану механізованих робіт.....	37
3 . ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	40
3.1. Дослідження та їх програма.....	40
3.2. Фіксація твердості та оброблення отриманих даних.....	40
3.3. Розрахунок плану механізованих робіт	49
3.4. Екологічна оцінка та її розрахунок.....	51
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
4.1. Основа охорони праці.....	55
4.2. Шкідливі фактори при виконанні вимірів.....	55
4.3. Заходи із забезпечення захисту працюючих.....	56
4.4. Вимоги безпечного виконання робіт приладом S600.....	57
4.5. Вимоги безпеки праці при настанні надзвичайних ситуацій.....	57

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	59
5.1. Сутність економічного ефекту.....	59
5.2. Економічна ефективність роботи.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	66
Додатки.....	68

ВСТУП

Упровадження точного землеробства в поєднанні з цифровізацією виробничих процесів є об'єктивною потребою сучасного аграрного виробництва. Технології цифрового землеробства виступають ефективним інструментом підвищення рівня використання сільськогосподарської техніки, покращення якості виконання технологічних операцій, оптимізації планування та забезпечення оперативного реагування на зміни виробничих умов.

Сучасний машинно-тракторний парк представлений, переважно, високопотужними тракторами та зернозбиральними комбайнами, експлуатація яких супроводжується значним навантаженням на ґрунт і, як наслідок, сприяє його ущільненню. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання зменшення техногенного впливу ходових систем машин на ґрунтове середовище.

Сучасні системи землеробства також передбачають реалізацію комплексу енергоощадних заходів, спрямованих на зниження питомих витрат пального на 1 га площі або 1 т отриманої продукції, а також на збереження ґрунтів шляхом мінімізації негативного впливу водної та вітрової ерозії і ущільнювальної дії рушіїв техніки.

Важливою складовою ґрунтозахисного землеробства є систематичний контроль щільності ґрунту, який дає змогу своєчасно коригувати технології вирощування сільськогосподарських культур як у цілому, так і на рівні окремих технологічних операцій. Для об'єктивної оцінки ефективності впроваджених заходів з розущільнення ґрунту доцільно здійснювати контроль його щільності не менше двох разів на рік.

1. ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ГОСПОДАРСТВА

1.1. Головні відомості

Фермерське господарство «Фенікс-Агро» розташоване в селі Тернове Покровського району Дніпропетровської області. Центральна садиба підприємства знаходиться за адресою: вул. Берегова, 8. Господарство засноване у 2017 році з початковим земельним банком площею 156 га. У перший рік діяльності 17 га було відведено під посіви пшениці озимої, тоді як решта 149 га використовувалася для вирощування соняшника.

У подальші роки підприємство поступово нарощувало виробничі потужності, і на сьогодні обробляє 244 га власних та орендованих сільськогосподарських угідь. Основним видом діяльності господарства є вирощування сільськогосподарських культур. Крім того, підприємство надає послуги з обробітку ґрунту іншим аграрним підприємствам.

Паралельно з розширенням виробництва в господарстві здійснюється поетапне впровадження елементів точного землеробства. Зокрема, формується та накопичується база даних у програмному середовищі «Агропрофіль» (рис. 1.1), що створює передумови для підвищення ефективності управління виробничими процесами та прийняття обґрунтованих агротехнічних рішень.

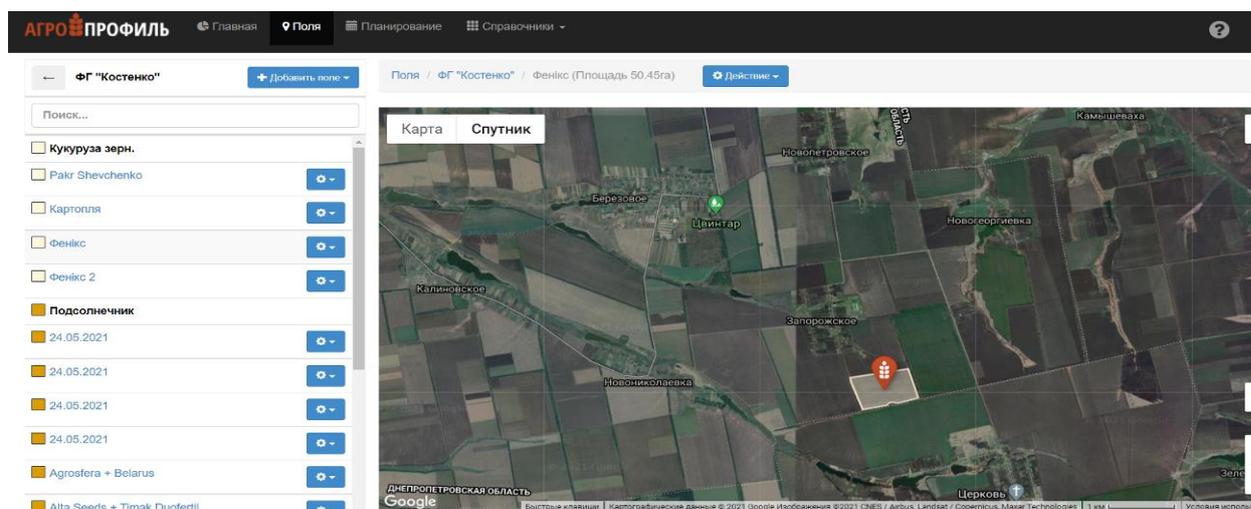


Рис.1.1 – screen capture з програми «Агропрофіль»

Для виконання своєї виробничої діяльності підприємство використовує достатню кількість техніки, перелік якої представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – МТП господарства

Назва	Кількість, од.
<i>Трактори:</i>	
МТЗ-80	1
МТЗ-82.1	1
МТЗ-1025	1
<i>Сівалки:</i>	
СЗМ-4	1
СЗФ-6000	1
УПС-8	1
<i>Культиватори суцільного та міжрядного обробітку:</i>	
КПС-3.4	2
КПС-4	1
КРН-5,6	1
<i>Плуги:</i>	
ПЛН-3-35	1
ПОН-3-35	1
<i>Луцильники:</i>	
ЛТД-3	1
<i>Обприскувач:</i>	
ОП-2000	1
<i>Інше:</i>	
2ПТС-4	2
ГАЗ-3309	1

За даними табл. 1.1, фермерське господарство в цілому достатньо забезпечене сільськогосподарською технікою, що дає змогу ефективно виконувати

основні агротехнічні операції у строки, передбачені технологіями вирощування культур.

Водночас підприємство не має у власності зернозбирального комбайна, у зв'язку з чим збирання врожаю здійснюється із залученням сторонньої техніки. Це не завжди дозволяє дотримуватися оптимальних агротехнічних строків і є одним із недоліків у структурі машинно-тракторного парку господарства.

З огляду на відносно нетривалий період функціонування підприємства, існує можливість проаналізувати сформовану сівозміну та простежити динаміку змін структури посівних площ від моменту заснування господарства до теперішнього часу.

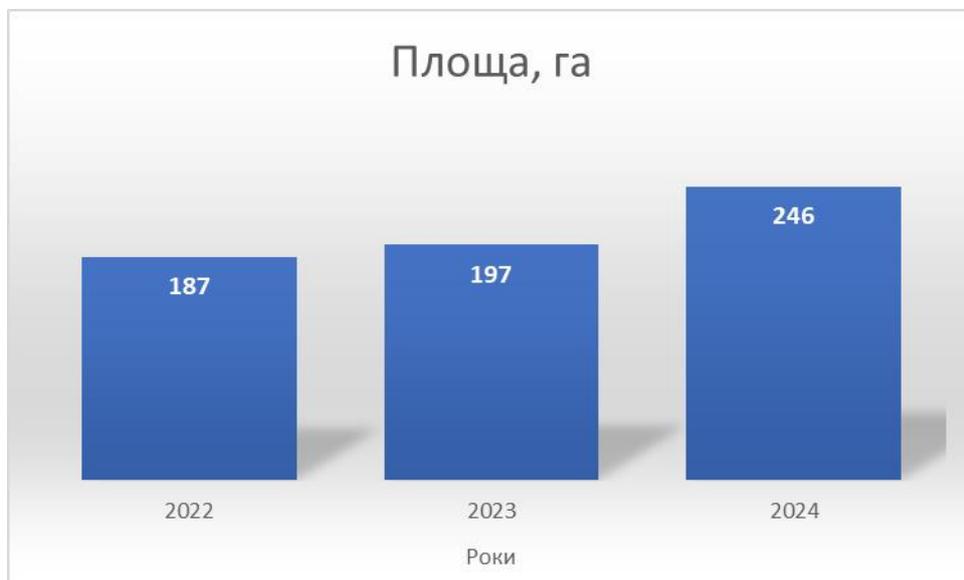


Рис. 1.2 – Структура посівних площ

Слід зазначити, що станом на 2024 рік значна частина ріллі господарства — 60,08 % від загальної площі — зосереджена у межах двох великих полів площею 65 та 73 га. Решта земельних ділянок розташована на розпайованих територіях і характеризується значно меншою площею, що ускладнює організацію технологічних процесів та логістику польових робіт.

Аналіз даних таблиці свідчить про поступове скорочення площ посівів соняшника, що обумовлено прагненням господарства зменшити фітосанітарне навантаження, обмежити поширення шкідників і хвороб та зберегти родючість ґрунтів. З метою дотримання основних принципів сівозміни прийнято рішення

вирощувати різні сільськогосподарські культури в межах одного географічного поля в різні роки.

Зокрема, одне з найбільших полів площею 73 га заплановано використувати за диференційованою схемою, що передбачає чергування культур у часі з урахуванням агротехнічних і ґрунтово-екологічних умов.

Зокрема, у 2022 році зазначене поле було повністю засіяне соняшником. У 2023 році його площу поділили, розмістивши на 43 га посіви пшениці озимої, а на решті 30 га — соняшник. У цьому ж році на даному полі вперше за п'ятирічний період було виконано оранку, яку здійснено із залученням найма-ного агрегату К-700+ПЛН-9-35. Залучення сторонньої техніки було зумовлене відсутністю на той момент у господарстві власних машин, здатних забезпечити своєчасне та якісне виконання оранки на необхідну глибину.

У 2023 році на всій площі поля (73 га) знову було висіяно соняшник, а у 2024 році — озиму пшеницю з метою приведення структури посівів і сівозміни у відповідність до агротехнічних вимог і нормативів.

1.2. Технологія вирощування культур в господарстві

У господарстві застосовують класичну технологію землеробства, що передбачає інтенсивний механічний обробіток ґрунту та використання хімічних засобів захисту рослин. Проте традиційні методи вирощування сільськогосподарських культур мають низку суттєвих недоліків, серед яких можна виділити:

- недостатнє забезпечення орного шару ґрунту вологою, причому з кожним роком ця проблема стає все більш актуальною;
- значне ущільнення ґрунту під дією ходових систем тракторів і комбайнів.

Загальну послідовність технологічних операцій та їхній перелік можна подати у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Технологічні операції при вирощуванні соняшнику

№з/п	Соняшник	
	Операція	Агрегат
1	Дискування	МТЗ-82 + АГМ-3
2	Внесення добрив	МТЗ-82 + МВД-900
3	Оранка	МТЗ-1021 + ПЛН-3-35
4	Культивация суцільна	МТЗ-1025 + КСП-4
5	Культивация передпосівна	МТЗ-1025 + КСП-4
6	Висівання насіння	МТЗ-82 + УПС-8А
7	Внесення ацетохлор	МТЗ-82 + ОП-2000М
8	Заробка ацетохлор	МТЗ-80 + КПС-3.6
9	Внесення Гезагард	МТЗ-82 + ОП-2000М
10	Пригортання та міжрядний обробіток	МТЗ-82 + КРН-5,6А
11	Збір урожаю	Комбайн Lexion-570
12	Перевезення насіння на тік	Автомобіль КамАЗ-43105

Як свідчать дані табл. 1.2, технологія вирощування соняшника передбачає виконання десяти виїздів основних машинно-тракторних агрегатів у поле протягом вегетаційного періоду.

З урахуванням того, що питомий тиск ходових систем тракторів на ґрунт є значним [2], можна зробити висновок про суттєвий негативний вплив інтенсивного використання техніки на його фізичний стан. Зокрема, у поточному році внаслідок підвищеної кількості атмосферних опадів у літній період переущільнені ділянки полів виявилися неспроможними забезпечити ефективну інфільтрацію вологи у глибші горизонти ґрунтового профілю. Це призвело до утворення застійних вод на поверхні та локального вимокання посівів соняшника (рис. 1.3).



Рис.1.3 – Зруйнована ділянка поля. Переуцільнені нижні шари ґрунту

На полі, фрагмент якого показано на рис. 1.3, посіви соняшнику були повністю знищені на площі 0,66 га. За умови середньої вартості насіння соняшнику 18 500 грн за тону, втрати від недоотриманого врожаю становлять приблизно 30 тис. грн. Якщо ж урахувати вже понесені витрати на обробіток ґрунту, сівбу та догляд за культурою, фактичні збитки є ще значно більшими.

На іншому полі цього господарства спостерігається аналогічна ситуація: посіви соняшнику загинули на площі близько 0,4 га (рис. 1.4).



Рис.1.4 – Ділянка поля де вода повільно проникала в ґрунт, що спричинило знищення посівів соняшника

Таким чином можна дійти висновку, що технологія вирощування соняшнику є доволі вразливою щодо фактору ущільнення ґрунту. Її структура передбачає багаторазові виїзди машинно-тракторних агрегатів (МТА) у поле.

Згідно з відкритими джерелами, тиск на ґрунт, який створюють рушії різних тракторів, становить:

- МТЗ-82 — 1,21...1,26 кг/см²;
- ХТЗ-150К-09 — 1,64...1,78 кг/см²;
- К-744А — 2,69 кг/см²;
- Case IH STX 600 Quadtrack — 0,32...0,41 кг/см².

Таким чином, встановлено, що колісні трактори створюють значно більший питомий тиск на ґрунт порівняно з гусеничними машинами. У зв'язку з відсутністю гусеничної техніки в господарстві особливої актуальності набуває необхідність мінімізації кількості виїздів колісних тракторів у поле, раціоналізації маршрутів їх руху та, за можливості, застосування спарених коліс для зниження навантаження на ґрунт.

Загальну послідовність і перелік технологічних операцій під час вирощування пшениці озимої наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Технологічні операції при вирощуванні озимої пшениці

№з/п	Пшениця озима	
	Операція	Агрегат
1	Внесення добрив	МТЗ-80 + МВД-900
2	Дискування поля	МТЗ-82 + АГМ-3
3	Передпосівна культивуація	МТЗ-82 + КПС-3.6
4	Висівання насіння	МТЗ-1025+ СЗМ-4
5	Внесення прометрин	МТЗ-82 + ОП-2000М
6	Внесення аміачної селітри	МТЗ-80 + МВД-900
7	Внесення сульфосульфурон	МТЗ-82 + ОП-2000М
8	Збір урожаю	Комбайн Lexion-570
9	Перевезення насіння на тік	Автомобіль КамАЗ-43105

Як свідчать дані табл. 1.3, під час вирощування пшениці озимої кількість виїздів техніки на поле є меншою порівняно з технологією вирощування соняшника. Водночас у прийнятій технологічній схемі не передбачено виконання операції оранки ґрунту. З одного боку, це створює потенційний ризик надмірного ущільнення підорного шару ґрунту, а з іншого — зменшує ймовірність формування плужної підшви, яка є негативним наслідком систематичного проведення оранки.

Ущільнення ґрунту за таких умов землеробства нині розглядається як одна з ключових проблем, оскільки навіть за внесення значних доз мінеральних добрив та застосування інтенсивного хімічного захисту рослин рівень урожайності на даному полі залишається нижчим за середні регіональні показники (табл. 1.4).

Водночас слід відзначити, що рівень виробничої культури в господарстві поступово підвищується: технологічні операції виконуються у встановлені строки та з дотриманням основних агротехнічних вимог.

Таблиця 1.4 – Валовий збір та врожайність

Культура	Валовий збір та врожайність							
	2021		2022		2023		2024	
Соняшник	2,5	356,2	2,8	345,5	2,4	218	2,3	222,6
Ячмінь ярий	-	-	2,4	47	3,5	16,6	2,7	34,2
Пшениця озима	3,7	63,8	5,9	318,4	5,1	459	5,6	812

Водночас, за даними, наведеними в табл. 1.4, упродовж останніх двох років подальшого зростання урожайності сільськогосподарських культур не зафіксовано, або ж воно перебуває в межах статистичної похибки. Це відбувається за умов, що у 2021 році рівень вологозабезпечення був достатнім, а норми внесення мінеральних добрив відповідали потребам рослин для їх оптимального росту та розвитку.

Аналіз технологічних схем, представлених у табл. 1.2–1.3, дає підстави стверджувати, що вони включають такі основні агротехнічні складові:

- обробіток ґрунту;
- внесення органічних і мінеральних добрив;
- підготовку ґрунту до сівби та сівбу;
- догляд за посівами;
- хімічний захист рослин;
- збирання врожаю.

У наведеному переліку агротехнічних операцій провідне місце займають заходи, пов'язані з обробітком ґрунту, оскільки саме з них розпочинається реалізація технологічного процесу. Якість і своєчасність виконання цих операцій значною мірою визначають рівень майбутнього врожаю та потребу в додаткових агротехнічних заходах. Аналізуючи інтенсивність механічного впливу на ґрунт, слід відзначити, що однією з ключових складових системи обробітку є поверхневий обробіток. Його доцільно розглядати як зміну фізичного стану ґрунтового середовища внаслідок механічної дії робочих органів машин і знарядь з метою формування оптимальних умов для росту і розвитку культурних рослин у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Разом із тим встановлено, що в умовах даного господарства поверхневий обробіток ґрунту здійснюється із застосуванням різних знарядь на глибину до 15 см. Водночас відомо [3], що ходові системи тракторів, а особливо зернозбиральних комбайнів, спричиняють ущільнення ґрунту на глибину до 80 см. За таких умов можна дійти висновку, що застосовувані в господарстві технології з часом призводять до розвитку деградаційних процесів у ґрунтовому профілі, зокрема до поступового зростання щільності підорного шару. Саме це є однією з причин стабілізації або поступового зниження урожайності сільськогосподарських культур, незважаючи на повне задоволення інших потреб рослин у процесі їх росту та розвитку.

У зв'язку з цим одним із ключових завдань даної дипломної роботи є дослідження можливостей переходу господарства до сучасних систем землеробства із впровадженням елементів цифрового землеробства. Одним із найбільш доступних та практично доцільних інструментів у цьому напрямі є систематичний моніторинг твердості ґрунту з використанням цифрового пенетрометра.

Фермерське господарство перебуває на етапі становлення та розвитку й наразі застосовує переважно традиційні технології обробітку ґрунту. Встановлено, що загальний рівень агротехніки дозволяє підтримувати щільність ґрунту в межах допустимих агротехнічних норм. Водночас аналіз урожайності за останні три роки свідчить, що її рівень є достатньо високим, проте не перевищує середніх регіональних показників. Однією з імовірних причин цього є локальне та системне переущільнення ґрунтів.

Зазначені проблеми можуть бути усунені шляхом упровадження додаткових технологічних заходів, спрямованих на розущільнення ґрунту. Зокрема, доцільно обмежити виїзд сільськогосподарської техніки на перезволожені поля, а також не допускати руху автомобільного транспорту по полю під час завантаження зерна зернозбиральними комбайнами. На сьогодні в господарстві наявні всі передумови для створення відповідних виробничих умов з метою впровадження елементів цифрового землеробства та підвищення ефективності управління агротехнологічними процесами.

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи

Відповідно до теми магістерської роботи «Ефективність використання сільськогосподарської техніки за ґрунтозахисного землеробства з контролем твердості ґрунту», основною ідеєю дослідження є розроблення ґрунтозахисних технологій вирощування соняшника та пшениці озимої з використанням наявного машинно-тракторного парку фермерського господарства. Запропоновані технологічні рішення мають бути спрямовані на зменшення ступеня ущільнення ґрунту та створення передумов для його поступового розущільнення.

Як установлено в даному розділі, у фермерському господарстві переважає традиційна технологія вирощування сільськогосподарських культур, що базується на інтенсивному механічному обробітку ґрунту. Водночас практична реалізація зазначених технологій у ряді випадків супроводжується відхиленнями від основних ґрунтозахисних вимог.

Зокрема, в господарстві мають місце ранньовесняні виїзди техніки на поле, у тому числі для внесення мінеральних гранульованих добрив по мерзлоталому ґрунту. Виконання таких операцій призводить до формування локальних зон підвищеного ущільнення, особливо в тих ділянках, де нижні горизонти ґрунту перебувають у стадії відтавання та є найбільш уразливими до техногенного навантаження.

Подальше інтенсивне ущільнення ґрунтів відбувається у весняний період під час виконання основного та передпосівного обробітку. У цей час ґрунт характеризується підвищеною вологістю і є особливо чутливим до навантаження з боку рушіїв сільськогосподарської техніки. Додатковим суттєвим недоліком чинних технологій є допуск автотранспорту безпосередньо на поле для обслуговування зернозбиральних комбайнів. При цьому автомобілі, як правило, не оснащені широкопрофільними шинами, що значно підсилює негативний вплив на ґрунтове середовище.

З метою об'єктивної оцінки поточного фізико-механічного стану ґрунтів, визначення глибини та інтенсивності їх ущільнення виникає необхідність застосування інструментальних методів контролю. За умов використання тради-

ційних технологій обробітку ґрунту особливо актуальним є впровадження систематичного моніторингу твердості ґрунту як одного з ключових екологічних показників його стану.

У зв'язку з цим **метою** магістерської роботи є визначення рівня ущільнення ґрунтів у виробничих умовах господарства та розроблення ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур із використанням контролю твердості ґрунту.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачається розв'язання таких основних завдань:

- провести аналіз виробничо-господарської діяльності підприємства;
- виявити технологічні недоліки у процесах вирощування сільськогосподарських культур, що призводять до переущільнення ґрунтів;
- здійснити експериментальні вимірювання твердості ґрунту на виробничих полях господарства;
- розробити практичні рекомендації щодо захисту ґрунтів та інтегрувати їх у технології вирощування соняшника і пшениці озимої;
- обґрунтувати заходи з охорони праці під час виконання пенетрометричних вимірювань твердості ґрунту цифровим пенетрометром у польових умовах;
- виконати екологічну та економічну оцінку запропонованих технологічних рішень.

Об'єктом дослідження є процеси, що визначають зміну ступеня ущільнення ґрунтів та методи вимірювання їх твердості в умовах ґрунтозахисного землеробства.

Предметом дослідження є закономірності зміни твердості ґрунту залежно від застосовуваних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

2. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ГРУНТІВ І РОЗРОБ- ЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

2.1. Загальні відомості

Є Згідно з науковими даними, для забезпечення оптимального росту і розвитку сільськогосподарських культур щільність ґрунту повинна перебувати в межах 1,08–1,30 г/см³ [3]. З використанням довідкових джерел [4, 5] було визначено величину питомого тиску рушіїв тракторів на ґрунт, результати якого наведено на графіку рис. 2.1. Отримані дані є необхідними для обґрунтування перспективного плану механізованих технологічних процесів при вирощуванні соняшника та пшениці озимої в умовах господарства.



Рис. 2.1 – Питомий тиск рушіїв тракторів на ґрунт

Аналіз даних, наведених на рис. 2.1, дозволив отримати дві узагальнені залежності, які наочно характеризують вплив маси трактора на величину тиску його рушіїв на ґрунт. Відповідні графічні залежності наведені на рис. 2.1 та використовуються для подальшої оцінки рівня техногенного навантаження на ґрунтове середовище.

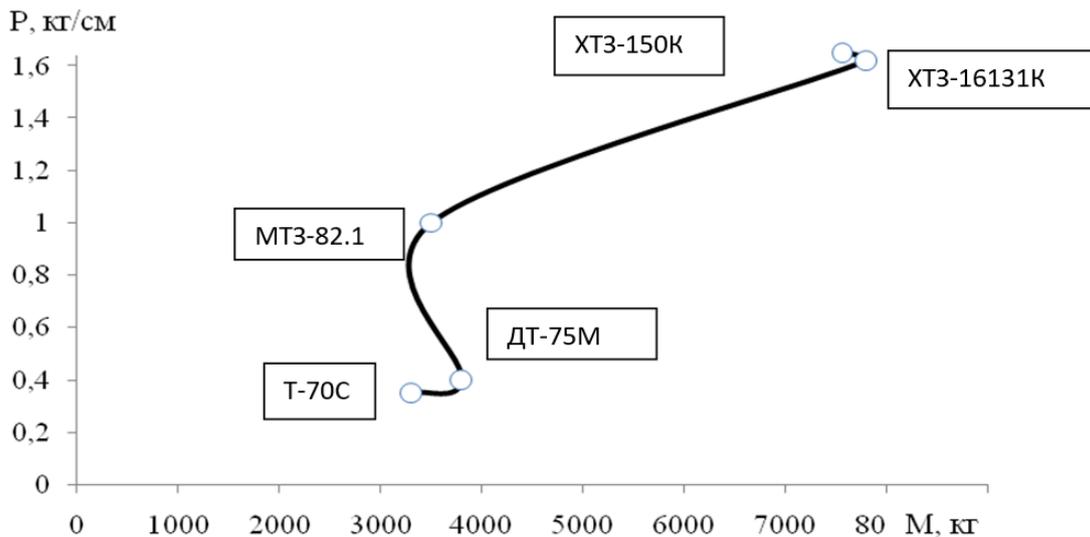


Рис. 2.2 – Залежність тиску рушіїв трактора на ґрунт від його маси

Аналіз результатів дослідження

Аналіз графічної залежності тиску рушіїв тракторів на ґрунт (рис. 2.1) свідчить про чітко виражену тенденцію зменшення питомого тиску зі зниженням маси машини та зі зміною типу рушія. Найбільші значення тиску на ґрунт характерні для важких колісних тракторів ХТЗ-150К-09 та ХТЗ-16131К і становлять відповідно 1,65 та 1,62 кг/см², що суттєво перевищує оптимальні значення, рекомендовані для забезпечення сприятливого фізичного стану ґрунту.

Трактор МТЗ-82.1 характеризується середнім рівнем питомого тиску (1,0 кг/см²), який є гранично допустимим і за несприятливих ґрунтово-вологісних умов може спричиняти ущільнення орного та підорного шарів ґрунту. Найменший тиск на ґрунт створюють гусеничні трактори ДТ-75М і Т-70С, значення якого не перевищує 0,35–0,40 кг/см². Це зумовлено більшою площею контакту рушіїв з поверхнею ґрунту та рівномірнішим розподілом навантаження.

Отримані результати підтверджують, що використання важких колісних тракторів у технологічних операціях, особливо за підвищеної вологості ґрунту, значно підвищує ризик його переущільнення, що негативно впливає на водно-повітряний режим, розвиток кореневої системи рослин та формування врожайності.

Висновок

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать про доцільність обмеження використання важких колісних тракторів у ґрунтозахисних технологіях вирощування соняшника та пшениці озимої, особливо під час виконання весняно-польових робіт. Перевагу доцільно надавати тракторам з меншим питомим тиском на ґрунт, зокрема гусеничним або колісним машинам зі зниженим навантаженням на ходові системи. Отримані залежності можуть бути використані при формуванні перспективного плану механізованих робіт з метою мінімізації техногенного впливу на ґрунтове середовище та забезпечення стабільного рівня продуктивності сільськогосподарських культур.

Аналіз рис. 2.2 підтверджує наявність чіткої залежності між величиною питомого тиску на ґрунт і типом рушіїв тракторів. Оскільки в умовах даного господарства гусеничні трактори відсутні, актуальним завданням є зменшення негативного впливу колісних рушіїв на ґрунтове середовище. За таких умов ключовим критерієм раціонального використання машинно-тракторного парку та стримування процесів надмірного ущільнення ґрунту є систематичний контроль його твердості, побудова карт твердості та розроблення операційно-технологічних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження на ґрунти.

Слід зазначити, що в межах даного дослідження основна увага зосереджується на контролі показника твердості ґрунту, а не його щільності. Це зумовлено тим, що твердість є більш оперативним та технологічно зручним параметром для польових вимірювань. У зв'язку з цим доцільно навести визначення зазначеного показника.

Твердість ґрунту — це його фізико-механічна властивість чинити опір проникненню в нього іншого, більш твердого тіла [4]. Водночас твердість і щільність ґрунту є взаємопов'язаними характеристиками: зі зростанням твердості, як правило, підвищується і щільність ґрунтового середовища, що негативно впливає на водно-повітряний режим, розвиток кореневої системи та продуктивність рослин. На сьогодні в науковій літературі встановлено кількісні залежності

ті між зазначеними параметрами, які дають змогу використовувати показник твердості як індикатор ступеня ущільнення ґрунту.

Зокрема, у роботі [6] наведено таку градацію стану ґрунту за показником твердості:

- до 1000 кПа — ґрунт пухкий, цілком придатний для росту і розвитку сільськогосподарських культур;
- 1000...2000 кПа — відносно пухкий ґрунт, сприятливий для вирощування культур;
- 2000...3000 кПа — ґрунт середньої твердості, вирощування культур можливе без істотних обмежень;
- 3000...4000 кПа — ґрунт твердий, необхідне зменшення техногенного навантаження та/або впровадження технологічних заходів, спрямованих на його розущільнення;
- понад 4000 кПа — ґрунт дуже твердий, що свідчить про критичний рівень ущільнення та потребує негайного застосування заходів із глибокого розущільнення.

Таким чином, контроль твердості ґрунту дозволяє своєчасно виявляти небезпечні рівні ущільнення та обґрунтовувати коригування технологій обробітку ґрунту з метою збереження його родючості та забезпечення сталого виробництва сільськогосподарської продукції.

Досягнення значення твердості ґрунту на рівні 3000 кПа свідчить про формування граничної щільності, яка перевищує $1,3 \text{ г/см}^3$. У такому випадку виникає об'єктивна необхідність обмеження кількості виїздів колісної техніки на поле, а також доцільність комбінування окремих технологічних операцій з метою зменшення сумарного навантаження на ґрунт.

Зазначений принцип покладено в основу роботи приладів для вимірювання твердості ґрунту — пенетрометрів, які дозволяють оперативно оцінювати фізико-механічний стан ґрунтового середовища безпосередньо в польових умовах.

2.2. Складові та призначення твердоміру ґрунту S600

Електронний пенетрометр, а саме модель S600 (рис. 2.3) виробляється компанією **Skok Agro** (країна походження Україна) та призначений для оперативного визначення твердості ґрунту в польових умовах. Принцип його роботи ґрунтується на вимірюванні зусилля, необхідного для проникнення в ґрунт металевого конуса стандартної геометрії. У процесі вимірювання прилад одночасно реєструє величину прикладеного зусилля та глибину проникнення, що дає змогу формувати вертикальний профіль твердості ґрунту.

Для просторової прив'язки результатів вимірювань пенетрометр оснащений вбудованим GPS-приймачем, який забезпечує фіксацію координат кожної точки заміру. Це створює передумови для побудови карт твердості ґрунту та подальшого аналізу його просторової неоднорідності. Передача зібраної інформації здійснюється за допомогою мобільного зв'язку, для чого прилад обладнаний GSM-антенною та SIM-картою. Крім того, пенетрометр має вбудовану карту пам'яті, що дозволяє зберігати до 2000 результатів вимірювань у разі відсутності мобільного зв'язку.

У комплекті з приладом постачається спеціалізоване програмне забезпечення, яке встановлюється на персональний комп'ютер або ноутбук. Це програмне забезпечення забезпечує приймання, збереження та візуалізацію результатів вимірювань, а також дає змогу отримувати доступ до даних у режимі реального часу незалежно від місця проведення вимірювань. Таким чином, використання цифрового пенетрометра S600 дозволяє реалізувати елементи цифрового землеробства шляхом оперативного моніторингу фізико-механічного стану ґрунтів і прийняття обґрунтованих технологічних рішень.



Рис. 2.3 – Вимірювання цифровим пенетрометром S600

Програмне забезпечення цифрового пенетрометра реалізоване у вигляді вебплатформи з персоналізованим доступом користувача, що функціонує на офіційному сайті **portal.skokagro.com** (рис. 2.3). Робота з програмним забезпеченням передбачає створення особистого кабінету користувача, у якому акумулюються результати пенетрометричних вимірювань, отримані в польових умовах.

Особистий кабінет забезпечує збереження, обробку та візуалізацію даних із просторовою прив'язкою, що дозволяє аналізувати розподіл твердості ґрунту в межах окремих полів або їх ділянок. Таким чином, програмна платформа є ключовим елементом інформаційної складової системи моніторингу твердості ґрунту та забезпечує інтеграцію результатів вимірювань у технології цифрового землеробства.



Рис.2.4 – Інтерфейс пенетрометра S600.

З метою забезпечення зручності транспортування та технічного обслуговування цифровий пенетромтр виконаний у розбірному конструктивному виконанні (рис. 2.5) і транспортується в розібраному стані. Для захисту приладу від механічних пошкоджень та впливу вологи під час перевезення і зберігання пенетромтр комплектується щільною водонепроникною сумкою або спеціальною інструментальною валізою.

Конструктивно пенетромтр складається з окремих функціональних вузлів, основним з яких є вимірювальний блок 1 (рис. 2.5). У середині цього блоку розміщена тензометрична вимірювальна станція, призначена для реєстрації величини осьового зусилля, що виникає під час проникнення робочого конуса в ґрунт. Саме на основі сигналів тензометричної станції здійснюється визначення твердості ґрунту за глибиною проникнення.

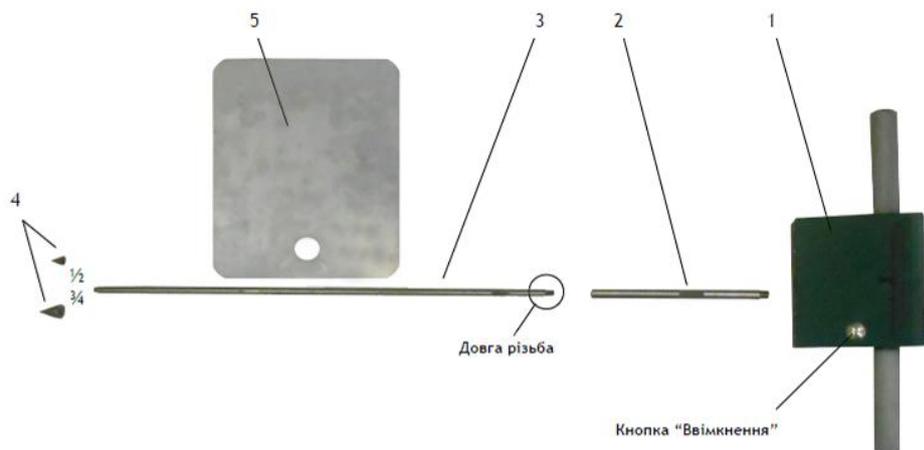


Рис. 2.5 – Складові частини пенетрометра: 1 – блок вимірювання; 2 - щуп для з'єднання; 3 – щуп для безпосереднього вимірювання; 4 - наконечники розміру 1/2" для звичайних ґрунтів та 3/4" для піску або дуже вологого ґрунту; 5 – пластина, виготовлена з металу, для фіксації глибини занурення щупа.

Цифровий пенетрометр оснащений вбудованим акумулятором, який може заряджатися від стандартного мережевого адаптера для мобільних пристроїв або безпосередньо від ноутбука через USB-порт. Такий спосіб живлення забезпечує автономність роботи приладу в польових умовах і не потребує використання спеціалізованих зарядних пристроїв.

У верхній частині вимірювального блоку розміщений багатфункціональний інформаційний дисплей (рис. 2.6), який використовується для керування приладом, налаштування режимів роботи та контролю процесу вимірювань. На екрані відображаються основні робочі параметри, елементи навігації меню, а також поточне місцеположення приладу, визначене за GPS-координатами.

Крім того, на дисплеї відображається кількість супутників, з якими встановлено зв'язок, що безпосередньо впливає на точність просторової прив'язки результатів вимірювань. Під час першого ввімкнення приладу рекомендується дочекатися стабільного з'єднання з максимально можливою кількістю супутників, оскільки це дозволяє підвищити точність визначення координат точки вимірювання. Після встановлення навігаційного сигналу в нижній частині екрана відображаються географічні координати, які автоматично фіксуються та зберігаються разом із результатами вимірювання твердості ґрунту.

Налаштування вимірювального блока:

Після запуску приладу ви побачите стартовий екран.

Бажано дочекатися визначення GPS-координат.

Для перегляду статусу пошуку натисніть на кнопку "GPS".

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

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

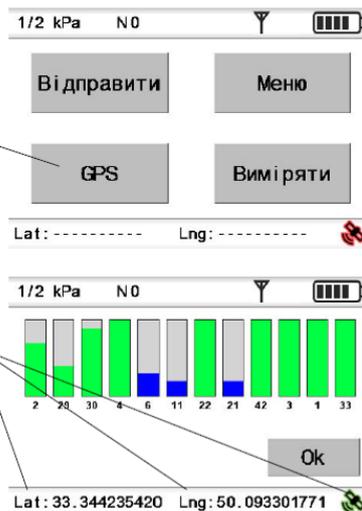


Рис.2.6 – Основне меню

За допомогою меню, відображеного на інформаційному екрані, користувач має можливість обрати основні функціональні параметри роботи приладу. Зокрема, передбачено вибір мови інтерфейсу (основні українська, англійська та ін.), типу наконечника конічної форми ($\frac{1}{2}$ або $\frac{3}{4}$ дюйма), а також одиниць вимірювання твердості ґрунту (кПа, кг/см², psi) та інших налаштувань, необхідних для коректної роботи пенетрометра.

Після встановлення стабільного зв'язку з навігаційними супутниками GPS та задання основних робочих параметрів приладу можливе безпосереднє виконання пенетрометричних вимірювань у польових умовах.

2.3. Методика проведення вимірювань

Перед початком виконання пенетрометричних вимірювань необхідно перевірити комплектність приладу, а також переконатися у відсутності механічних пошкоджень і справності всіх його конструктивних елементів.

Підготовчий етап вимірювань доцільно виконувати ще до виїзду в поле. Для цього в особистому кабінеті користувача програмної платформи (рис. 2.7) використовується функція «Сітка», за допомогою якої формується схема розташування точок вимірювання на полі. Заздалегідь сформована сітка забезпечує чітке просторове планування пенетрометричних досліджень, істотно спрощує

роботу оператора та дозволяє скоротити часові витрати на визначення точок відбору проб порівняно з традиційними методами розмічування.

Застосування цифрової сітки вимірювань підвищує відтворюваність результатів, точність просторової прив'язки та загальну ефективність моніторингу твердості ґрунту.

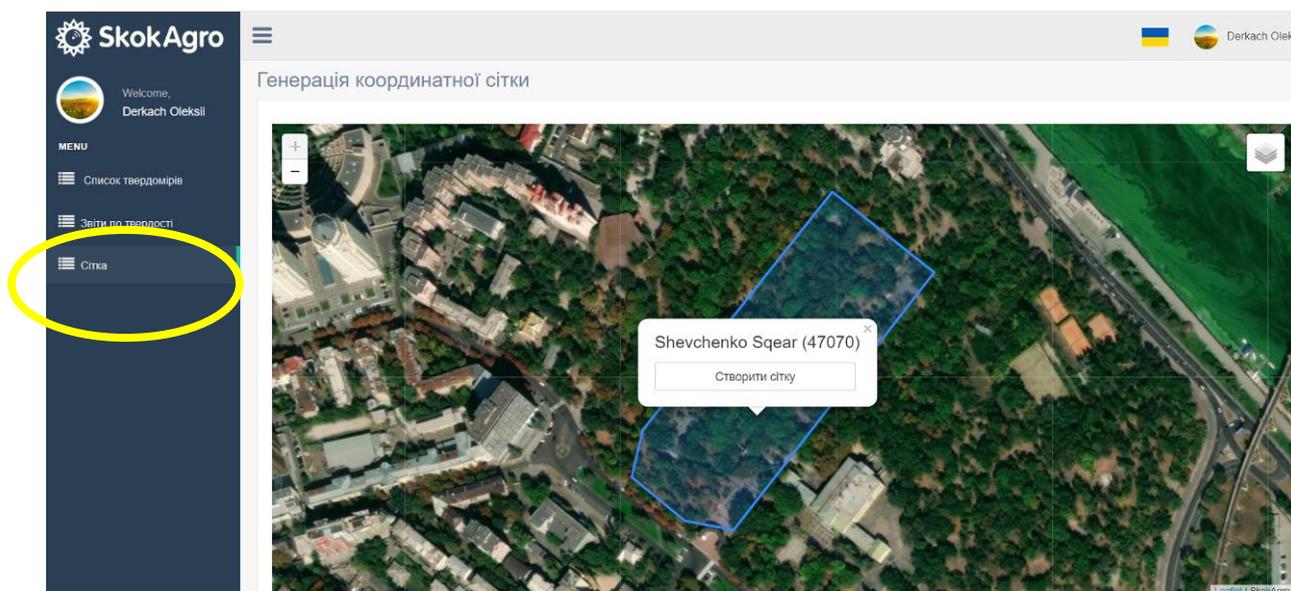


Рис.2.7 – Функція «Сітка»

Під час формування сітки вимірювань програмне забезпечення надає можливість задати частоту (дискретність) виконання замірів твердості ґрунту (рис. 2.8). Зокрема, можуть бути обрані варіанти одного вимірювання на 15, 10 або 5 га, а також інша дискретність, визначена оператором залежно від умов дослідження. Вибір кроку сітки обумовлюється площею поля, рівнем просторової неоднорідності ґрунтів та бажаною точністю побудови карти твердості.

Після створення сітки вимірювань її необхідно просторово узгодити з фактичним місцеположенням оператора в полі. Для цього з програмної платформи завантажується файл, що містить координати сформованої сітки, у форматі **KML**. Завантаження здійснюється шляхом натискання відповідної клавіші (позначено на рис. 2.7). Отриманий файл доцільно надіслати на власну електронну пошту з подальшим завантаженням на смартфон, що використовується для навігації під час виконання польових вимірювань.

Застосування KML-файлу забезпечує точну просторову орієнтацію оператора відносно запланованих точок вимірювань та підвищує точність і відтворюваність результатів пенетрометричних досліджень.

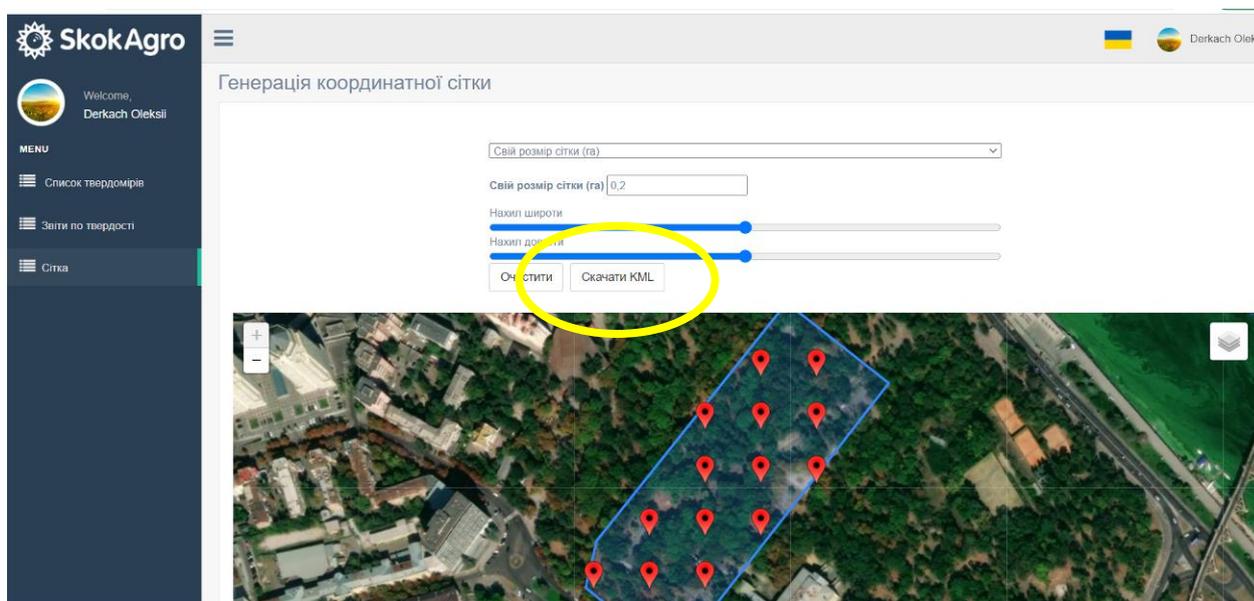


Рис.2.8 – Відображення сітки: в даному режимі вимірювань точки на карті наносяться автоматично при заданій дискретності

Для забезпечення точного виходу оператора до запланованих точок вимірювань доцільно встановити на смартфон навігаційний додаток, зокрема **Locus Map**, який завантажується з сервісу **Play Market**. За допомогою зазначеного програмного забезпечення відкривається файл із сіткою вимірювань у форматі **KML**, після чого оператор, орієнтуючись на власне поточне місцеположення, здійснює переміщення до точок, визначених розробленою сіткою.

Після суміщення навігаційної точки в додатку Locus Map із відповідною точкою сітки виконується безпосереднє вимірювання твердості ґрунту. Методика проведення вимірювань передбачає таку послідовність дій.

1. На полі обирається ділянка з рівною поверхнею без рослинних решток і видимих нерівностей. На поверхню ґрунту укладається металева пластина, яка використовується для контролю глибини занурення вимірювального щупа.

2. Пенетрометр встановлюється на пластину таким чином, щоб верхня антена приладу знаходилася над її широкою частиною, а конічний наконечник був розташований на відстані 1–2 см від центрального отвору пластини.

3. Після правильного позиціонування приладу виконується занурення щупа в ґрунт із фіксацією зусилля та глибини проникнення відповідно до вимог методики вимірювань.

Дотримання зазначеної послідовності дій забезпечує відтворюваність результатів, зменшення похибок вимірювання та коректність подальшої побудови карт твердості ґрунту.

2. Після правильного позиціонування приладу твердомір плавно піднімають від металевої пластини та встановлюють у вертикальне положення під кутом 90° відносно її поверхні. Далі здійснюють занурення вимірювального щупа в ґрунт через отвір пластини з рівномірною швидкістю 2–4 см/с. Під час виконання вимірювання необхідно уникати різких рухів, поштовхів та нерівномірного переміщення приладу, оскільки це може призвести до спотворення результатів.

Важливою умовою коректного проведення вимірювань є відсутність сторонніх предметів між металевою пластинною та вимірювальним блоком пенетрометра. Не допускається наявність часточок ґрунту, рослинних решток або листя, які можуть впливати на точність фіксації глибини занурення щупа.

У процесі проникнення щупа в ґрунт на інформаційному екрані приладу в режимі реального часу відображаються поточні значення глибини занурення та відповідного зусилля опору, що дозволяє оперативно контролювати перебіг вимірювання та формування профілю твердості ґрунту (рис. 2.9).

1/2 kPa NO		[Signal] [Battery]	
Тиск	Глибина		
127	1.0		
		[Hi]	
Lat: 33.344235420		Lng: 50.093301771 [GSM]	

Рис.2.8 – Показники зусилля що прикладається та глибини будуть синхронно змінювати свої значення при проведенні вимірювань

Відповідно до інструкції з експлуатації приладу (наведеної в додатку 1), в момент проходження по глибині щупа приладу на відстань до 60 сантиметрів на екрані цифрового пенетрометра формується інформаційна картина результатів вимірювань (рис. 2.10). На ній відображаються значення твердості ґрунту з дискретністю 1 см по всій глибині проникнення щупа.

Отримані дані можуть бути представлені як у табличній формі, так і у вигляді графічної залежності, що дає змогу швидко оцінити вертикальний розподіл твердості ґрунтового профілю та виявити потенційні зони ущільнення.

Після завершення вимірювання зібрані дані автоматично передаються на сервер при використанні стандартного зв'язку GSM. Передавання інформації може здійснюватися як після кожного окремого вимірювання, так і після завершення всього комплексу робіт на полі. У будь-якому випадку результати кожного вимірювання підлягають обов'язковому збереженню, що забезпечує цілісність та повноту масиву експериментальних даних.

Для оптимізації пересування між точками вимірювань раціональна траєкторія руху оператора формується за допомогою навігаційного додатка **Locus Map** (рис. 2.11). Зазначений додаток дозволяє здійснювати запис маршруту переміщення оператора по полю, а також автоматично фіксувати основні параметри хронометражу робіт. Зокрема, реєструються пройдена відстань, загальна тривалість виконання вимірювань, час проведений на кожній точці розміченої

сітки та багато інших показників, які в подальшому можуть бути застосовані для аналізу трудомісткості та ефективності проведення польових досліджень.

Після занурення на глибину 60 см твердомір видасть таблицю з результатами виміру.

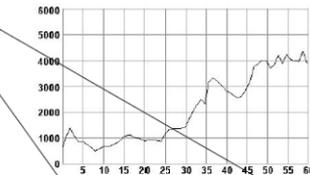
Для перегляду в режимі графіку натисніть на іконку "Графік".

0.0 - 577	7.0 - 565	14.0 - 783
1.0 - 974	8.0 - 412	15.0 - 978
2.0 - 1310	9.0 - 489	16.0 - 1015
3.0 - 1012	10.0 - 584	17.0 - 1001
4.0 - 768	11.0 - 604	18.0 - 907
5.0 - 787	12.0 - 623	19.0 - 889
6.0 - 691	13.0 - 699	20.0 - 822

Зберегти < > Відмінити

Якщо Ви бажаєте відмінити вимір натисніть "Відмінити".

Для збереження виміру натисніть "Зберегти".



Зберегти < > Відмінити

На екрані з'явиться вікно з підтвердженням збереження вимірювання та перевіркою сигналу супутника.

1/2 кПа N 12

Якщо сигнал супутника є нажимайте "Так", якщо ні то дочекайтесь коли з'являться координати та іконка супутника стане зеленою.

Зберегти вимірювання?

Так

Ні

Рис.2.10 – Деякі записи з екрану користувача цифрового пенетрометра.

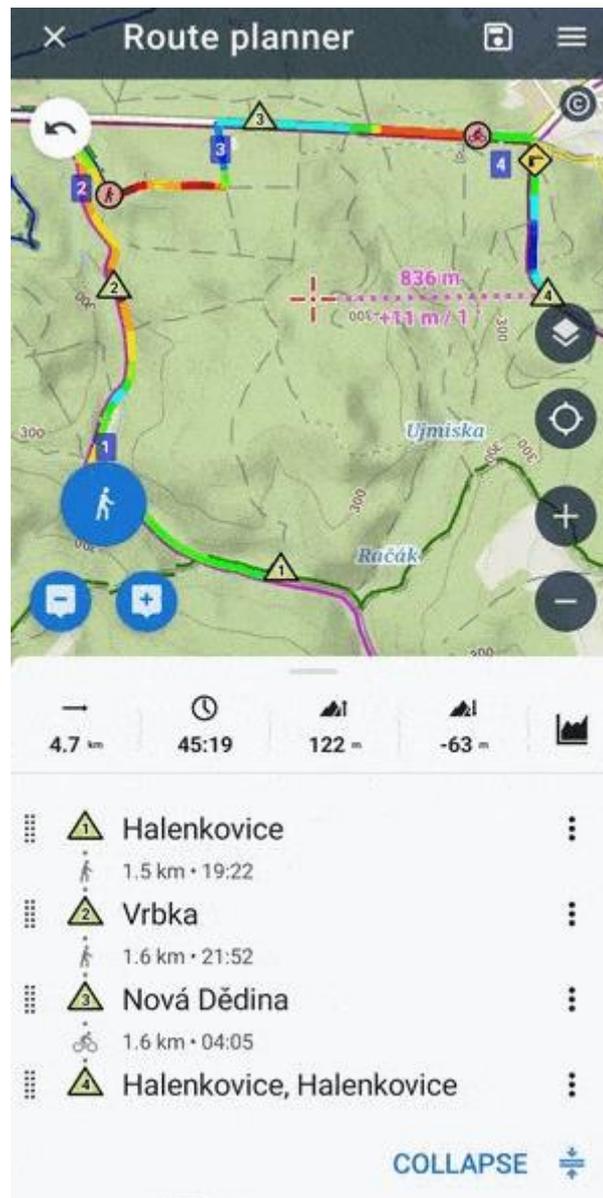


Рис.2.11 – Скріншот додатку Локус Мап

2.4. Опрацювання отриманих даних

Дані, які були передані пенетрометром до особистого кабінету користувача, автоматично формуються у вигляді окремих звітів у форматі PDF та зберігаються в системі на постійній основі. Кожному звіту автоматично присвоюється унікальний ідентифікатор (ID) поля, тоді як назва поля може редагуватися користувачем відповідно до його потреб. Такі параметри, як дата проведення вимірювань, дата й час формування звіту, а також дата останніх змін, генеруються системою автоматично. Це істотно знижує ризик навмисного втручання у результати та мінімізує можливість маніпулювання даними, що, своєю чергою,

підвищує рівень довіри до отриманих результатів і забезпечує їх достовірність для замовника.

Водночас певним недоліком даної системи є зберігання інформації на зовнішньому сервері, рівень захищеності якого для користувача є повністю невідомим. Однак програмна платформа передбачає можливість завантаження сформованих звітів у вигляді окремих файлів з подальшим їх збереженням на локальному носії, після чого онлайн-версії даних можуть бути видалені.

Узагальнений звіт формується на основі статистичної обробки результатів вимірювань по всьому полю та подається у вигляді трьох кривих, що характеризують розподіл величини зусилля опору ґрунту (рис. 2.12): максимальні значення твердості, середні статистичні значення та мінімальні значення. Для спрощення інтерпретації результатів у нижній частині звіту наведено шкалу оцінювання фізичного стану ґрунту. Така форма подання даних дозволяє отримати загальне уявлення про рівень ущільнення ґрунту в межах поля. Крім того, у нижньому лівому куті звіту відображається схема поля з нанесеними точками вимірювань.

Слід зазначити, що інтерпретація узагальненого звіту потребує кваліфікованого аналізу, відповідних пояснень та формування практичних рекомендацій. У зв'язку з цим виконання повного циклу робіт із визначення твердості ґрунту та розроблення агротехнологічних заходів без залучення досвідченого фахівця є ускладненим.

У третьому розділі даної роботи передбачається детальний аналіз результатів вимірювань у розрізі окремих точок. Це необхідно для виявлення локальних зон підвищеного ущільнення ґрунту на полі та обґрунтування технологічних заходів, спрямованих на усунення зазначеного негативного явища.

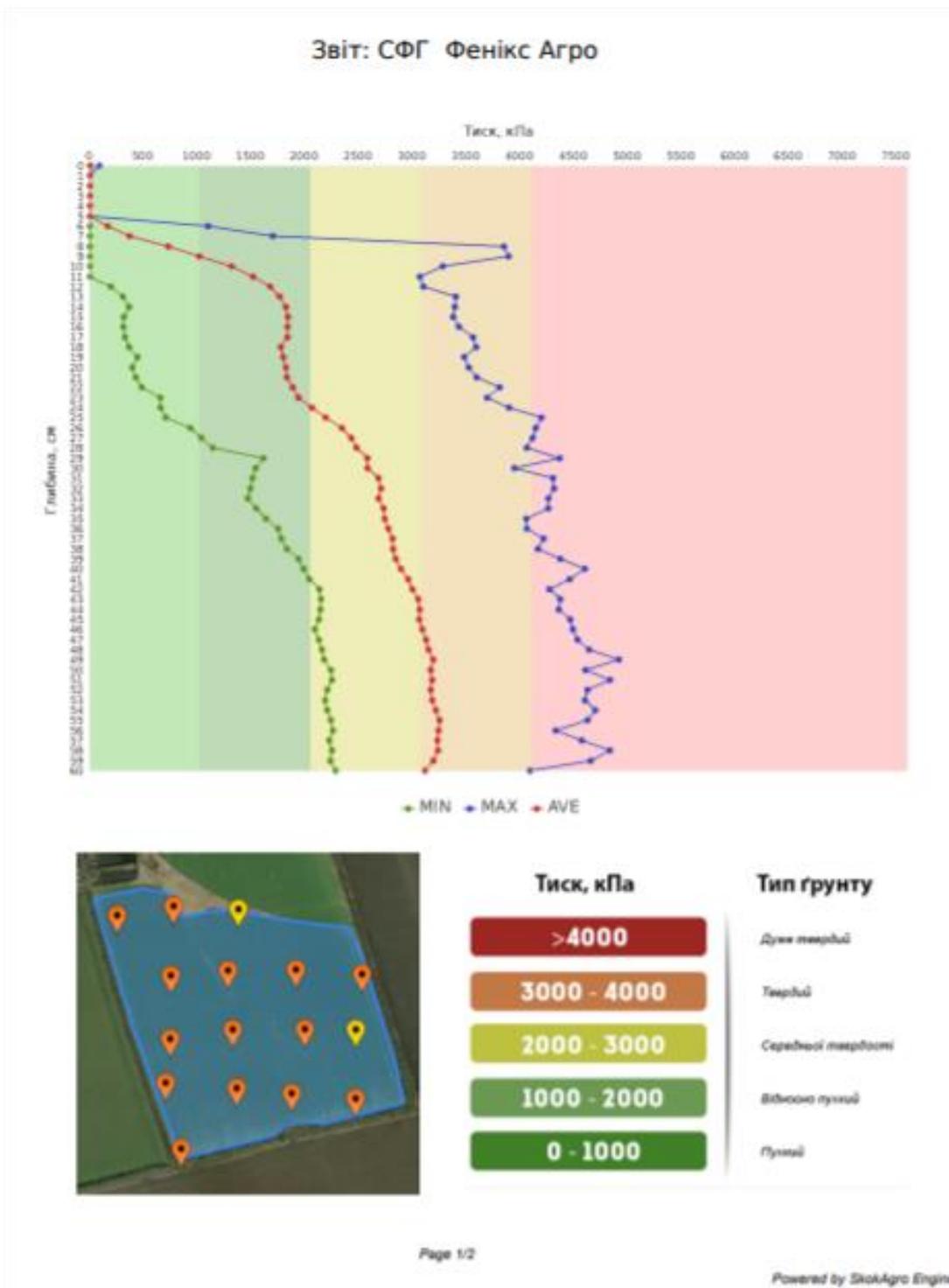


Рис.2.12 – Автоматично сформований звіт – загальний вид.

Застосування інтерполяційних методів обробки результатів пенетрометричних вимірювань дозволяє виявляти зони підвищеного ущільнення ґрунту не лише в межах окремих ділянок поля, але й у вертикальному розрізі — на різних глибинах ґрунтового профілю. Це забезпечує комплексне уявлення про просторово-об’ємний розподіл твердості ґрунту.

Отримана інформація створює підґрунтя для обґрунтованого планування технологічних заходів, спрямованих на розуцільнення ґрунту. Залежно від характеру та глибини виявлених уцільнень такі заходи можуть варіюватися від коригування технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур до цілеспрямованого виконання спеціальних операцій з механічного розуцільнення проблемних ділянок полів.

2.5. Складання плану механізованих робіт

З метою забезпечення планомірності в організації роботи машинно-тракторного парку та виробничого персоналу під час вирощування соняшника і пшениці озимої було розроблено технологічні карти відповідно до чинної методики [5].

Технологічні карти складено у табличній формі з використанням програмного середовища **Microsoft** та наведено в додатках. Порядковий номер кожної наступної операції зазначається у відповідній графі (графа 1). У графі 2–6 заносяться відповідно ті технологічні операції які будуть виконані при вирощуванні культури, а також, агротехнічні вимоги до їх виконання, показники якості, та інші.

На наступному етапі визначається склад машинно-тракторного агрегату з урахуванням наявної в господарстві техніки. Згідно з довідковими матеріалами встановлюються змінні норми виробітку та питомі витрати пального, які заносяться у відповідні графи технологічної карти (графи 9, 10, 11, 14). На основі вихідних даних виконуються необхідні розрахунки, результати яких вносяться до відповідних граф таблиці.

Агротехнічна тривалість виконання кожної операції визначається з урахуванням основних агротехнічних вимог. Так, наприклад, термін виконання дискування стерні попередника не повинен перевищувати 7 діб. Тривалість робочого дня встановлюється відповідно до режиму роботи підприємства з урахуванням специфіки виконуваних процесів.

З огляду на фактичну організацію виробництва у господарстві прийнято дво- та тризмінний режим роботи з тривалістю однієї зміни 7 годин. У випадках виконання робіт у шкідливих або потенційно небезпечних умовах, зокрема під час внесення мінеральних добрив або засобів хімічного захисту рослин, тривалість зміни обмежується 6 годинами відповідно до вимог охорони праці.

Тривалість робочого дня визначається на основі відповідного розрахункового виразу, який наведено нижче.

Добову тривалість роботи машинно-тракторного агрегату визначають за формулою

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

де $T_{доб}$ – тривалість роботи агрегату на одну добу, год.;

$T_{зм}$ – тривалість однієї зміни, год.;

K – коефіцієнт змінності.

Наприклад, у разі виконання технологічної операції у три зміни добова тривалість роботи агрегату становитиме:

$$T_{доб} = 7 \cdot 3 = 21 \text{ год.}$$

Значення яке отримали заносимо до графі (графа 8).

Необхідну кількість агрегатів для виконання певної операції (графа 16) визначають за виразом:

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

де n – скільки агрегатів буде задіяно для роботи;

Q – обсяг робіт (графа 5), га;

$W_{доб}$ – продуктивність агрегату за одну добу, га/доб., т/доб.;

D_p – агротехнічна протяжність виконання операції, діб.

Наприклад, для того щоб виконати операцію дискування стерні ячменю трактором ХТЗ-150К-09 та дисковою бороною марки БДТ-7 у встановлені агротехнічні строки розрахунок за формулою (2.2) показує, що для виконання робіт достатньо одного агрегату. (2.2):

$$n = \frac{250}{77,1 \cdot 7} = 0,46.$$

Отримане значення заокруглюємо у бік більшого цілого числа. В даному випадку приймаємо 1 агрегат.

Витрати пального на одиницю виконаної роботи приймають з довідкової літератури [10–13].

Затрати праці на одиницю роботи (графа 21) обчислюють за формулою:

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

де m_{mex} – кількість трактористів при виконанні однієї операції;

$W_{дон}$ – продуктивність агрегату, га/год.

Кількість нормо-змін визначаємо за наступною формулою:

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

де $H_{зм}$ – кількість нормозмін.

Таким чином дискуванні стерні ячменю, з площею 250 га, складе:

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

Подібні розрахунки виконуються для всіх інших операцій, до відповідних технологій, а числові значення заносяться у відповідні графи

Висновки до розділу.

У даному розділі розглянуто будову цифрового пенетрометра S600 та викладено методику проведення й обробки результатів пенетрометричних вимірювань. Також обґрунтовано порядок складання плану механізованих робіт і виконано розрахунки основних показників організації механізованих робіт при вирощуванні сільськогосподарських культур.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ТА РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Дослідження та їх програма

Розроблена програма досліджень передбачала поетапне виконання таких основних робіт:

- Виділення з загальної кількості пари полів на яких відбувається вирощування озимої пшениці та соняшника;
- Виконання вимірювання твердості ґрунту, за допомогою пенетрометра на обраних полях;
- Опрацювання отриманих експериментальних даних з послідуною побудовою карти ущільнення по окремих шарах ґрунтового профілю;
- Складання плану ПМР на вказані культури з письмовими рекомендаціями по розушільненню локальних зон на полі.

3.2. Фіксація твердості та оброблення отриманих даних

Щоб отримати експериментальні дані обрано два поля на яких вирощували за традиційною технологією озиму пшеницю на площі 74 га, та соняшник на площі 109 га.

Поле пшениці озимої (площа 74 га).

Після дискування стерні попередника, а саме зернових культур (рис. 3.1), агрегатом у складі трактора МТЗ-82.1 з дисковим лушчильником типу ЛТД-3. Перепад поверхні поля по вертикалі становить не більше 2 метрів. Сітку місць вимірювання твердості ґрунту сформовано з переривчастістю в 5 га (мал. 3.2), що забезпечує достатню просторову деталізацію для оцінки фізико-механічного стану ґрунту.

Враховуючи, що проведення технологічної операції дискування на глибину 8-10 см., твердість ґрунту у вказаному діапазоні глибини буде мінімальна за рахунок розпушування орного горизонту.

Загальна оцінка стану поля свідчить про його задовільний фізичний стан (рис. 3.3). Аналіз середньостатистичної кривої показує, що твердість ґрунту до

глибини 46–47 см перебуває в межах допустимих значень, тобто не перевищує 3000 кПа. А далі по глибині (до 60 см) середні значення вже становлять 3000–3100 кПа, і вказує на незначне перевищення граничної межі. Такі перевищення переважно мають природний характер, і не є наслідком систематичної дії рушіїв енергетичних засобів що працюють на полі.

Максимальні значення твердості ґрунту характеризуються високою просторовою неоднорідністю, мають локальний характер і в поодиноких випадках не перевищують 4500 кПа, що свідчить про відсутність суцільних зон критичного ущільнення в межах досліджуваного поля.



Рис. 3.1 – Поверхня поля після попередника (зернові культури)

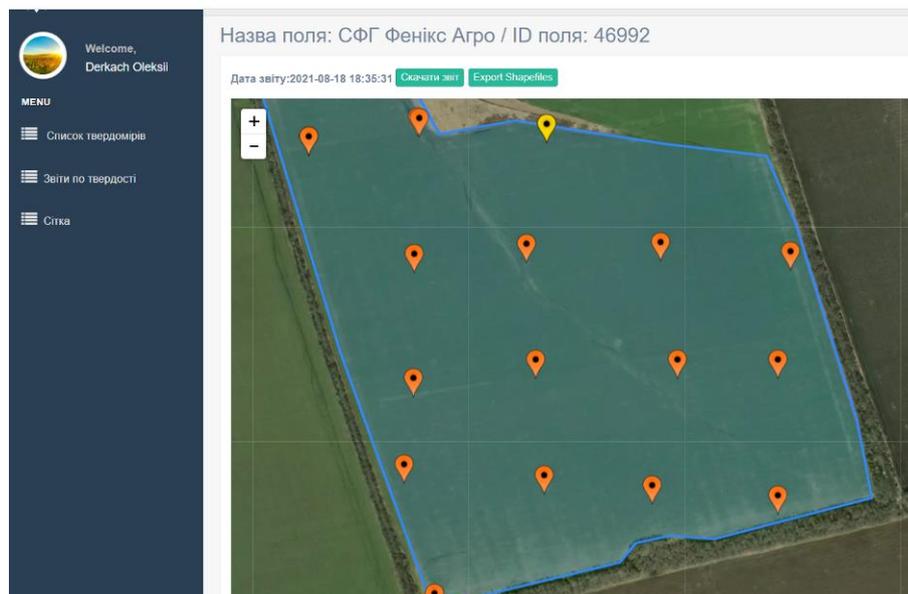


Рис.3.2 – Сформована приладом сітка. Переривчастість 5 га.

Аналізуючи (рис.3.2), дані максимальної кривої твердості свідчить про наявність на полі окремих проблемних ділянок, що зумовлює необхідність проведення детальнішого аналізу результатів пенетрометричних вимірювань у розрізі окремих точок.

Детальний аналіз.

Найменші значення твердості ґрунту спостерігаються у верхньому шарі на глибині від 0 до 11 сантиметрів, яке зумовлено попереднім обробітком поля лущильником. У межах цього шару величина зусилля проникнення наконечника приладу не виходить за межі 1000 кПа, що характеризує ґрунт як пухкий і сприятливий для росту кореневої системи рослин.

Для більш ґрунтовної оцінки фізико-механічного стану ґрунту доцільно розглянути розподіл твердості по окремих шарах ґрунтового профілю.

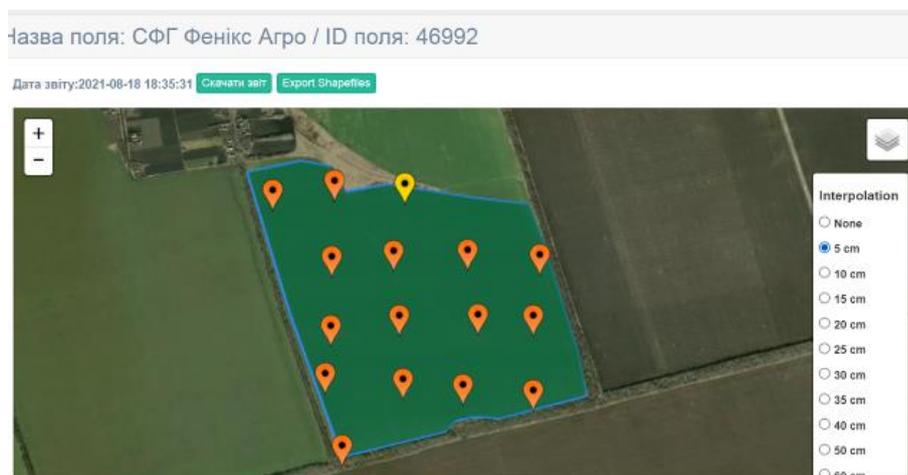


Рис. 3.3 – Твердість ґрунту на відстані по вертикалі до 5 сантиметрів

Як зазначалося раніше, у межах даного шару ґрунт перебуває в розпушеному стані, а показники його твердості характеризуються мінімальними значеннями..

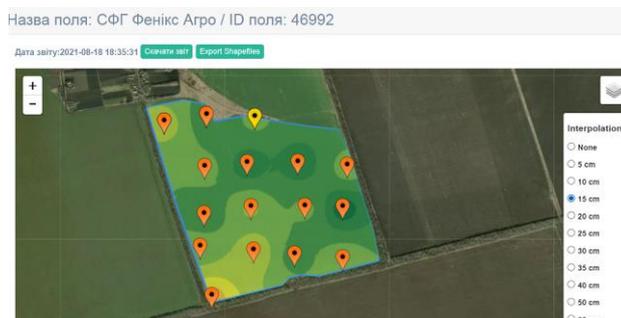


Рис. 3.4 – Твердість ґрунту на відстані по вертикалі від 5 до 15 сантиметрів.

На зазначених відстанях спостерігається формування зон несуттєвої просторової неоднорідності щільності ґрунту, які не мають масштабного характеру та не становлять загрози для нормального розвитку сільськогосподарських культур. Виняток становлять дві локальні точки, виділені на рис. 3.5 червоними колами, у яких значення твердості ґрунту на глибині близько 20 см. перевищують 3000 кПа..



Рис. 3.5 – Переуцільнені точки на відстані 20 см

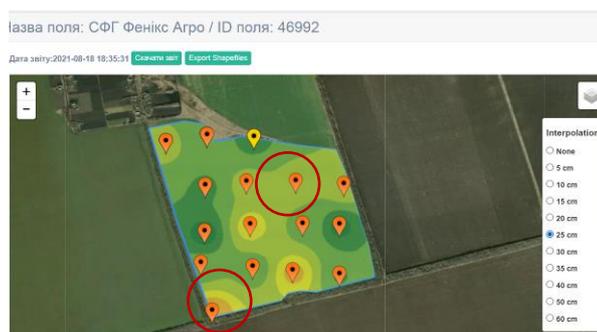


Рис. 3.6 – Переуцільнені точки на відстані 25 сантиметрів

Зі збільшенням глибини до 25–30 см у окремих ділянках спостерігається локальне зростання твердості ґрунту, значення якої перебувають у межах 1800–3595 кПа. Максимальне зафіксоване значення твердості — 3595 кПа — відмічено в точці, позначеній на рисунку відповідним колом.

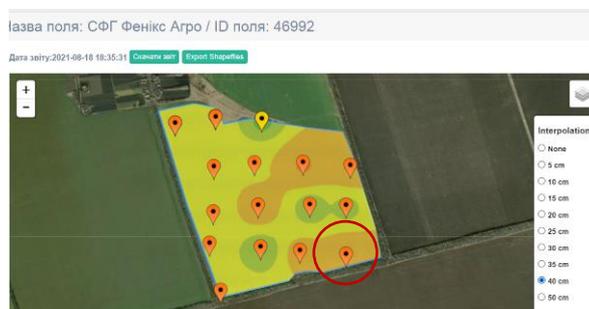


Рис. 3.7 – Переуцільнені точки на відстані 40 сантиметрів.

В межах розглянутого діапазону глибин значення твердості ґрунту коливаються в інтервалі 1940–4500 кПа. Максимальне значення твердості - 4500 кПа — зафіксовано в локальній точці, позначеній колом на рис. 3.7. Беручи до уваги вищесказане можна зробити висновок, що фізико-механічний склад ґрунту на вказаній глибині можна охарактеризувати як задовільний, оскільки підвищені значення твердості мають локальний характер і не формують суцільних зон критичного ущільнення.

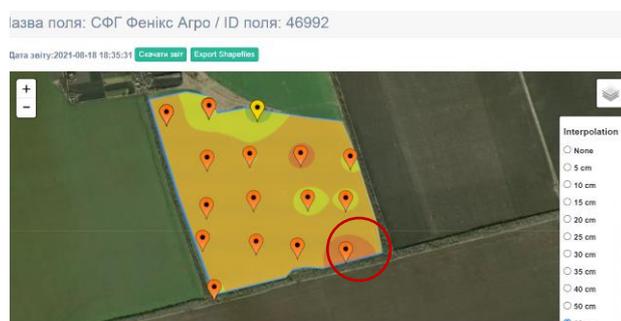


Рис. 3.8 – Переуцільнені точки на відстані 60 сантиметрів

Фіксація приладом твердості ґрунту на глибині 60 сантиметрів показує, що значення знаходяться на рівні 2600–3600 кПа. Водночас виявлено окремі локальні точки з підвищеною твердістю до 4600 кПа, які позначені колами на відповідному рисунку. Такі значення свідчать про наявність ізольованих зон підвищеного ущільнення у підорному шарі ґрунту.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що на глибині до 30 сантиметрів сформовані сприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур. Виявлені локальні зони ущільнення мають незначну площу та не чинять істотного впливу на загальний фізико-механічний стан ґрунту, однак з агротехнічної точки зору їх доцільно усунути шляхом проведення поглибленого обробітку.

Нижче наведено аналіз динаміки зміни твердості ґрунту в окремих контрольних точках, які потребують підвищеної уваги з метою обґрунтування подальших технологічних заходів.



Рис. 3.9 – Точка 5 – твердість ґрунту знаходиться за межами допустимих норм



Рис. 3.10 – Аналіз точки 6.

Значення твердості ґрунту на рівні близько 3000 кПа свідчить про формування переважно твердого стану, що є характерним для підорного шару. Водночас зазначене значення має відносно стабільний характер, оскільки зі збільшенням глибини істотних змін твердості не спостерігається. Така стабільність є позитивною ознакою, оскільки вказує на достатню структурну стійкість ґрунту та його опір техногенному навантаженню, зумовленому впливом сільськогосподарської техніки.



Рис. 3.11 – Твердість ґрунту в точці 9.

В точці, що вказана на рис. 3.11 спостерігається поступове зростання твердості ґрунту вже з глибини близько 13 см, при цьому значення досягають рівня 3000 кПа, а починаючи з глибин 27–29 см перевищують зазначений поріг. Такий характер розподілу твердості свідчить про формування локальної зони ущільнення в нижній частині орного шару.

На початковому етапі реалізації заходів із розущільнення проведення оранки на відповідну глибину дозволить зменшити твердість ґрунту в цій зоні та відновити його сприятливі фізико-механічні властивості.

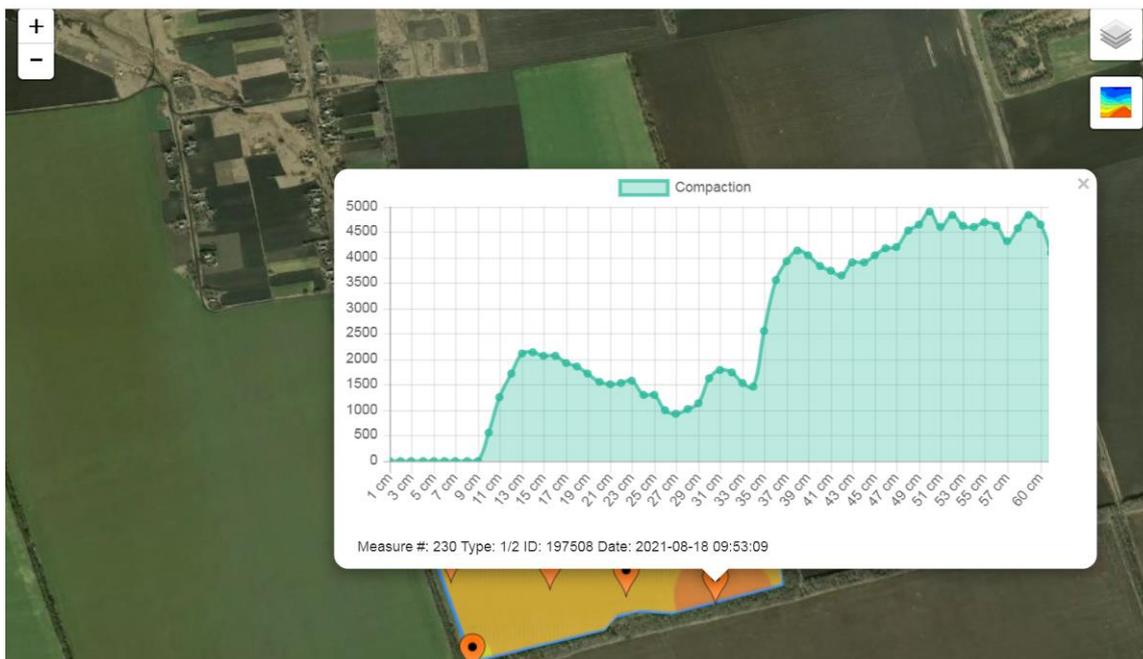


Рис. 3.12 – Твердість ґрунту в точці 12.

У даній точці зафіксовано підвищену щільність ґрунту в глибоких шарах профілю. Усунення або зменшення проявів цього негативного явища можливе шляхом запобігання локальному скупченню сільськогосподарської техніки на зазначеній ділянці, що дозволить знизити рівень техногенного навантаження на ґрунт.



Рис. 3.13 – Твердість ґрунту в точці 14.

Досягши глибини від 11 до 13 сантиметрів фіксується початкове формування зони ущільнення ґрунту, що, ймовірно, є наслідком багаторазових проходів машинно-тракторних агрегатів, зокрема луцильника. Усунення даного ущільнення можливе шляхом проведення оранки, яка забезпечить розущільнення ґрунту в зазначеному шарі та відновлення його оптимальних фізико-механічних властивостей.



Рис. 3.14 – Твердість ґрунту в точці 16.

Формування зазначених зон ущільнення зумовлене, насамперед, скупчення автомобілів в збиральну кампанію, а саме в момент розвантаження комбайна, коли автомобіль знаходиться на краю поля.

Узагальнюючи результати проведених досліджень, можна зробити висновок, що застосовувана в господарстві агротехніка загалом задовольняє показникам щільності ґрунту, що знаходяться в межах рекомендованих значень.

З метою запобігання подальшому ущільненню ґрунту рекомендується не допускати виїзду техніки на перезволожений ґрунт, а також обмежити рух автомобільного транспорту по полю під час завантаження зерна. Проведення обробки ґрунту чизельними агрегатами на даному етапі не є доцільним, оскільки критичних зон суцільного ущільнення не виявлено.

3.3. Розрахунок плану механізованих робіт

В удосконаленій технологічній карті передбачено внесення таких змін (Додаток 2). Зокрема, запропоновано включити додаткову технологічну операцію «Оранка ущільнених зон», яку планується виконувати агрегатом МТЗ-82.1 + ПОН-3-35 виключно на ділянках, визначених за результатами пенетрометричних вимірювань. Обробіток решти площі поля не передбачається. Такий підхід дозволяє привести фізико-механічний стан ґрунту до оптимальних значень, водночас забезпечивши скорочення виробничих витрат до економічно обґрунтованого мінімуму.

Крім того, під час сівби пшениці озимої пропонується використовувати трактор МТЗ-80, обладнаний спареними ведучими колесами. Застосування спарених коліс дає змогу зменшити питомий тиск на ґрунт, що є особливо важливим у весняний період, коли ґрунт характеризується підвищеною уразливістю до ущільнення. Одночасно покращується курсова стійкість машинно-тракторного агрегату, зменшується кількість коригувальних рухів кермом, що позитивно впливає на умови праці механізатора та знижує його втомлюваність.

Також у технології збирання врожаю передбачено заборону виїзду транспортних засобів безпосередньо на поле для розвантаження зернозбиральних комбайнів. Розвантаження планується здійснювати на краю поля, куди комбайн під'їжджатиме самостійно. Хоча така організація робіт дещо знижує продуктивність комбайна, з огляду на відносно невелику площу збирання це не матиме істотного впливу на рівень втрат урожаю або на загальну ефективність технологічного процесу.

Удосконалений ПМР на вирощуванні озимої пшениці наведено в додатку 2.

Зважаючи на результати проведених вимірювань, господарству рекомендовано провести операцію оранка на площі 23 га. Вказана площа помічена лінією на рис. 3.15. Зазначена площа зазнала переущільнення рушіями сільськогосподарської техніки, і як наслідок такого впливу на цій площі прогнозується зниження урожаю в наступному вегетаційному періоді. Водночас виконання

оранки на всій площі поля призвело б до невиправданих додаткових витрат, які не забезпечили б пропорційного економічного ефекту для підприємства.

Глибину оранки визначено на основі аналізу кривої твердості ґрунту (рис. 3.10). З метою руйнування ущільнених шарів на максимально можливій глибині передбачається виконання оранки на глибину, яку може забезпечити використовуваний плуг марки ПОН-3-35 та енергетичного засобу МТЗ-1025 який є у власності господарства.



Рис.3.15 – Позначення на полі проведення майбутніх операцій обробітку ґрунту

Таким чином, у роботі реалізовано диференційований підхід до обробітку ґрунту, що дозволяє поєднати агротехнічну доцільність із забезпеченням позитивного економічного результату. Запропоновані технологічні рішення враховано у плані механізованих робіт, який наведено в додатку 2.

За таким же принципом запропоновано ПМР на вирощування соняшнику, а також вказані заходи з розуцільнення ґрунту. Під час транспортування зерна на тік передбачено завантаження транспортних засобів виключно на краю поля, при цьому рух автомобільного транспорту безпосередньо по полю до зернозбиральних комбайнів категорично не допускається.

Запропонований ПМР по вирощуванню соняшнику з переліком відповідних операцій представлено в додатку 3 даної дипломної роботи.

Під час виконання сівби також передбачається використання посівного агрегату на базі трактора МТЗ-80, оснащеного спареними ведучими колесами. Таке технічне рішення спрямоване на зменшення питомого тиску рушіїв на ґрунт та мінімізацію ризику його ущільнення у найбільш уразливий весняний період.

Крім того, в удосконаленій технологічній схемі замість суцільної культивуваці, передбаченої у базовому плані, пропонується введення додаткової технологічної операції «**Ранньовесняне боронування**». Виконання боронування широкозахватним агрегатом характеризується меншою енергоємністю порівняно з культивацією та справляє значно менший ущільнювальний вплив на ґрунт. Окрім цього, боронування сприяє збереженню ґрунтової вологи, що є важливим чинником формування сходів та подальшого розвитку рослин.

План механізованих робіт з вирощування соняшника з урахуванням зазначених змін наведено в додатку 3.

3.4. Екологічна оцінка та її розрахунок

Слід наголосити, що середня щільність для чорнозему має бути в межах оптимальна щільність орного горизонту чорноземних ґрунтів повинна перебувати в межах 1,0-1,3 т/м³. В нашому випадку вказані числові значення знаходяться на рівні 1,4–1,6 г/см³, а подекуди сягають значення 1,8 т/м³. Особливо високі показники ущільнення спостерігаються у літньо-осінній період, що зумовлено інтенсивним рухом техніки під час збирання врожаю та транспортування продукції.

Застосування заходів, спрямованих на зменшення питомого тиску рушіїв на ґрунт, зокрема використання шин низького тиску, здвоєних або навіть строєних коліс, забезпечує лише часткове зниження негативного впливу. Для істотного зменшення тиску на ґрунт доцільним є збільшення кількості опорних осей, що характерно для гусеничних тракторів. Незважаючи на те, що маса гусенич-

ного трактора є порівнянною з масою колісного, навантаження в цьому випадку рівномірно розподіляється по всій довжині опорної поверхні, що істотно зменшує рівень ущільнення ґрунту.

Щільність ґрунту після збирання сільськогосподарських культур може бути визначена аналітичним шляхом і розраховується за відповідною залежністю, наведеною в джерелі [3]:

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

де Ψ_{nk} – заміряна щільність після збору попередника, г/см³;

$K_{вщ}$ – коефіцієнт самовідновлюваності; Знаходиться на рівні 0,05–0,10;

Ψ_0 – еталонна щільність; $\Psi_0 = 1,08 - 1,1$ г/см³ ;

$\Delta\Psi_z$, $\Delta\Psi_k$ – темп приросту 0,025 і 0,03;

T_{nz} , T_{nk} – кількість проходів гусеничних та колісних машин чи агрегатів, протягом періоду вирощування культури;

$S_{щz,1}$, $S_{щz,2}$, ..., $S_{щz,n}$ – ширина ущільнення ґрунту, м;

$S_{зз,2}$, ..., $S_{зз,n}$ – ширина захвату агрегату (гусенична машина), м;

Відповідно до методичних рекомендацій доцільно виконати розрахунок екологічної оцінки за формулою:

$$K_{ещ} = \frac{\Psi_{ен}}{\Psi_{nz}},$$

де $\Psi_{ен}$ – номінальне переущільнення $\Psi_{ен} = 1,5$ г/см³;

Ψ_{nz} – щільність, після збиральних робіт.

Нижче наведено послідовність технологічних операцій у технологічній карті вирощування пшениці озимої, розробленій відповідно до спроектованої технології.

Підставимо дані у формулу:

$$\begin{aligned} \text{Щ}_{\text{пз}} = & 1,5 \cdot 0,05 + 1,10 + 0,025 \cdot 8 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 2}{3}\right) + (\\ &) + (0,3 \cdot 2/3) + (0,3 \cdot 2/4) + (0,3 \cdot 0,3/16) + (0,3 \cdot 2/24) + (0,3 \cdot 2/24) + (0,8 \cdot \\ & 2/6) = 1,23 \text{г/см}^3 \end{aligned}$$

Проведені обчислення свідчать про правильність запропонованих заходів з розуцільнення та ґрунт в кінцевому результаті матиме значення що відповідають оптимальним.

Оскільки у запропонованій технології не передбачається використання гусеничних тракторів, у відповідній розрахунковій формулі знехтувано складовою, що характеризує їхній вплив. У подальших розрахунках враховано лише компоненти, пов'язані з навантаженням на ґрунт від колісної сільськогосподарської техніки.

Маємо:

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

Таким чином, встановлено, що на досліджуваному полі щільність ґрунту на рівні 1,28 г/см³ відповідає гранично допустимому значенню, яке становить 1,3 г/см³, і не виходить за межі агротехнічно допустимих параметрів.

Висновки до розділу.

Отримані результати вимірювань твердості ґрунту свідчать, що в переважній більшості випадків застосовувана в господарстві агротехніка забезпечує підтримання щільності ґрунту в межах нормативних агротехнічних значень. Разом із тим виявлено окремі проблемні ділянки з підвищеним рівнем ущільнення, де твердість ґрунту досягає 4500–5000 кПа.

Для усунення виявлених зон переущільнення запропоновано виконання глибокої оранки на глибину до 32 см агрегатом МТЗ-1025 + ПОН-3-35 на таких площах:

- Озима пшениця — 22 га;
- соняшник — 32 га.

Спираючись на досвід закордонних аграрних підприємств та холдингів, задля запобігання переущільнення ґрунту, виїзд техніки для перевезення врожаю на поле не допускається.

З урахуванням диференційованого підходу до обробітку ґрунту розроблено перспективні плани механізованих робіт, які забезпечують досягнення планової урожайності пшениці озимої на рівні 6,5 т/га та соняшника — 2,65 т/га.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Основа охорони праці

Виробничі системи сучасного сільськогосподарського виробництва характеризуються підвищеною складністю та багатофакторністю. Їх функціонування ґрунтується на великій кількості випадкових зв'язків з середовищем навколо, взаємодії з біологічними об'єктами, дії некерованих природно-кліматичних чинників та інших факторів [11]. Впровадження нових технологій та засобів контролю процесів на виробництві дещо ускладнює впровадження. У результаті зростає кількість потенційно небезпечних виробничих факторів.

За таких умов охорона праці набуває особливої актуальності як складова забезпечення захисту життя робітників, їх фізичне здоров'я та працездатність. Охорона праці визначається як система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на створення безпечних умов праці [11].

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», відповідальність за забезпечення здорових і безпечних умов праці покладається на власника або керівника підприємства. При цьому система охорони праці повинна розглядатися з урахуванням специфіки конкретного виробництва та бути тісно пов'язаною з організацією технологічних процесів, економічними аспектами та технічним рівнем оснащення.

4.2. Шкідливі фактори при виконанні вимірів

Вимірювання твердості ґрунту цифровим пенетрометром здійснюється за умови фізичної стиглості ґрунту. Допускається також проведення вимірювань безпосередньо після завершення збиральних робіт, але не пізніше ніж через три доби за умови відсутності дискування поля.

Під час роботи працівника в польових умовах з цифровим пенетрометром на нього можуть впливати такі основні шкідливі та небезпечні фактори:

- сильні степові вітри зі швидкістю понад 9 м/с;
- переохолодження організму в весняний період або перегрів у літній період;
- ризик потрапляння працівника в зону дії машинно-тракторних агрегатів під час виконання польових робіт;
- тривалий вплив прямих сонячних променів, що може спричинити тепловий або сонячний удар;
- інші природно-виробничі фактори (пил, укуси комах, контакт з рослинними рештками тощо).

У зв'язку з цим проведення вимірювань повинно здійснюватися на безпечній відстані від працюючої техніки та з урахуванням погодних умов.

4.3. Заходи із забезпечення захисту працюючих

З урахуванням виявлених небезпечних факторів необхідно реалізувати комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці.

Організаційні заходи:

- виконання вимірювань твердості ґрунту на відстані не менше 50 м від працюючих агрегатів;
- проведення робіт за сприятливих метеорологічних умов: температура повітря 21–24 °С, швидкість руху повітря 4–8 м/с без різких поривів, відносна вологість повітря 61–81 %;
- забезпечення стабільного мобільного (GSM) зв'язку.

Технічні заходи:

Для працівників, які виконують роботу на полі з вимірювання щільності ґрунту, господарство має забезпечити необхідні виробничі умови, а саме:

- видати спеціальний одяг який відповідає погодним умовам при проведенні вимірювань;
- термосом з питною водою, аптечкою першої допомоги, мобільним телефоном;

- транспортним засобом для оперативного пересування.

Обробку результатів вимірювань доцільно здійснювати в приміщенні. Допускається виконання цієї операції на краю поля у безпечному місці за умови наявності доступу до мережі Інтернет.

4.4. Вимоги безпечного виконання робіт приладом S600

Перед початком роботи з цифровим пенетрометром S600 працівник повинен ознайомитися з інструкцією з експлуатації та чітко дотримуватися встановленої послідовності запуску приладу. Після увімкнення необхідно перевірити рівень заряду акумулятора та за потреби зарядити його.

Користуючись мобільним додатком та пенетрометром оператор має виконувати переміщення по полю за найкоротшим маршрутом між відмітками. Під час роботи необхідно постійно контролювати наявність і рух сільськогосподарської техніки поблизу. У разі виконання агрегатом технологічних операцій на відстані менш ніж 100 м оператор повинен візуально позначити свою присутність.

За роботи у вечірній час або в умовах недостатньої видимості необхідно використовувати ліхтар або світловідбивний жилет чи елементи зі світлоповертаючим покриттям.

4.5. Вимоги безпеки праці при настанні надзвичайних ситуацій

Перед початком роботи забороняється допускати до використання пенетрометра осіб, які не пройшли інструктаж з охорони праці та не ознайомлені з будовою і принципом його роботи. Усі дані про проведений інструктаж повинні бути зафіксовані у відповідному журналі.

Під час виконання вимірювань забороняється усувати несправності приладу безпосередньо на ґрунті; такі роботи дозволяється виконувати лише на спеціальному покритті (брезенті). У разі виникнення пожежі на полі необхідно негайно повідомити пожежну службу та відповідальних осіб підприємства і, не

наражаючи себе на небезпеку, вжити заходів щодо локалізації осередку займання.

У випадку травмування працівника слід надати першу домедичну допомогу та організувати доставку постраждалого до медичного закладу.

Після завершення робіт необхідно передати результати вимірювань через GSM-зв'язок, очистити прилад, перевірити його справність, скласти та упакувати пенетрометр відповідно до вимог інструкції.

Висновки до розділу.

У розділі проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що виникають під час виконання польових вимірювань цифровим пенетрометром S600. На основі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці та збереження здоров'я працівників.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

5.1. Сутність економічного ефекту

При виконанні роботи на полі, яка сприяє розущільненню орного пласту, використано диференційний підхід. Оранку передбачено виконувати лише на тій частині поля, де за результатами оцінювання фізико-механічного стану ґрунту встановлено необхідність розущільнення. На решті площі заплановано дискування.

Вибір такого технологічного рішення обґрунтовується тим, що дискування потребує менших витрат пального порівняно з оранкою. При цьому можливе зниження урожайності на ділянках без оранки, у разі його прояву, не буде настільки суттєвим, щоб істотно погіршити економічну ефективність технології в цілому. Це пояснюється тим, що на переважній частині поля стан ґрунту за критерієм ущільнення є задовільним і забезпечує належні умови для вирощування сільськогосподарських культур.

Далі наведено розрахунки економічної та технологічної ефективності розробленої ґрунтозахисної технології вирощування пшениці озимої з урахуванням критерію ущільнення ґрунту.

5.2. Економічна ефективність роботи

На основі розробленої технологічної карти із застосуванням ґрунтозахисної технології, необхідно визначити обсяг споживання ПММ, технічних та технологічних матеріалів, а також рівень експлуатаційних витрат, який треба для вирощування культури.

Витрати на ПММ розрахуємо за наступним виразом:

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

де: $C_{\text{пал}}$ – вартість 1 кг дизелю. $Z_{\text{пал}} = 59 \cdot 1,2 = 70,8$ грн.;

$Q_{\text{пал}}$ – витрачено на всю площу, кг.

З ПМР бачимо, що на весь обсяг робіт витрачено 3845 кг, а з розрахунку на 1 гектар 45,96. Для економічних розрахунків приймаємо значення округливши його до більшого цілого числа.

Розрахуємо загальну кількість пального:

$$Z_{\text{пал}} = 70,8 \cdot 3944 = 13110757,5 \text{ грн.}$$

Посівний матеріал:

$$Z_{\text{нас}} = C_{\text{нас}} \cdot Q_{\text{нас}} = 10500 \cdot 17,64 = 185220 \text{ грн.}; \quad (5.4)$$

де $C_{\text{нас}}$ – вартість посівного матеріалу, грн. [8, 9];

$Q_{\text{нас}}$ – необхідна кількість на всю площу, **17,64 т.**

Вартість однієї людино-години:

$$Z_{\text{пл}} = C_{\text{пл}} \cdot Q_{\text{пл}} \quad (5.5)$$

де $C_{\text{пл}}$ – ціна люд-год;

$Q_{\text{пл}}$ – затрати праці на всю оброблювану площу.

Механізатор 5 розряду тарифна ставка становить 420 грн/зміну [6]. Підставивши у формулу маємо тарифну ставку за одну люд.-год

$$\frac{420}{7} = 60,02 \text{ грн.}$$

Обов'язково треба врахувати класність механізатора (20%).

Маємо $60,02 \cdot 1,2 = 72,03$ грн.

Внесок в соціальне страхування 37,5 %.

Маємо: $72,03 \cdot 0,375 = 27,01$ грн.

У підсумку: $C_{\text{пл}} = 72,03 + 27,01 = 99,04$ грн.

$Q_{\text{пл}}$ – витрати праці для вирощення пшениці дорівнюють 908,95 люд-год.

Таким чином, витрати на оплату праці складуть:

$$Z_{\text{пл}} = 99,04 \cdot 908,95 = 90025 \text{ грн.}$$

Амортизацію знайдемо наступним чином. Амортизацію будемо розраховувати спираючись на балансову вартість використаних агрегатів [5, 6].

Ціну тракторів та сільськогосподарських машин, а також їх кількість будемо брати з плану механізованих робіт, після чого зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Ціна техніки, що використовується в господарстві

Назва	Кількість, од.	Вартість, грн.	Загальна ва- ртість, грн.
МТЗ-80	1	322 000	322 000
МТЗ-82.1	1	389 000	389 000
МТЗ-1025	1	925 000	925 000
КПС-3.4	2	72 000	144 000
КПС-4	1	122 000	122 000
КРН-5,6	1	46 000	46 000
СЗМ-4	1	435 000	435 000
СЗФ-6000	1	381 000	381 000
УПС-8	1	422 000	422 000
ПЛН-3-35	1	36 500	36 500
ПОН-3-35	1	48 600	48 600
ЛТД-3	1	132 000	132 000
2ПТС-4	2	101 000	202 000
ГАЗ-3309	1	89 000	89 000
Коток рублячий	1	64 000	64 000
МВД-900	1	18 000	18 000
ОП-2000	1	56 500	56 500
Всього, грн			1 792 100

Оскільки розрахунки виконуються для частини посівної площі, на якій передбачається вирощування озимої пшениці (84 га), тоді як наявна техніка використовується для обробітку всієї площі господарства — 243 га, балансову вартість машин доцільно розподілити пропорційно до оброблюваних площ. З урахуванням цього коефіцієнт перерозподілу становить $\frac{243}{84} = 2,89$.

Таким чином використана частка балансової власності складе

Отже, для вирощування пшениці озимої задіяна частина балансової вартості складе: $1792100/2,89 = 620103$ грн

Таким чином реальні амортизаційні відрахування::

$$A = 0,22 \cdot 620103 = 136422,66 \text{ грн.}$$

Після цього необхідно обчислити загальні експлуатаційні затрати для запропонованої технології:

$$Z_{\text{техн}} = Z_{\text{пал}} + Z_{\text{нас}} + Z_{\text{пл}} + Z_{\text{ам}} \quad (5.6)$$

Підставивши дані у формулу (5.6):

$$Z_{\text{техн}} = 149083,2 + 185220 + 90025 + 136422,66 = 560749,86 \text{ грн}$$

Далі треба визначити собівартість пшениці:

$$C = Z/U, \quad (5.7)$$

де U – загальна кількість зібраного насіння, т.

Планова урожайність із задіяної площі складе 548 т. таким чином:

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

На осінь 2025 року ціна 1т пшениці становить 9000 грн.

Розрахуємо вартість майбутнього врожаю:

$$V_{\text{пр}} = C_z \cdot U, \quad (5.8)$$

де C_z – ціна 1т пшениці, грн.

Тоді:

$$V_{\text{пр}} = 9000 \cdot 546 = 4914000 \text{ грн}$$

Прибуток визначимо як:

$$П = V_{\text{пр}} - Z = 4914000 - 560749,86 = 4353250,14 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Беремо до уваги, що з отриманого доходу близько 600 000 грн буде витрачено на вирощування під наступний рік. Відповідно реальний прибуток буде менший на цю суму:

$$П_{\text{ч}} = 4\,353\,250,14 - 600\,000 = \mathbf{3\,753\,250,14 \text{ грн.}}$$

Рівень рентабельності становитиме:

$$P = П \cdot 100/Z. \quad (5.10)$$

$$P = \frac{100 \cdot 3753250,14}{560749,86} = 66,9\%.$$

Таблиця 5.2 – Економічні показники роботи

Показник	Одиниця виміру	Значення
Площа	га	84
Балансова вартість основних фондів	грн.	1 792 100
Валовий збір зерна	т	546
Експлуатаційні витрати всього	грн.	560749,86
У тому числі:		
- пального	грн.	149 083,2
- насіння	грн.	185 220
- амортизація	грн.	136 422,66
- заробітна плата з нарахуванням	грн.	90025
Виручка від реалізації	грн.	4 914 000
Прибуток	грн.	4 353 250,14
Затрати праці	люд.-год.	908,95
Рівень рентабельності	%	66,9

Таким чином, результати виконаних розрахунків свідчать, що розроблена ґрунтозахисна технологія вирощування пшениці озимої забезпечує високий рівень економічної ефективності з розрахунковим показником рентабельності 66,9 %, досягненням планової урожайності 6,49 т/га та підтриманням щільності ґрунту в межах нормативно допустимих значень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз виробничої діяльності фермерського господарства показав, що в господарство користується переважно традиційними технологіями вирощування сільськогосподарських культур. Встановлено, що зазначена технологія реалізується з порушенням окремих агротехнічних вимог щодо збереження ґрунтів. Використання такої технології передбачає виїзд техніки по мерзлоталому ґрунту для внесення гранульованих добрив, що призводить до ущільнення шарів ґрунту які тільки но відтали. Додаткове ущільнення формується під час виконання основного та передпосівного обробітку ґрунту за умов підвищеної вологості. Суттєвим недоліком є також рух автомобільного транспорту безпосередньо по полю до зернозбиральних комбайнів, при цьому транспортні засоби не оснащені широкопрофільними шинами, що посилює негативний вплив.

2. Другий розділ присвячений розгляду будови та роботи цифрового пенетрометра, а також наведено методика роботи з ним та обробка отриманих даних. Також наведено порядок складання технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням організації механізованих робіт.

3. Результати вимірювань твердості ґрунту засвідчили, що в переважній більшості випадків застосовувана агротехніка забезпечує підтримання щільності ґрунту в межах агротехнічно допустимих параметрів. Разом із тим виявлено окремі проблемні ділянки з підвищеним рівнем ущільнення, де твердість ґрунту досягає 4500–5000 кПа. Для усунення таких зон запропоновано проведення глибокої оранки на глибину до 32 см, на площах вирощування:

- Озима пшениця — 22 га;
- Соняшник — 32 га.

Додатково рекомендовано запобігти виїзду техніки на поле при високій вологості (навесні) та під час збирально-транспортних робіт. На основі отриманих результатів розроблено плани механізованих робіт для пшениці (прогнозована урожайність 6,5 т/га) та соняшнику (прогнозована урожайність 2,7 т/га) із застосуванням диференційованого обробітку ґрунту.

4. У роботі наведений перелік шкідливих та небезпечних факторів при роботі з цифровим пенетрометром. А також наведений перелік організаційних та технічних заходів направлених для покращення умов та безпеки праці.

5. Запропонована технологія вирощування озимої пшениці забезпечує високий рівень економічної ефективності з розрахунковим показником рентабельності 66,9 %, досягненням планової урожайності 6,5 т/га та підтриманням властивостей ґрунту в нормативно допустимих показниках.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Harari Y. Sapiens. A Brief History of Humankind / Yuval Harari – London: Harvill Secret, 2014. – 444 p.
2. 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.
3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. Сторінка доступу: <https://mepr.gov.ua/>
4. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288с.
5. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві / Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.
6. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600. Версія 1.3. 2019 рік.
7. Україна увійде до топ-5 світових експортерів зерна – прогноз. Економічна правда. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/07/31/663556/>.
8. Машини для технології Strip-till. Агробізнес сьогодні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9965-mashyny-dlia-tekhnologii-striptill.html>. Дата останнього звернення: 07.11.2020 р.
9. Прибутковість виробництва зерна за 2019 рік впала майже втричі. Український клуб аграрного бізнесу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/pributkovist_virobnitstva_zerna_za_2019_rik_vpala_mayzhe_vtrichi. Дата останнього звернення: 07.11.2020 р.
10. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві / А.С Кобець, В.Ю. Ільченко, В.Г. Бутенко, [та ін.] – ДДАУ, Дніпропетровськ, 2007. – 288 с.

11. Руденко М.В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект / Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. Том 30 (69). № 6, 2019 р., с. 30 – 37.
12. Аналіз використання машинно-тракторного парку. Економіка підприємств. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/22302/. Дата останнього звернення: 08.11.2020 р. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-6-28>
13. John Deere. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.deere.ua/uk/index.html>. Дата останнього звернення: 01.12.2019 р.
14. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на збиранні сільськогосподарських культур / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; за ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.2, 1997. – 274с.
15. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.4, 1996. – 655с.
16. Технологія Topsoil-Mapper. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.topsoil-mapper.com/>. Дата останнього звернення 07.02.2021 р.
17. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами / І. М. Демчак, В. О. Завалевська, В. С. Пивовар, М. Ф. Кисляченко та ін. – К.: НДІ “Укראгропромпродуктивність”, 2014. – 184 с.
18. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. За ред. С.Д. Лехмана. К.: Урожай, 1990, с. – 396.

Додатки

Skok Agro Від точного землеробства до цифрового

Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600



Версія 1.3
2019 рік

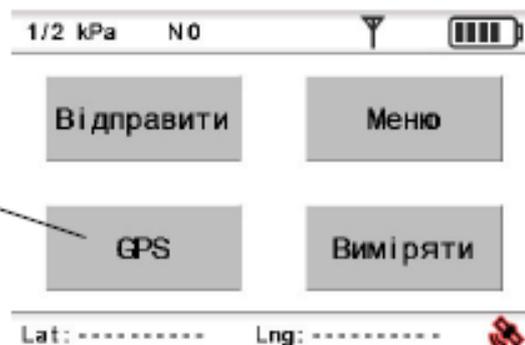
Україна, 21029 с. Зарванді, вул. Соснова, 17, оф. 109, Вінницький р-н,
<https://skokagro.com>
+380638519540

Налаштування вимірювального блока:

Після запуску приладу ви побачите стартовий екран.

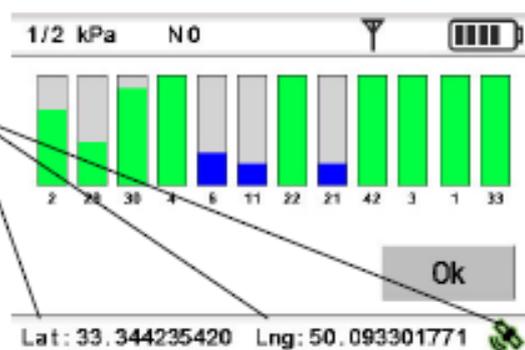
Бажано дочекатися визначення GPS-координат.

Для перегляду статусу пошуку натисніть на кнопку "GPS".

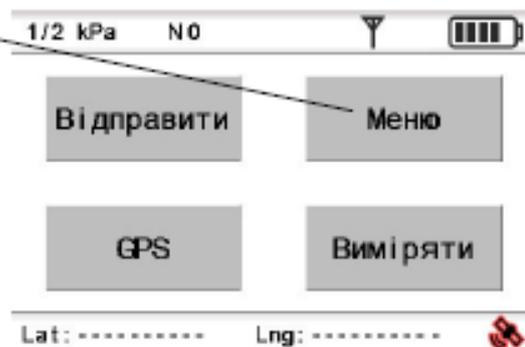


GPS-координати буде визначено коли іконка супутника змінить колір на зелений, та в полях Lat та Lng з'являться координати.

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



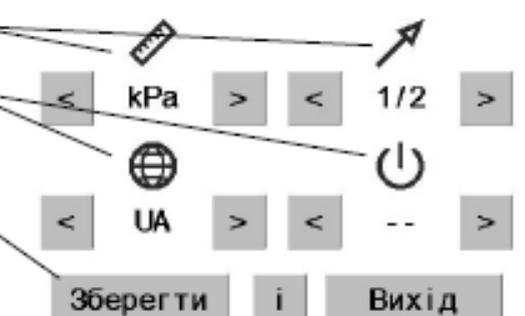
Для зміни налаштувань перейдіть в пункт "Меню"



Оберіть одиниці виміру та тип наконечника.

При необхідності оберіть мову та час автоматичного відключення приладу при відсутності активності.

Для збереження налаштувань натисніть "Зберегти"



Початок вимірювання:

Крок 1. Покладіть пластину для визначення глибини занурення щупа на місце вимірювання.

Важливо: поставте твердомір на пластину так щоб верхня антена була над широкою частиною пластини, а наконечник був в 1-2 см від отвору, як показано на малюнку.



1/2 кПа NO 📶 🔋	
Тиск	Глибина
0	0
<input type="button" value="Ні"/>	

Lat: 33.344235420 Lng: 50.093301771 📍

Крок 2. Плавно підніміть твердомір над пластиною на висоту 1-2 см, та під кутом 90 градусів відносно пластини занурюйте штир в ґрунт без ривків зі швидкістю 2-4 см в секунду.

Важливо: слідкуйте щоб між пластиною та вимірювальним блоком не попадало листя, земля або інші перешкоди інакше вимірювання не почнеться.

Якщо все зроблено вірно при зануренні щупа ви побачите зміну глибини та тиску.



1/2 кПа NO 📶 🔋	
Тиск	Глибина
127	1.0
<input type="button" value="Ні"/>	

Lat: 33.344235420 Lng: 50.093301771 📍

Процес вимірювання:

Після проходження глибини 10 см Ви маєте можливість зберегти поточний вимір натиснувши на кнопку "Так".



Після занурення на глибину 60 см твердомір видасть таблицю з результатами виміру.

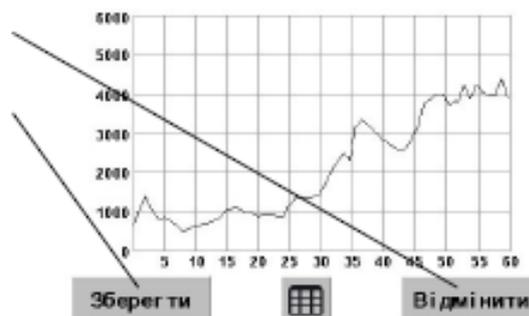
Для перегляду в режимі графіку натисніть на іконку "Графік".

0.0 - 577	7.0 - 585	14.0 - 783
1.0 - 974	8.0 - 412	15.0 - 978
2.0 - 1310	9.0 - 489	16.0 - 1015
3.0 - 1012	10.0 - 584	17.0 - 1001
4.0 - 768	11.0 - 604	18.0 - 907
5.0 - 787	12.0 - 623	19.0 - 889
6.0 - 691	13.0 - 699	20.0 - 822

Зберегти < > Відмінити

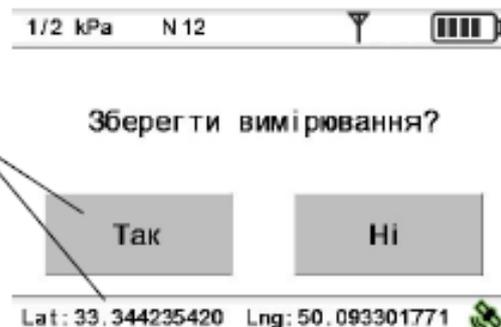
Якщо Ви бажаєте відмінити вимір натисніть "Відмінити".

Для збереження виміру натисніть "Зберегти".



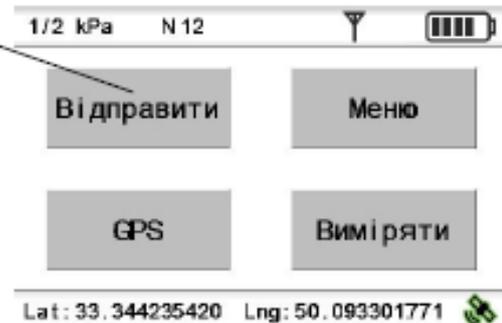
На екрані з'явиться вікно з підтвердженням збереження вимірювання та перевіркою сигналу супутника.

Якщо сигнал супутника є нажимайте "Так", якщо ні то дочекайтесь коли з'являться координати та іконка супутника стане зеленою.



Відправка даних:

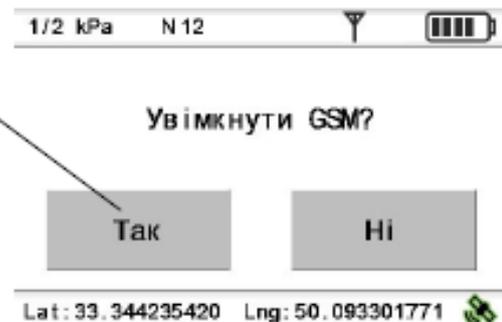
Для відправки даних на сервер натисніть кнопку "Відправити"



Увімкніть GSM-модуль натиснувши кнопку "Так".

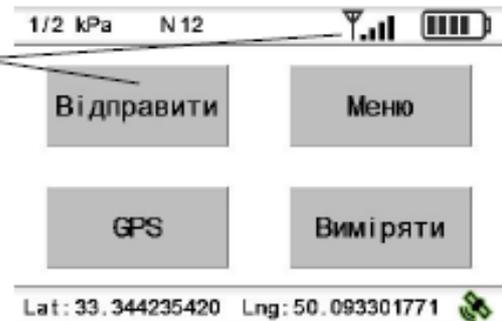
Майте на увазі що GSM-модуль в зонах із слабким зв'язком має велике споживання заряду батареї.

Тому рекомендуємо вмикати GSM-модуль після закінчення вимірів в зоні наявності сигналу.

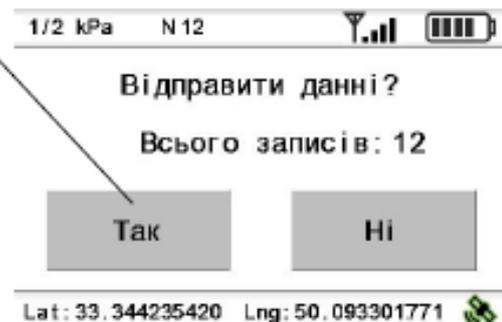


Після активації GSM-модуля з'явиться індикація рівня сигналу GSM.

Після цього повторно натисніть на кнопку "Відправити".



Для підтвердження відправки даних натисніть кнопку "Так".



План механізованих робіт при вирощуванні озимої пшениці на площі 84га (зрунтозахисна технологія)

Плануєма урожайність - 6,5 т/га

Група господарства - 2

Попередники: озима пшениця

Відстань перевезення - до 5 км

№ п/п	Технологічна операція	Дозиментні витрати	Обсяг витрат	Трохи виконання календ.	Обсяг роботи	Склад агрегату			Виробіток		Потрібно для виконання роботи		Витрати палива		Інтрапи праці люд-од/га		К-сть норм о-робот замін	Обсяг роботи ум.гт. за	Енергоємність праці люд., МДж	Енергоємність палива, МДж	Енергоємність, єсво МДж							
						трактор	зчілка	с-г. м	к-сть с-г.м	за авт	за авт	вагат.	трактор.	за нормою	На єсво обсяг роботи	На один оцю роботи						На люд-од/га						
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	27		
1	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	8,4	10,09-20,09	3	14	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	4,4	37,0	2,50	21,0	1,0	11,55	911,4	2938,3	3849,7		
2	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	8,4	10,09-20,09	3	14	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	4,4	37,0	2,50	21,0	1,0	11,55	911,4	2938,3	3849,7		
3	Внесення добрив	0,1 т/га	га	84	10,09-20,09	3	14	МТЗ-82.1		МБД-900	1	9,4	66	132	1	3	4,4	369,6	0,32	26,7	1,3	14,70	1160,0	29383,2	30543,2			
4	Дискування стерні попередника 6-8 см	0,1 т/га	га	84	10,09-20,09	7	21	МТЗ-82.1		ЛПД-3	1	3,7	26	77,1	1	3	4,4	369,6	0,82	68,6	3,3	37,75	2978,9	29383,2	32362,1			
5	Оранка передільних ділянок	32 см	га	22	15,09-25,09	5	14	МТЗ-1025		ЛОН-3-35	1	1,0	6,8	13,6	1	3	16,5	363,0	3,09	67,9	3,2	37,37	2948,6	28868,5	31807,1			
6	Перелюсний обробіток	4-6 см	га	84	15,09-25,09	5	21	МТЗ-82.1		МПС-3	1	2,20	154	308	1	3	5,1	428,4	0,14	11,5	0,55	6,30	497,1	34037,8	34554,9			
7	Навантаження насіння	0,21 т/га	т	17,6	15,09-25,09	5	21	МТЗ-80	Маліт		1	20	140	420	1	3	0,18	3,2	0,15	2,6	0,13	0,53	114,8	114,8	367,3			
8	Навантаження добрив N16P16K	0,3 т/га	т	8,4	15,09-25,09	5	21	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	3,8	27	79,8	1	2	0,68	12,0	0,53	9,3	0,66	0,25	54,7	120,2	174,9			
9	Підвезення насіння	0,2 т/га	т	17,6	15,09-25,09	5	21	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	4,8	34	101	1	2	0,68	5,7	0,42	3,5	0,25	0,25	151,9	454,1	606,0			
10	Підвезення мінеральних добрив	0,3 т/га	т	8,4	15,09-25,09	5	21	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	4,8	34	101	1	2	0,68	5,7	0,42	3,5	0,25	0,25	151,9	454,1	606,0			
11	Сівба з прикочуванням (старені колеса)	4-6 см	га	84	15,09-25,09	5	21	МТЗ-1025		СЗМ-4 Ніва	2	4,8	33	99,9	0	3	4	8,2	688,8	1,47	123,6	2,82	29,14	5364,4	54759,6	60124,0		
12	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	8,4	01.03-20.03	3	14	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	4,4	37,0	2,50	21,0	1,0	11,55	911,4	2938,3	3849,7		
13	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	8,4	01.03-20.03	3	14	МТЗ-80	Маліт	2ПТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	4,4	37,0	2,50	21,0	1,0	11,55	911,4	2938,3	3849,7		
14	Внесення добрив по мерзлоталому ґрунту	0,1 т/га	га	84	01.03-20.03	3	14	МТЗ-82.1		МБД-900	1	9,4	66	132	1	3	4,4	369,6	0,32	26,7	1,3	14,70	1160,0	29383,2	30543,2			
15	Транспортування води	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.04	5	12	МТЗ-80		ВР-3М	1	3,2	19	38,5	1	2	1,28	11,8	0,62	5,8	0,48	0,48	249,9	940,3	1190,1			
16	Внесення рілких азотних добрив	0,05 т/га	га	84	01.-10.04	5	12	МТЗ-80		ОП-2000	1	16	110	189	1	2	0,7	58,8	0,13	10,7	0,76	10,69	464,0	4674,6	5138,6			
17	Транспортування води	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.05	5	12	ЮМЗ-6		ВР-3М	1	3,2	19	38,5	1	2	1,28	11,8	0,62	5,8	0,48	0,48	249,9	940,3	1190,1			
18	Прогнозування роб. розчину	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.05	5	12	ЮМЗ-6АКЛ		АЛЖ-12	1	10,0	70	120	1	2	0,5	4,6	0,20	1,8	0,13	1,52	80,2	367,3	447,5			
19	Внесення зerbидів	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.05	5	12	ЮМЗ-6		ОП-2000	1	8	56	96,2	1	2	0,7	6,5	0,25	2,3	0,16	2,31	100,1	514,2	614,3			
20	Транспортування води	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.06	5	12	ЮМЗ-6		ВР-3М	1	3,2	19	38,5	1	2	1,28	11,8	0,62	5,8	0,48	0,48	249,9	940,3	1190,1			
21	Прогнозування роб. розчину	0,33 т/га	т	9,24	01.-10.06	5	12	ЮМЗ-6АКЛ		АЛЖ-12	1	10,0	70	120	1	2	0,5	4,6	0,20	1,8	0,13	1,52	80,2	367,3	447,5			
22	Внесення фунгіцидів та інсектицидів	0,33 т/га	т	84	01.-10.06	5	12	МТЗ-82.1		ОП-2000	1	8	56	96,2	1	2	0,7	38,8	0,25	21,0	1,50	20,96	909,8	4674,6	5584,4			
23	Пряме комбайнування	5т/га	га	84	07.07-20.07	12	14	Лехіон-570		ЛПД-3	1	3,1	22	44	1	2	14,3	1201,2	1,27	106,9	3,82	4639,9	95495,4	100135,3				
24	Протиложежне чергування		га	84	07.07-20.07	12	14	МТЗ-1025		ЛПД-3	1	3,7	необліс		1	2	4,4	100,0	0,82	68,9	3	2989,4	7950,0	10939,4				
25	Транспортування зерна на тік (розвантаження на краю поля)	6,5т/га	т	546	07.07-20.07	12	14	КамАЗ-5320		ГБК-9527	1	6,8	52	95,2	2	4	0,29	158,34	0,59	321,2	10,50	-	13939,1	12588,0	26527,1			
													Витрата на 1 т продукції		3944,0		908,9		186,14		39448,29		313557,50		352999,79		108,62	
															7,22		0,28		12,14		96,48							

**Ефективність використання сільськогосподарської
техніки за ґрунтозахисного землеробства з контролем
твердості ґрунту**

Виконав: студент 2 курсу,
групи МгАі-1-24
Омельченко Андрій Андрійович
Керівник: к.т.н., PhD, доцент
Деркач Олексій Дмитрович

Дніпро - 2025

Виробнича діяльність господарства

Таблиця 1.5 - Висхідний збір та врожайність

Культура	Висхідний збір та врожайність							
	2021	2022	2023	2024				
Соняшник	2,5	398,2	2,8	145,5	2,6	218	2,3	222,6
Висхідний збір	-	-	2,8	47	3,3	36,6	2,7	38,2
Висхідна врожайність	3,7	40,8	3,9	116,4	3,2	43,9	3,6	81,2

Таблиця 1.3 – Загальний перелік та порядок виконання технологічних операцій

№№№	Сезонність	
	Технологічна операція	Агрегат
1	Дискування	МТЗ-82.1 + ВЕД-3
2	Висів соняшника	МТЗ-80 + МБД-900
3	Орнова	МТЗ-1021 + ГРН-3-15
4	Культиваж суглинки	МТЗ-1021 + КНС-4
5	Культиваж переясівки	МТЗ-1021 + КНС-4
6	Сяб	МТЗ-82.1 + УНС-8
7	Висів соняшника ґрунтозахисним гербіцидом	МТЗ-82.1 + ОБ-2000
8	Загородження гербіцидом	МТЗ-80 + КНС-3.4
9	Висів соняшника гербіцидом	МТЗ-82.1 + ОБ-2000
10	Мікродозний обробіток з протравленням	МТЗ-82.1 + КРІВ-5.6
11	Збір врожаю	Цесла-570
12	Транспортування врожаю	КольС-41105

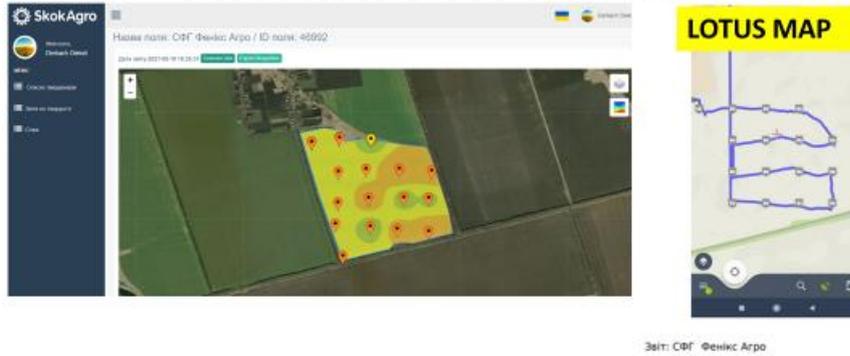


Метою магістерської роботи є визначення рівня ушкодження ґрунту у виробничих умовах ФГ «Фенікс-Агро» та розроблення ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур із використанням контролю твердості ґрунту.

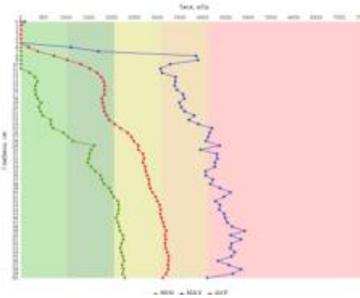
Для досягнення поставленої мети у роботі передбачається розв'язати такі основні завдання:

- здійснити аналіз виробничо-господарської діяльності ФГ «Фенікс-Агро»;
- визначити технологічні вимоги у вирощуванні сільськогосподарських культур, що спричиняють порушення ґрунту;
- провести експериментальні вимірювання твердості ґрунту на полях господарства;
- розробити практичні рекомендації щодо захисту ґрунту і інтегрувати їх у технології вирощування соняшника та інших культур;
- обґрунтувати заходи з охорони праці під час виконання вимірювань твердості ґрунту цифровим пенетрометром у польових умовах;
- визначити екологічну та економічну оцінку запропонованих технологічних рішень.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТІВ



1. Створення особистого кабінету.
2. Визначення меж поля.
3. Створення сітки вимірювань.
4. Завантаження в смартфон додатку Lotus Map.
5. Проведення вимірювань пенетрометром.
6. Формування звіту програмою.
7. Аналіз отриманих даних.
8. Розробка рекомендацій.



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА



Критичні точки ущільнення на глибині 20 см



Динаміка твердості ґрунту в точці 5.
Проблемна точка

Виявлені проблемні точки можуть бути ліквідовані більш глибоким обробитком в даних зонах. Рекомендуються не допускати виїзд техніки на перезволожений ґрунт. Не допускати виїзду автомобілів на поле під час завантаження зерном. Обробка чизельними агрегатами в даний момент не потрібна.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

План механізованих робіт при вирощуванні озимої пшениці на площі 84га (агротехнічна технологія)																								
Ділянка урожайність - 6,5 т/га																								
Група господарств - 2																								
Попередник: озима пшениця																								
Відстань перевезення - до 5 км																								
№ п.п.	Технологічна операція	Агротехнічна операція	Сільськогосподарський механізм	Обсяг роботи	Тривалість роботи	Тривалість роботи (години)	Тривалість роботи (години)	Сила адрівалу	Виробничі	Питроліно для виконання роботи	Електропаливо	Матеріальні витрати	Вартість											
17	3	3	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
18	3	3	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
19	3	3	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
20	3	3	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
21	3	3	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
22	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
23	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
24	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
25	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
26	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
27	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
28	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
29	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
30	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
31	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
32	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
33	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
34	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
35	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
36	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
37	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
38	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
39	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
40	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
41	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
42	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
43	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
44	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7
45	4	4	8	10.09-20.09	7	8	14	МТЗ-80	2777С-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	4,4	37,0	2,50	27,0	7,0	11,55	377,4	2938,3	3829,7

5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВИЗЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перед початком роботи з цифровим пенетрометром S600 працівник повинен ознайомитися з інструкцією з експлуатації та чітко дотримуватися встановленої послідовності запуску приладу. Після увімкнення необхідно перевірити рівень заряду акумулятора та переконатися, що його достатньо для безперервної роботи протягом зміни.

Після вибору поля та створення сітки точок вимірювань оператор повинен переміщатися між точками за найкоротшим маршрутом, використовуючи навігаційний додаток на мобільному телефоні. Під час роботи необхідно постійно контролювати наявність і рух сільськогосподарської техніки поблизу. У разі виконання агрегатом технологічних операцій на відстані менш ніж 100 м оператор повинен візуально позначити свою присутність.

За роботи у вечірній час або в умовах недостатньої видимості необхідно використовувати ліхтар або світлодіодний жилет чи елементи зі світлоповертаючим покриттям.

Висновки до розділу.

У розділі проаналізовано шкідливі та небезпечні фактори, що виникають під час виконання польових вимірювань цифровим пенетрометром S600. На основі проведеного аналізу розроблено комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці та збереження здоров'я працівників.

Економічні показники ґрунтозахисної технології вирощування пшениці озимої

Показник	Значення	Величина
Площа	га	84
Балансова вартість основних фондів	грн.	1 792 100
Валовий збір зерна	т	546
Експлуатаційні витрати всього	грн.	560749,86
У тому числі:		
- пального	грн.	149 083,2
- насіння	грн.	185 220
- амортизація	грн.	136 422,66
- заробітна плата з нарахуванням	грн.	90025
Виручка від реалізації	грн.	4 914 000
Прибуток	грн.	4 353 250,14
Затрати праці	люд.-год.	908,95
Рівень рентабельності	%	66,9

Загальні висновки

- Аналіз виробничої діяльності фермерського господарства «Фенікс-Агро» показав, що в господарстві переважає традиційна технологія вирощування сільськогосподарських культур з інтенсивним механічним обробітком ґрунту. Встановлено, що зазначена технологія реалізується з порушенням окремих агротехнічних вимог щодо збереження ґрунтів. Зокрема, практикуються ранні весняні виїзди техніки на поля, у тому числі внесення мінеральних гранульованих добрив по мерзлоталому ґрунту, що призводить до локальних зон ущільнення в шарах, які почали відтавати. Додаткове ущільнення формується під час виконання основного та передпосівного обробітку ґрунту за умов підвищеної вологості. Суттєвим недоліком є також рух автомобільного транспорту безпосередньо по полю до зернозбиральних комбайнів, при цьому транспортні засоби не оснащені широкопрофільними шинами, що посилює негативний вплив на ґрунт.
- У другому розділі роботи розглянуто будову цифрового пенетрометра S600 та викладено методику проведення пенетрометричних вимірювань і обробки отриманих результатів. Також наведено порядок складання технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням організації механізованих робіт.
- Результати вимірювань твердості ґрунту засвідчили, що в переважній більшості випадків застосовувана агротехніка забезпечує підтримання щільності ґрунту в межах агротехнічно допустимих параметрів. Разом із тим виявлено окремі проблемні ділянки з підвищеним рівнем ущільнення, де твердість ґрунту досягає 4500–5000 кПа. Для усунення таких зон запропоновано проведення глибокої оранки на глибину до 32 см агрегатом МТЗ-1025 + ПОН-3-35 на площах:
 - при вирощуванні пшениці озимої — 22 га;
 - при вирощуванні соняшника — 32 га.

Додатково рекомендовано не допускати виїзду техніки на перезволожений ґрунт та обмежити рух автомобільного транспорту по полю під час завантаження зерна. На основі отриманих результатів розроблено перспективні плани механізованих робіт із застосуванням диференційованого обробітку ґрунту з плановою урожайністю пшениці озимої 6,5 т/га та соняшника 2,7 т/га.

- У роботі виконано аналіз шкідливих і небезпечних факторів, що виникають під час проведення польових вимірювань цифровим пенетрометром S600. На основі цього розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на поліпшення умов та підвищення рівня безпеки праці при роботі з даним приладом.
- Розроблена ґрунтозахисна технологія вирощування пшениці озимої забезпечує високий рівень економічної ефективності з розрахунковим показником рентабельності 66,9 %, досягненням планової урожайності 6,5 т/га та підтриманням щільності ґрунту в межах нормативно допустимих значень.