

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:

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА КРИТЕРІЄМ ВЕЛИЧИНИ
УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ**

Виконала: студентка 2 курсу, групи МгМз-1-19 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Семейко Ірина Валентинівна

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2020

**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)

« ____ » _____ 2021 р.

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

Семейко Ірині Валентинівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** «Екологічна оцінка машинних технологій вирощування сільськогосподарських культур за критерієм величини ущільнення ґрунту»

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

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

« ____ » _____ 2020 року № _____

2. **Строк подання студентом роботи** 10.02.2021 р. _____

3. **Вихідні дані до роботи.** Навчальний посібник «Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві», типові норми на виконання механізованих робіт у рослинництві; навчальна, довідкова література з машиновикористання в рослинництві, електронні джерела з технології обробітку ґрунту Top-Soil Mapper, сайт виробника цифрових пенетрометрів Skok Agro.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Загальний стан питання. 2. Характеристика сучасних телематичних систем. 3. Експериментально-розрахункова частина. 4. Охорона праці та

захист в надзвичайних ситуаціях 5. Економічне обґрунтування роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Тема, мета, завдання. 3. Аналіз стану питання. 4. Методика вимірювань твердоміром S600. 5, 6, 7. Дослідження та обробка результатів. 8. Розуцільнення ґрунту застосуванням технології TopSoil Mapper. 9. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях. 10. Економічне обґрунтування роботи. 11. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали 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	Кравець В.В., доц. каф. ЕМТП		
5	Вініченко І.І., зав. каф. економіки		
Нормоконтроль	Харченко Б.Г., доцент каф. ЕМТП		

7. Дата видачі завдання: 10.06.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.07.2020 р.	
2	Теоретичний	до 10.09.2020 р.	
3	Розрахунковий	до 29.10.2020 р.	
4	Охорона праці	до 15.12.2020 р.	
5	Економічний	до 04.02.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.02.2021 р.	

Студент
(підпис)

Семейко І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)

Деркач О.Д.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота присвячена вирішенню питання досліджень величини ущільнення ґрунту в залежності від технологій вирощування та розробці заходів щодо розуцільнення ґрунтів застосуванням сучасних технологій цифрового землеробства.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 59 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Автор диплому має наукову публікацію в Збірнику матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту», Кропивницький: ЦНТУ, 18-19 листопада 2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПИТАННЯ.....	10
1.1. Основні негативні наслідки сучасних технологій вирощування с.-г. культур	10
1.2. Дія рушіїв енергетичних засобів на ґрунт	15
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	19
2. БУДОВА ПЕНЕТРОМЕТРА S600 ТА МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ТВЕР- ДОСТІ ГРУНТІВ	21
2.1. Загальні відомості.....	21
2.2. Будова, призначення пенетрометра S600.....	21
2.3. Методика вимірювання	24
2.4. Обробка даних	25
Висновки по розділу.....	28
3 . ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	29
3.1. Програма досліджень.....	29
3.2. Вибір полів та їх характеристика.....	29
3.3. Екологічна оцінка технології за критерієм ущільнення ґрунту.....	36
3.4. Рекомендації по розущільненню ґрунту технологією TopSoil Mapper Case ІН.....	43
Висновок по розділу.....	46
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	47
4.1. Суть охорони праці.....	47
4.2. Аналіз шкідливих факторів при роботі з пенетрометром S600	47

4.3.Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників....	49
4.4.Правила безпечного виконання робіт при роботі пенетрометром S600.....	50
4.5.Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.....	50
Висновки по розділу.....	52
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	53
5.1. Резюме.....	53
5.2. Розрахунок економічної ефективності.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	58
Додатки	

ВСТУП

В середині ХХ сторіччя в історії людства сталася безпрецедентна подія: вперше за всю історію свого існування – а це більше 2 мільйонів років – ми виробили більше їжі, ніж могли спожити [1]. Сьогодні фермери світу продовжують виробляти продукції все більше і більше. А те, що в світі навіть на сьогоднішній день близько 800 млн. людей реально голодують, є причиною недоліків наших суспільств, торгових відносин, логістики.

Місце України в світовому агровиробництві особливе. Займаючи всього 0,44 % території від світової площі, ми займаємо десяте місце в світовому експорті пшениці, ми четверті серед найпотужніших виробників ячменю, а 95% соняшникової олії Індія імпортує з України – тут ми перші в світі (рис.1), виробляючи, крім того, 24 % світового валу цього продукту! У 2020 році агросектор приніс 40 % валютної виручки в Україні. Перспективи у нас вражаючі. Чи буде так завжди? Цей позитивний вектор може змінити лише або політика, або ... клімат.



Рис.1. Україна займає особливе місце серед світових експортерів сільськогосподарської продукції: перше місце з виробництва соняшникової олії; четверте – з виробництва кукурудзи та ячменю; дев’яте – пшениці озимої; шосте – з виробництва соєвих бобів і т. д. При цьому якість продукції постійно зростає.

Сьогодні актуальність виробництва продуктів харчування займає особливе місце, бо це і захист та благополуччя суспільства, і сильна армія та впевнені позиції країни на світовому ринку, розвиток машинобудування і стійкість до кліматичних негараздів. З останнім фактором нам прийдеться рахуватися найближчі десятиліття, починаючи вже відсьогодні.

У Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України стверджують, що основною причиною зміни клімату є людська діяльність – збільшення спалювання вугілля, нафти, газу, промислові процеси і зменшення площ лісів. Чи так це? Очевидно. Візьмемо лише один факт. Ще 30 ... 12 тисяч років тому на забезпечення своєї життєдіяльності людина витрачала до 4500 кКал енергії: власної, у вигляді вогню, енергію води, Сонця, вітру і т.д. Сьогодні ж середньостатистичний житель США щодня споживає для забезпечення власних потреб до 180 000 кКал! Тобто, в 40 разів більше. Це і електрика, і паливо для авто, їжа, енергія, витрачена на виробництво одягу, продуктів побуту, утримання авто, будинків та і взагалі, всієї інфраструктури – все це енергія, яку ми споживаємо! А нас вже 7 мільярдів! Уже сьогодні, у 2021 році для того, щоб підняти рівень життя всіх людей на планеті до рівня життя у США потрібно ресурси трьох таких планет, як Земля. Рівень життя людей у світі невинно, у різних країнах різними темпами, але невинно зростає. Ми є однією з причин зростання температури на планеті, а, отже і швидшого нагрівання оболонки планети – води та верхнього шару ґрунтів. На сайті вищевказаного Міністерства можемо знайти гістограму (рис.2), на якій бачимо стійку закономірність до зростання середньої температури повітря за останні 110 років.

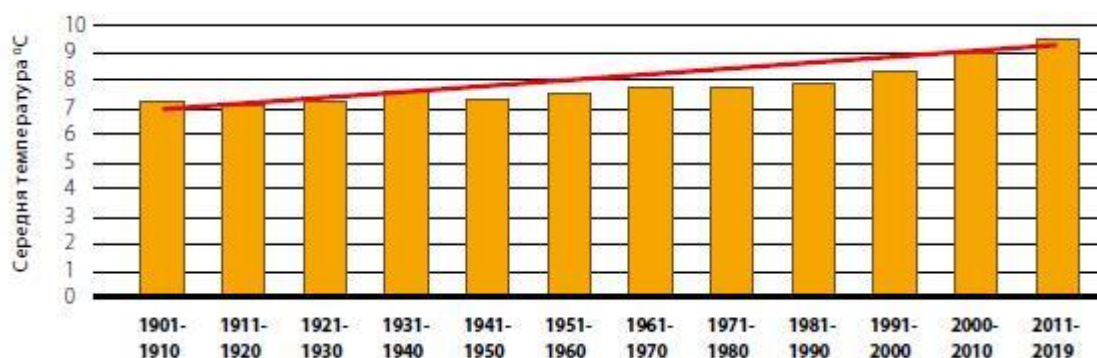


Рис.2. Середня температура в Україні за останнє століття.

Очевидно, зі зростанням температури довкілля має змінитись і кількість або характер опадів. Звернемося до офіційних джерел.

Цитата з сайту Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України: «В Україні в середньому річна сума опадів за базовий період 1961-1990 рр. (норма) складає 578 мм. За період 1991-2017 рр. вона в середньому не зменшилася, спостерігався невеликий приріст (близько 2%). Однак при цьому посилюється тенденція до нерівномірного розподілу опадів упродовж року, що призводить до більшої кількості та інтенсивності надзвичайних явищ погоди (зокрема, паводків та посух). Так, у 10 областях України за період 2014-2018 рр. опадів випало на 7-12% менше норми. Спостерігається тенденція до збільшення території із недостатньою кількістю опадів (менше 400 мм) у теплий період. Клімат вже став більш посушливим на всій території України.»

Отже, сучасному аграрію вже мало просто очікувати достатню кількість тепла та опадів. Опади дійсно все частіше стали носити зливовий характер, а температура досягає вищих значень, ніж це було 30 чи 50 років тому. Сьогодні необхідно заново вчитися, але вчитися вже таким технологіям, які б зберігали вологу в ґрунті, а ґрунт був у такому стані, щоб мінімально піддаватися водній та вітровій ерозії. На вологонакопичувальну здатність ґрунту значно впливає його структура, яка, в свою чергу, обумовлюється рівнем ущільнення орного та підорного шарів ґрунту. У разі переущільнення, ґрунт не може в собі утримувати необхідну кількість вологи і вона або стікає, або утворює так звані озерця, які спричинюють вимокнення культурних рослин. При висиханні, такі ґрунти перетворюються в монолітні тверді субстанції, що втрачають родючість.

Причиною цьому, у великій більшості стало переущільнення ґрунтів рушіями тракторів, автомобілів. Наприклад, при збиранні поля, площею 100 га, зернозбиральний комбайн, обладнаний жаткою, шириною захвату 6 м, на полі залишає сліди, довжиною 125...166 км, в залежності від способу руху! Розглянемо причини та способи зменшення ущільнення ґрунту в даній дипломній роботі.

1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПИТАННЯ

1.1. Основні негативні наслідки сучасних технологій вирощування с.-г. культур

Відомо, що для росту і розвитку рослин, отримання доброго врожаю необхідна наявність п'яти рівнозначних факторів, які визначив ще великий вчений В.І. Вернадський – це світло, повітря, поживні речовини, тепло, волога (рис.1.1). Ці фактори називають рівнозначними, тому що відсутність одного з них призводить до нульової урожайності. Нема тепла – нема врожаю; немає світла – урожайність нульова і т.д.

Наприклад, погодні умови 2020 року показали, що відсутність або недостатність лише одного з цих факторів, а для нас це була нестача вологи – призвели до катастрофічного зниження врожаю кукурудзи, соняшника в Центральній Україні, ранніх зернових, соняшника та інших культур у Південній частині нашої держави.



Рис. 1.1. П'ять рівнозначних факторів, що обумовлюють отримання максимального біологічного врожаю.

Саме волога сьогодні стала одним із ключових факторів, якого вельми не вистачає нам при вирощуванні с.-г. культур. Сьогодні фермер змушений впро-

ваджувати заходи, направлені на збереження ґрунтової вологи. І один із таких факторів є утримання щільності ґрунту в межах оптимальних параметрів.

За оптимальної щільності ґрунту – $1,01 \dots 1,35 \text{ г/см}^3$ – у орному шарі ґрунту утримується максимальна кількість вологи, яка сьогодні стає дефіцитом. Наведемо декілька фактів, які спонукають до розробки заходів з накопичення ґрунтової вологи та контролю щільності ґрунтів.

Факт 1. З одного гектару закультивованого під посів поля (чорнозем звичайний), навесні, за температури 20°C і швидкості вітру $4 \dots 5 \text{ м/с}$ випаровується від 20 до 60 т вологи за добу.

Факт 2. Одна рослина соняшника за весь період вегетації споживає до 250 літрів вологи. Враховуючи, що на одному гектарі на період збирання в зоні Степу України повинно бути $55 \dots 60$ тис. рослин, то споживання вологи соняшникового поля складе 13 ... 15 тисяч тонн вологи з одного гектара!

Факт 3. Сьогодні річна кількість опадів в зоні Степу України коливається в межах $350 \dots 450 \text{ мм}$. А це – $3500 \dots 4500$ тонн води у вигляді опадів. Решта – ґрунтова волога, якою той же соняшник себе і забезпечує.

Факт 4. Для відновлення водного балансу в глибоких шарах ґрунту ($1,5 \dots 2,5 \text{ м}$) необхідно $4 \dots 5$ років.

Вочевидь, фермер не має впливу на кількість світла, яке потрапляє на рослини, кількість тепла та повітря. З поживними речовинами, в принципі, ми навчилися працювати, розуміємо, як їх збалансувати з максимальною корисністю для рослин. А от волога в нинішніх кліматичних умовах все частіше випадає потужними зливами з наступним різким і динамічним підвищенням температур, яка спричинює швидке її випаровування з ґрунту. Ще у 2012 році 29 квітня був встановлений температурний рекорд за майже 140 років спостережень – це $+ 29,7 \text{ }^\circ\text{C}$! (У 2009 році рекорд склав $27,7 \text{ }^\circ\text{C}$). Близька до цієї температура повітря трималася ще декілька днів. За цей період орний шар ґрунту в багатьох регіонах був висушений і фермерам прийшлося ще довго чекати опадів, щоб продовжити посівну кампанію.

Щодо екологічних показників оцінки машинних технологій можна виділити такі: рівень забруднення засобами захисту рослин, паливно-мастильними матеріалами; засміченість карантинними рослинами (наприклад, амброзія полиннолиста) та надмірне переущільнення ґрунтів від використання техніки і нерациональних технологічних операцій.

Ми розглянемо екологічну оцінку машинних технологій за критерієм ущільнення ґрунту.

Які ж можуть бути запропоновані фермеру заходи, поради, технології, щоб врешті-решт він міг впливати на збереження, накопичення і утримання ґрунтової вологи? Насправді сьогодні є багато рішень – це і спеціальні робочі органи посівних машин, що мають вологоутримуючий ефект, і технологічні операції, що сприяють накопиченню вологи (наприклад, щілювання ґрунту), і нові технології, типу Mini-till, Strip-till, No-till та їх комбінації, які направлені на енерго- та вологозбереження в цілому. Оптимальна «формула» структури ґрунту, яку визнають вітчизняні і зарубіжні вчені це так звана формула: «50-25-25», тобто 50 % - твердої фази; 25% - газоподібної і 25% - вологи. Саме за такої структури, як прийнято вважати, ґрунт має ефект «губки», яка максимально утримує поживні речовини, вологу та повітря (рис.1.2).

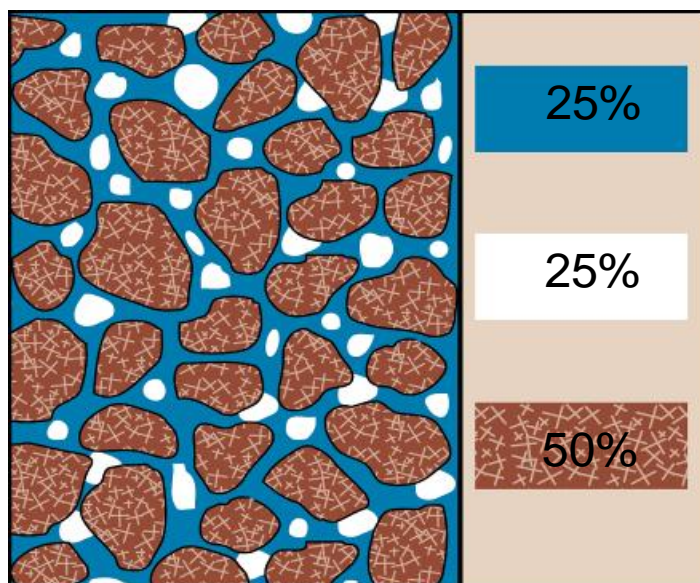


Рис.1.2. Схематична оптимальна структура ґрунту.

Нині ж щільність орного і підорного горизонтів становить від $1,4 \text{ г/см}^3$ до $1,6$, а іноді сягає $1,8 \text{ г/см}^3$. Особливо вона висока в літньо-осінній період. Найбільше ущільнення чинять рушії енергетичних засобів.

Так, традиційна технологія передбачає суцільну обробку ґрунту і культивування в якості основного способу підготовки насінневого ложа і контролю бур'янів. Ця технологія передбачає послідовність ґрунтообробних операцій, таких як обробка плугом і обробка дисковою бороною або культивування для підготовки насінневого ложа, видалення з поля пожнивних залишків і контроль бур'янів.

Все це передбачає багаторазові проходи по полю 5 - 7 разів.

Відвальні плуги, культиватори та дискові борони є основними знаряддями для традиційної технології обробки ґрунту. В результаті багаторазової і багаторічної взаємодії робочих органів на ґрунт на глибину до 30 см, сам агрегат здійснює ущільнення на глибину до 80 см! Таким чином, згодом, на глибині від 30 см утворюється зона надмірного ущільнення, яка називається «плужною рідощвою». (рис. 1.3).



Рис.1.3. Плужна підощва, утворена за традиційної технології вирощування.

Щільність цього прошарку ґрунту настільки велика, що він не здатен пропускати вологу у нижні шари, а так як капіляри зруйновані, то і підйом во-

логи з нижніх шарів у верхні також неможливий. Більше того, часто є випадки, коли коренева система культурних рослин не може подолати опір плужної підшви і рослина гине (рис.1.4).

На фото 1.4. показана негативна дія плужної підшви на соняшник, яка його знищила (про експериментальні дослідження на цьому полі у Розділі 3).



Рис.1.4. Плужна підшва, що виявлена на глибині 12...15 см знищила посіви соняшнику. Деякі дані аналізу ґрунту: кількість органіки – 1,4 %; забезпеченість мікро- і мікроелементами – нижче середньої. Агрегатний стан – дрібнодисперсні частинки піску.

Аналіз даного випадку показав, що за останні три роки не виконувалася оранка, а мав місце лише поверхневий обробіток дисковими ґрунтообробними агрегатами з шириною захвату до 2,4 м та суцільна і передпосівна культивация агрегатами, шириною захвату до 4 м. В технології не застосовувалися гербіциди, а двічі мав місце міжрядний обробіток агрегатом ЮМЗ-8070+КРН-5,6. Очевидно, що такий обробіток став причиною інтенсивної дії рушіїв тракторів на ґрунт, що спричинило значне ущільнення і спровокувало утворення плужної підшви вже на глибині до 15 см. Ось чому до питання ущільнення ґрунту та постійного моніторингу цього показника слід відноситися дуже уважно, а заміри робити вкрай ретельно і систематично.

Отже, основною причиною ущільнення ґрунту є дія рушіїв енергетичних засобів та інтенсивний, переважно м'який, механічний обробіток ґрунту. Розглянемо негативну дію рушіїв тракторів та автомобілів на ґрунт.

1.2. Дія рушіїв енергетичних засобів на ґрунт

Відомо, що для того, щоб трактор рухався по поверхні поля і виконував задану роботу (технологічну операцію), він повинен мати достатнє зчеплення з ґрунтом. Ця функція покладається на рушії трактора, які можуть бути колісними, у тому числі, спареними (рис.1.5, а) або зтряненими та гусеничними (рис.1.5, б).



а)



б)

Рис.1.5. Трактор Case IH STX 500 (а) зі спареними колесами та John Deere 8345RT на гусеничному ході (б).

Отже, що такі трактори могли рухатися з допустимою величиною пробуксовки (до 12 % колісні і до 3 % гусеничні), вони повинні мати достатню вагу, тобто чинити певний тиск на ґрунт, щоб в нього «вчепитися» і рухатися. Якщо вага трактора буде недостатня, відбуватиметься велике буксування, робоча швидкість агрегату знизиться, а витрата пального, відповідно, зросте. Якщо вага трактора буде занадто велика, на виконання технологічного режиму необхідна додаткова затрата пального, при цьому, може виникнути необхідність у перемиканні на нижчу передачу, що знову ж таки, призведе до зниження робочої швидкості і перевитрати пального. В обох випадках виконання технологічних операцій є не раціональним, а іноді і неможливим через порушення технологічних

швидкостей (наприклад, оранка має виконуватись в межах 7...9 км/год, сівба 8...12 км/год).

При цьому, згідно досліджень проф. Ільченка В.Ю. [1] здвоєння і зтроєння шин не вирішує проблеми ущільнення ґрунту. Це питання вирішується збільшенням кількості осей до 5 або 6. Цій умові якраз і задовольняють гусеничні моделі. Спираючись на ґрунт більшою площею контакту, гусеничні трактори чинять менший тиск на ґрунт, виконуючи при цьому більшу корисну роботу, ніж колісні.

Так, наприклад, тиск рушіїв тракторів на ґрунт становить:

- МТЗ-82 – 1,2 кг/см²;
- ХТЗ-150К-09 – 1,65 кг/см² ; К-744 – 2,5 кг/см²;
- ДТ-75М – 0,3...0,4 кг/см²;
- САТ 95Е – 0,27 кг/см². STX 535 Quadtrack – 0,46 кг/см².

Бачимо, що колісні трактори чинять значно більший тиск на ґрунт, а отже, є причиною його значного ущільнення.

1.2.1. Методи зменшення ущільнення ґрунту колісними рушіями. Конструктивні методи. Як ми вже описали вище, одним із методів зменшення ущільнення ґрунту колісними рушіями є додавання додаткових коліс на вісь. Сьогодні виробники пропонують ще методи зменшення негативної дії рушіїв. Наприклад, компанія Michelin розробила ультра м'яку шину низького тиску «Ultraflex» (рис.1.6).



Рис.1.6. Трактор, обладнаний шинами «Ultraflex» при розкиданні мінеральних добрив.

Такі шини експлуатуються за тиску 0,8 бар, що дозволяє, за рахунок високої еластичності, збільшувати площу контакту до 20 % (рис.1.7). Відповідно, це зменшує питомий тиск на ґрунті за збереження тягово-зчіпних властивостей агрегату. Визначені деякі результати за методом відстані до цілі (вивчалася на дисципліні «Аналіз технологічних систем») показали, що за використання таких шин зростає несуча здатність при зменшенні тиску на 20 %.

Метод відстані до цілі

ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ:

- менший робочий тиск;
- більша здатність нести навантаження при тому ж тиску;
- зменшення ширини шини

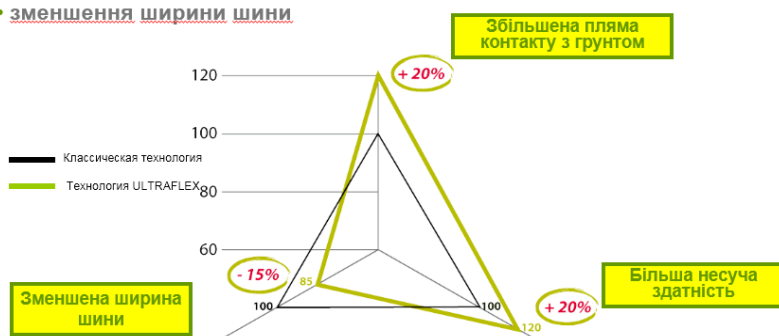


Рис.1.7. Деякі властивості шин «Ultraflex», визначені методом відстані до цілі.

Виробник наводить результати експериментальних досліджень (рис.1.8) площі плями контакту середньостатистичної шини і проектованої, тобто «Ultraflex».

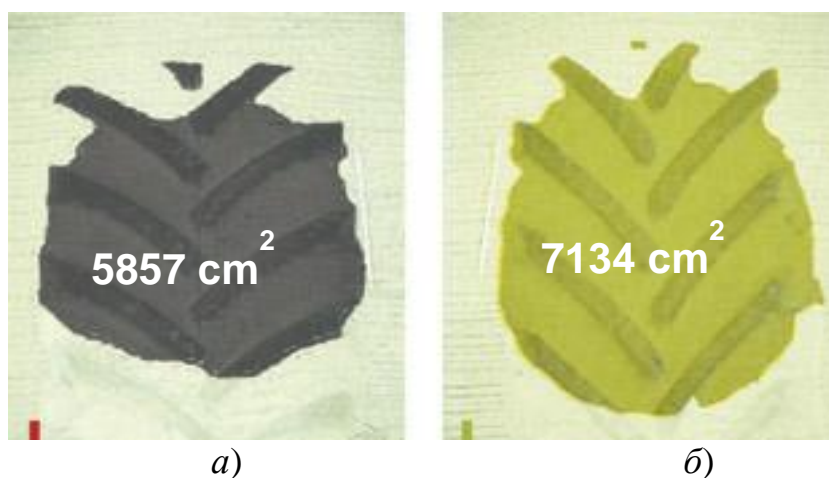


Рис.1.8. Плями контакту: а) класична шина при внутрішньому тиску 2,4 бар, навантаження 9000 кг; б) шина «Ultraflex» при внутрішньому тиску 1,6 бар, навантаження 9000 кг.

Як бачимо з рис. 1.8. навіть при меншому тиску в шині, виробники «Ultraflex» стверджують про високу несучу здатність і зменшення плями контакту. Отже, у випадку унеможливлення виконувати технологічні операції гусеничними тракторами дане рішення може бути корисним для фермерів.

Крім того, дослідження компанії Michelin показали, що і глибина дії ґрунтозачепів в середину ґрунту обмежується глибиною 2.1 см замість 4,6 при використанні класичних шин (рис.1.9).

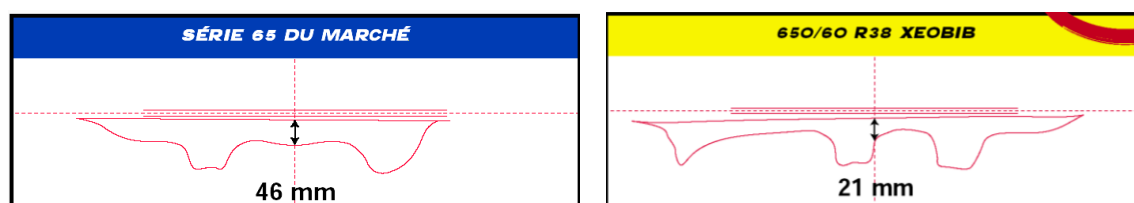


Рис.1.9. Глибина проникнення ґрунтозачепів.

Ще один метод зменшення ущільнення ґрунтів, який можна віднести до технологічних – є обмеження виїздів на поля автомобілів під час збирання врожаю. Для цього використовують бункери-перевантажувачі. Завдання цих агрегатів – забирати зерно від комбайнів, транспортувати його на край поля і перевантажувати в автомобілі. Автомобілі, обладнані шосейними шинами не виїжджають на поле, а стоять на ґрунтовій дорозі (рис.1.10). Таким чином, ущільнення автомобілями не відбувається. Така технологія перевантаження набула розповсюдження в технологіях No-Till, Strip-Till, Mini-Till.



Рис.1.10. Перевантаження зерна в авто на краю поля.

Автомобілі на поле не виїжджають.

Ще зменшити вплив на ґрунт дозволяє використання гусеничних тракторів та бункерів-перевантажувачів на пасивному гусеничному ході (рис.1.11).



Рис.1.11. Бункер-перевантажувач на повному гусеничному ході.

Таким чином, використання машин, які б мінімально негативно впливали на ущільнення ґрунту дозволяє і зменшувати глибину обробітку. Відтак, зменшуються енергозатрати на виробництво, а екологічний стан ґрунтів за критерієм ущільнення покращується, зберігається, а може, навіть і зростає родючість ґрунтів.

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи

Однак, наведені на рис. 1.10 та 1.11 технічні засоби переважно застосовуються у енергоощадних технологіях. Сьогодні традиційна технологія вирощування с.-г. культур, з інтенсивним механічним обробітком ґрунту залишається ще досить розповсюдженою. І часто виконується вона з порушеннями до основних вимог збереження ґрунтів. Наприклад, ранні виїзди в поля: внесення мінеральних добрив по мерзлоталому ґрунту спричинює локальні великі ущільнення, в тих місцях, де ґрунти вже відтали. Наступні, більш масштабні ущільнення відбуваються навесні при виконанні основної та передпосівної культивування. В цей час ґрунти ще мають достатню кількість вологи і є уразливими до ущільнення рушіями. Таким чином, за традиційних технологій, необхідно мати інструмент контролю щільності ґрунту, як екологічного показника.

Тому, **метою** дипломної роботи є впровадження методики моніторингу і контролю ущільнення ґрунтів при вирощуванні с.-г. культур в будь-яких технологіях.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз стану питання;
- удосконалити методику вимірювання твердості ґрунтів на глибину до 60...90 см;
- провести експериментальні вимірювання твердості ґрунтів, які знаходяться в різних технологіях вирощування;
- навести заходи з охорони праці при користуванні інструментом (пенетрометром) у полі;
- навести екологічні та економічні розрахунки за результатами даної дипломної роботи.

Об'єктом дослідження були технологічні процеси вимірювання твердості ґрунтів.

Предмет досліджень – закономірності зміни твердості ґрунтів в залежності від дії рушіїв і технологій вирощування.

2. БУДОВА ПЕНЕТРОМЕТРА S600 ТА МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ГРУНТІВ

2.1. Загальні відомості

Щільність — якісна характеристика розташування об'єктів, це властивість будь-якої множини, яка характеризує кількістю елементів, що припадає на одиницю довжини, площі, об'єму [4]. Тобто, нам потрібно виміряти показник із розмірністю г/см^3 , ваговим або іншим доступним методом. Для оперативного контролю, цей показник недоцільно безпосередньо вимірювати. Бо брати зразки зі збереженням структури ґрунту – це трудомісткий процес, що потребує висококваліфікованої праці, має малу продуктивність.

Інший параметр, який має пряму залежність від щільності – твердість ґрунту. Твердість – це властивість матеріалу опиратися проникненню до нього іншого, твердішого тіла [4]. Чим більша твердість ґрунту, тим, відповідно, вища і щільність ґрунту. Сьогодні вже винайдені числові залежності між ц\вказаними цими параметрами. Наприклад, якщо твердість ґрунту досягає 3000 кПа – це означає досягнення граничної щільності ґрунту, що перевищує $1,3 \text{ г/см}^3$.

Цей принцип використовується в приладах для вимірювання твердості ґрунту – пенетрометрах.

2.2. Будова, призначення пенетрометра S600

Одним із ефективних вітчизняних розробок – вимірювачів твердості ґрунтів є цифровий пенетрометр S600 (рис.2.1) виробництва компанії Skok Agro (засновник Сергій Скок). Принцип роботи пенетрометра полягає у вимірюванні зусилля проникнення в ґрунт металевого конуса. Пенетрометр обладнаний двома приймачами: GPS та GSM, карту пам'яті на 2000 замірів, які можуть зберігатися автономно. Також має програмне забезпечення, яке встановлюється на ноутбук. Таким чином, під час вимірювань, отримувати дані можна в реальному часі в будь-якій точці світу.



Рис. 2.1. Загальний вигляд цифрового пенетрометра S600.

Програмне забезпечення являє собою створення особистого кабінету користувача на сайті «portal.skokagro.com» (рис.2.2).

The screenshot shows the 'Skok Agro' user interface. On the left is a dark navigation menu with the Skok Agro logo and a user profile for 'Derkach Oleksii'. The main content area is titled 'Список твердомірів' (List of hardness measurements). It features search filters for 'ID сенс', 'Назва с', and 'Відпові', along with date range filters for '29-01-2' and '30-01-2'. A table displays the following data:

ID сенсора	Назва сенсора	Відповідальний агроном	Останні зміни	Кіл-ть відправлених точок	Аі
301678218	Дніпровський державний аграрно-економічний університет	Derkach Oleksii	2020-10-21 16:37:28	117	До сенсора

Additional UI elements include a 'Фільтр' button, a 'Скачати всі точки в Excel' button, and a 'До сенсора' button.

Рис.2.2. Загальний вигляд особистого кабінету користувача пенетрометра S600.

Сам пенетрометр виконаний розбірним (рис.2.3) і транспортується в такому вигляді. Пенетрометр упаковується в цупку водонепроникну сумку.

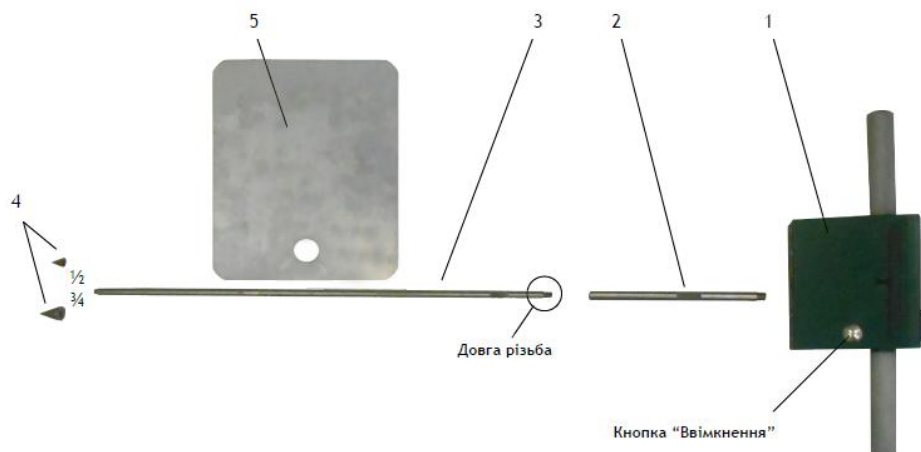


Рис. 2.3. Будова пенетрометра: 1 - вимірювальний блок; 2 - щуп для з'єднання з тензодатчиком; 3 - вимірювальний щуп; 4 - наконечники 1/2" для звичайних ґрунтів, 3/4" для піску, або дуже вологого ґрунту; 5 - пластина для визначення глибини занурення щупа.

На вимірювальному блоці зверху розташований екран (рис.2.4), який відображає поточне положення за GPS-координатами, та кількість супутників.

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.

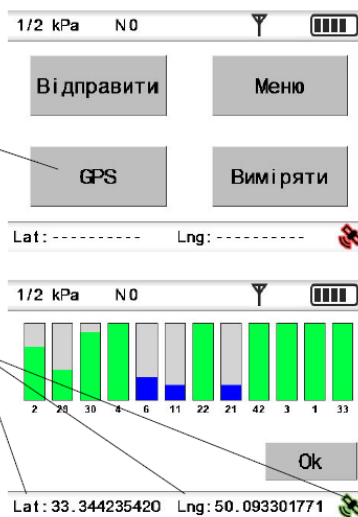


Рис.2.4. Основне меню, яке відображається на екрані при запуску приладу в роботу.

2.3. Методика вимірювання

Перед вимірюванням необхідно перевірити комплектність та цілісність приладу.

Початок вимірювання.

Крок 1. Пластина для визначення глибини занурення щупа кладеться на місце вимірювання.

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

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: необхідно слідкувати, щоб між пластиною та вимірювальним блоком не попадало листя, земля або інші перешкоди, інакше вимірювання не почнеться. Якщо все зроблено правильно при зануренні щупа, на екрані відобразиться зміна показників глибини та тиску (рис. 2.5).



Рис.2.5. Зміна показників на екрані свідчить про правильність процесу вимірювання.

Користуючись інструкцією [Додаток 1] і провівши занурення щупа в ґрунт на глибину 60 см, отримуємо картину на екрані (рис.2.6), де будуть відображені дані твердості через кожен сантиметр глибини. Ці дані можна отримати також у вигляді графіка. Після вимірювань, можна передати дані на сервер за допомогою GSM-зв'язку, або продовжити вимірювати все поле (чи поля) або заданий обсяг робіт і передати після завершення всього циклу вимірювань. В пам'яті пенетрометра можна зберігати до 2000 вимірів. Також це зручно засто-

совувати, якщо вимірювання проводяться у зона обмеженої дії мобільного GSM-зв'язку.

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.

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

Зберегти вимірювання?

Так Ні

Рис.2.6. Скріншот з інструкції користувача пенетрометра.

Отже, зібрані дані ми можемо отримати у двох видах: таблицях і графіках.

2.4. Обробка даних

Передані в особистий кабінет дані формуються в окремі звіти у вигляді PDF-файлів (рис.2.7) і зберігаються там постійно. На файлах вказані ID поля, назва поля (заповнюється користувачем), дата вимірювань і останніх змін, дата формування звіту і є функція «Перегляд звіту», який можна переглянути у розгорнутому вигляді на основі багатократних вимірювань (рис.2.8).

Skok Agro

Welcome, Derkach Oleksii

MENU

- Список твердомірів
- Звіти по твердості

Список полів

Назва поля | Фільтр

#	ID поля	Назва поля	Дата змін	Дата звіту	Дія
1	22817		2020-10-23	2020-10-23 09:51:19	Перегляд звіту
2	22804		2020-10-08	2020-10-08 08:53:50	Перегляд звіту
3	19052		2020-07-24	2020-07-24 13:15:12	Перегляд звіту
4	19051		2020-07-24	2020-07-24 13:00:09	Перегляд звіту
5	19049		2020-07-21	2020-07-21 17:40:46	Перегляд звіту
6	19027		2020-07-19	2020-07-19 13:36:14	Перегляд звіту
7	19026		2020-07-19	2020-07-19 11:58:13	Перегляд звіту

Рис.2.7. Формування звітів.

У звіті надається усереднений графік (рис.2.8) зусиль, які статистично формуються на основі всіх вимірювань.

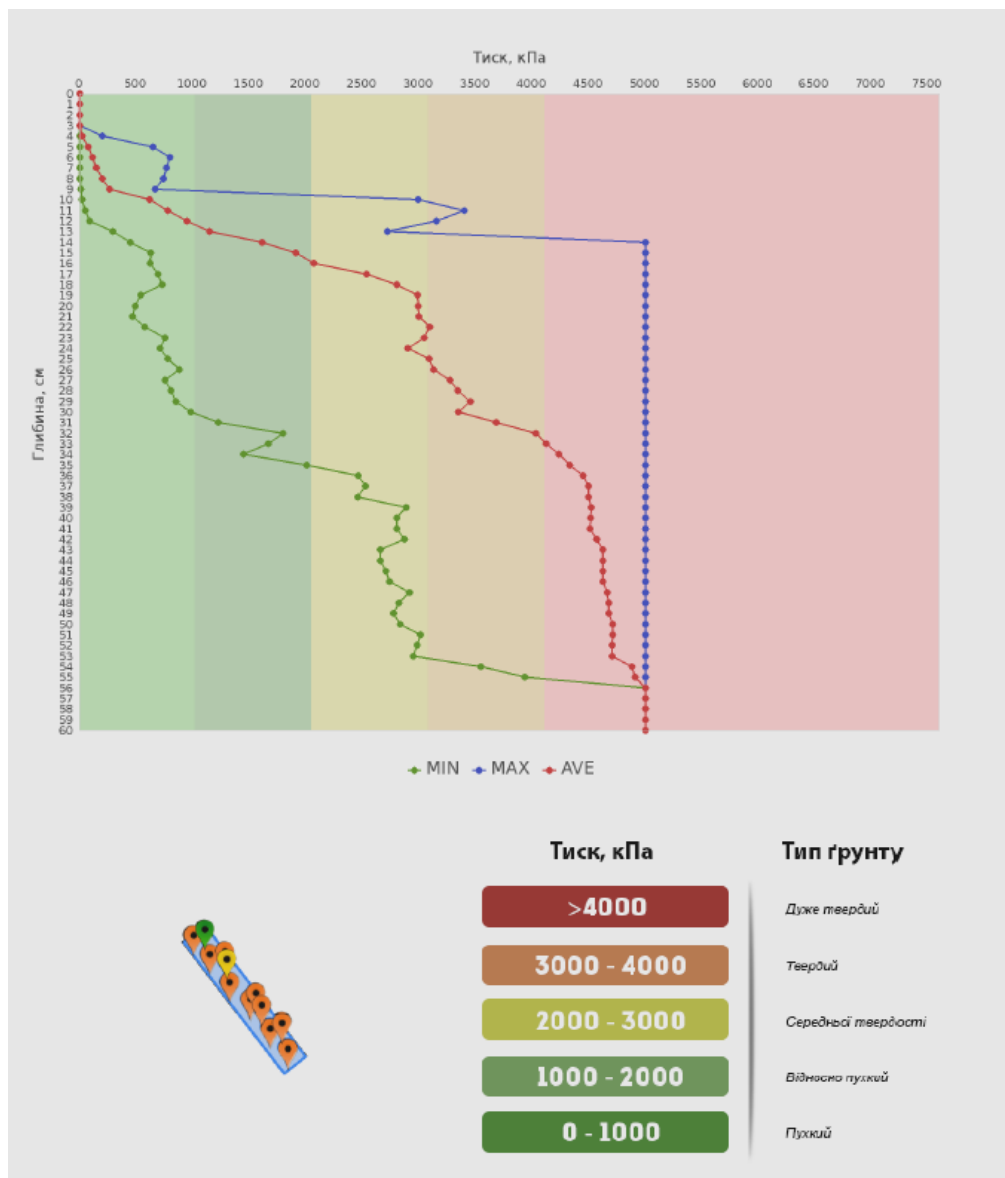


Рис.2.8. Графік зусиль при вимірюванні твердості ґрунту.

Користуючись шкалою, наведеною під графіком, визначається узагальнений стан твердості, а отже, і щільності ґрунтів. Так, зі шкали видно, що досягнення тиску 3000 кПа означає, що ґрунт твердий. А вже за GPS-координатами визначається конкретне місце з конкретною величиною твердості (рис.2.8, ліва частина рисунка).

Кожне вимірювання є унікальним і накладається на Google-карту (рис.2.9) і фіксується в особистому кабінеті. Таким чином, вимірювання не можна замінити чи підробити.



Рис.2.9. Точки вимірювань, накладені на Google-карту

Так як вимірювання проводиться з точністю до одного сантиметра глибини, відповідно маємо масив даних твердості за цією шкалою (рис.2.10).

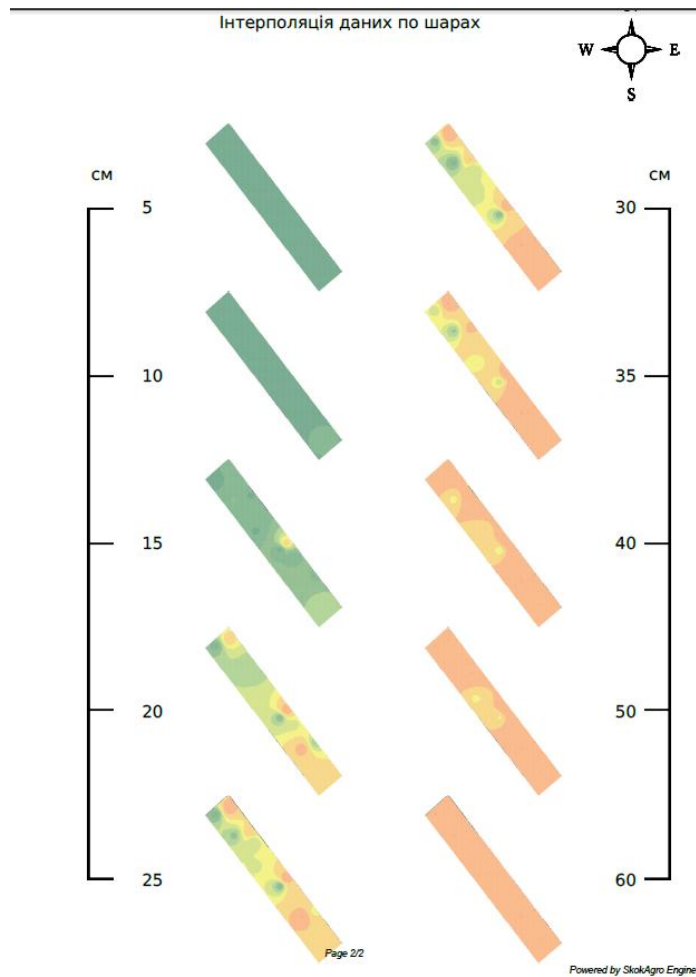


Рис.2.10. Інтерполяція даних вимірювань по шарах.

Така інтерполяція дозволяє виявити ущільнення не тільки на певних площах, а на різних глибинах. Таким чином, можна планувати диференційний за глибиною обробіток ґрунту. Наприклад, для великих агрохолдингів доцільно застосувати програму і обладнання TopSoil Mapper, що розроблене фірмою CASE IH.

Висновок по розділу. У розділі наведено будову цифрового пенетрометра S600 та методику проведення і обробки вимірювань.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Програма досліджень

Розроблена програма досліджень передбачала наступні етапи:

- вибір двох полів з різними технологіями вирощування різних культур, наприклад, пшениці озимої та соняшника;
- проведення вимірювання твердості ґрунту на обраних полях;
- обробка результатів та складання карти ущільнення ґрунту по шарах;
- надання рекомендацій для диференційованого обробітку ґрунту за технологією TopSoil Mapper.

3.2. Вибір полів та їх характеристика

Для проведення досліджень обирали два поля, на яких вирощувалося дві культури за технологіями:

- пшениця озима – технологія No-till;
- пшениця озима – традиційна технологія.

Дослідне поле №1. Поле Т18, площа 76,4 га (рис.3.1, а), технологія No-till, знаходиться в оренді ТОВ «Агро КМР», чорнозем звичайний середньопотужний.

Для того, щоб побудувати карту вимірювання (так званих точок уколів) завантажили в смартфони програму GPX Viewer, яка розроблена для ОС Android. Для IOS (iPhone) завантажується додаток Mipatek KML. За допомогою цих додатків визначили місце розташування поля Т18 та спроектували сітку, на якій позначаються точки вимірювання твердості ґрунту на виділеному полі. Це можуть бути й інші аналогічні додатки, які можна знайти в Play Market. Головне, щоб ці програми зчитували KML-файли, з якими працює даний пенетрометр. Вказані програми одночасно відображають місця замірів і місцеположення того, хто має робити заміри (виділене на екрані). Суміщаючи власне положення та місце проби, визначали точку заміру. Таким чином, завантаживши вказані додатки, отримуємо сітку замірів відповідно до завдання (рис. 3.1, б, в).



Рис.3.1. Поле Т18 (а) та сітка вимірів у додатку GPX Viewer (б) та Miratek KML (в).

Основні технологічні операції в послідовності виїздів на поле наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Послідовність операцій та МТА, що виконують роботи*

№ з/п	Технологічна операція	Агрегат	Тиск рушіїв на ґрунт, кг/см ²
1	Прямий посів	Case IH STX 600 + Horsch Maestro 36.5	0,4
2	Хімічний обробіток посівів	John Deere 4930	1,2
3	Обробка посівів ЗЗР	John Deere 4930	1,2
4	Обробка гербіцидами	John Deere 4930	1,2
5	Збирання врожаю	Case IH 9240	0,6
6	Перевезення урожаю на край поля	Case IH STX 600 + Kinze 1500	0.4...0.6

*автомобілі на поле не виїжджають

За наведеною в розділі 2 методикою, провели вимірювання твердості ґрунту після збирання урожаю, тобто по закінченню технології. Згідно з карти, проводили 14 вимірювань. Площа одного вимірювання складала:

$$S_B = S_{\Pi} / n = 76,4 / 14 = 5,45 \text{ га.}$$

Після формування звіту отримали величину твердості ґрунтів на глибину 0...60 см.

Наведемо скріни зі звітів та проведемо їх аналіз.

Так, на глибині 25 см, стан ґрунту визначений, як «пухкий» та «відносно пухкий», тобто, твердість знаходилася в межах 600...1300 кПа, що відповідає щільності в межах 1,01...1,1 г/см³. Структура даного шару ґрунту сприятлива для ефективного вирощування с.-г. культур.

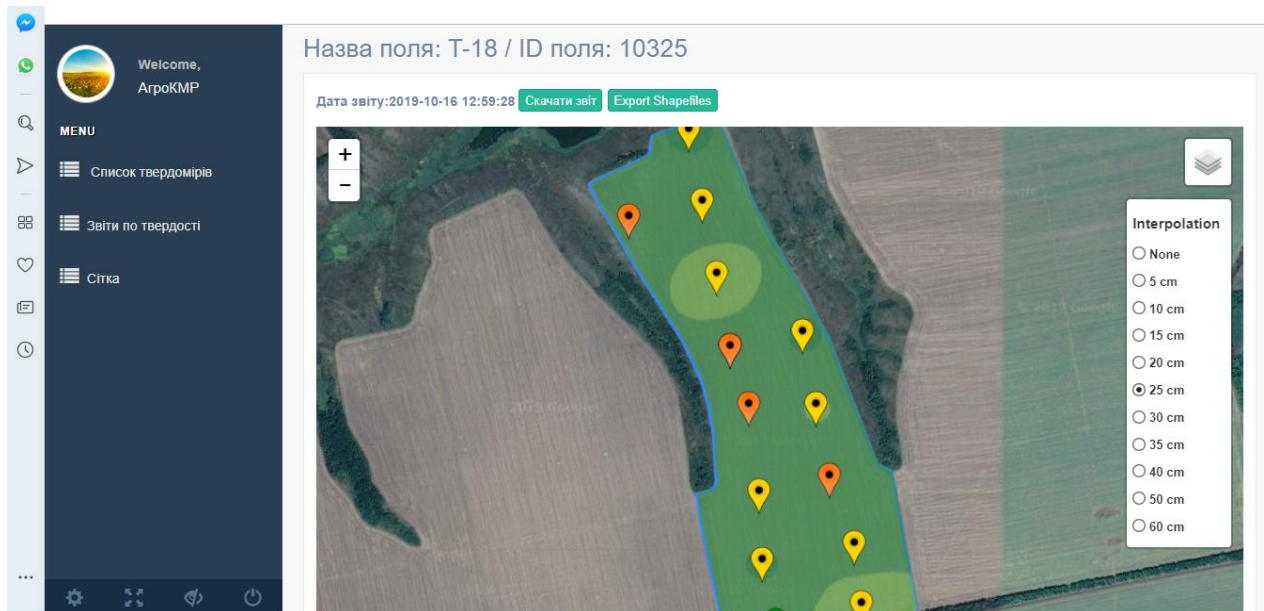


Рис.3.2. Результати замірів твердості ґрунту на глибині 25 см.

Характерним є те, що фізичний стан ґрунту є практично однаковим на всій площі на вказаній глибині вимірювань. Не визначено зон ущільнення від рушіїв техніки, інших негативних дій технології.

Незначне зростання твердості на глибині підорного шару ґрунту – 40 см – визначене на рівні 1500...1900 кПа (рис.3.3). При цьому, зростання твердості не є рівномірним і, як видно з рис.3.3 є зони, в яких твердість залишилася на рівні до 1300 кПа, що свідчить про однорідність фізичного стану ґрунту від поверхні до 40 см.



Рис.3.3. Результати замірів твердості ґрунту на глибині 40 см.

Необхідно зазначити, що програмне забезпечення SkokAgro інтерполює отримані дані вимірювань рівномірно між точками. Це означає, що зон картина твердості, яку ми бачимо, наприклад, на рис. 3.3 не є абсолютно точною по вказаних зонах. Чим більше точок вимірювань і менша відстань між ними, тим точніші результати ми отримуємо.

На глибині 50 см з'являються зони більшої твердості, яка сягає значень до 2000...2500 кПа, що свідчить про початок зони ґрунтів середньої твердості. На цій глибині значно більш виражена строкатість твердості ґрунту (рис.3.4). Однак, тут неможливо визначити техногенний вплив рушіїв на ґрунт та макрорельєф місцевості. Цікавим є те, що на глибині 60 см (рис.3.5) починається зона розущільнення ґрунтів, тобто твердість знову починає зонально зменшуватись. Ось цей факт свідчить про те, що нижні шари ґрунтів є сприятливими для накопичення вологи.

Отже, можна зробити висновок, що дане поле не піддалося негативній дії рушіїв техніки, знаходиться в доброму стані за критерієм твердості ґрунту і сприятливим для вирощування с.-г. культур.

Надалі, в п.3.2. проведемо аналітичні розрахунки для визначення щільності ґрунту.

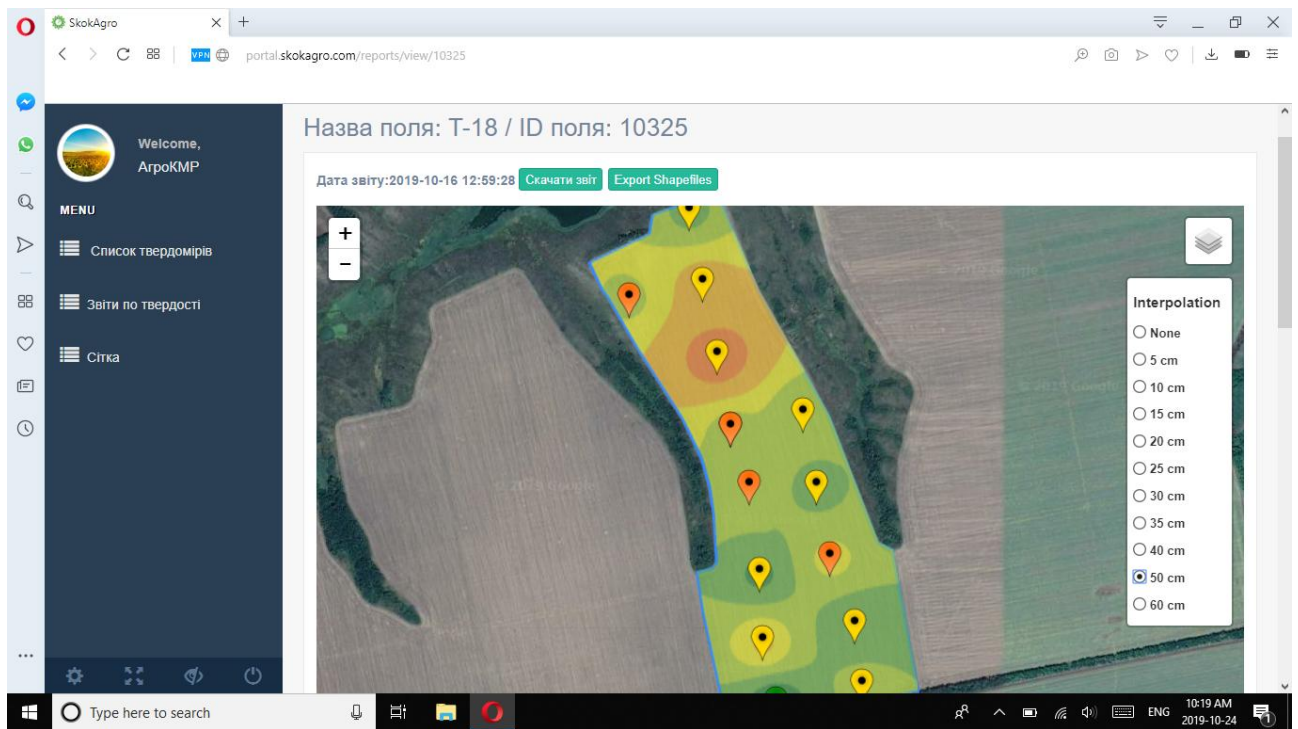


Рис.3.4. Результати замірів твердості ґрунту на глибині 50 см. Підвищена строкатість показників твердості.

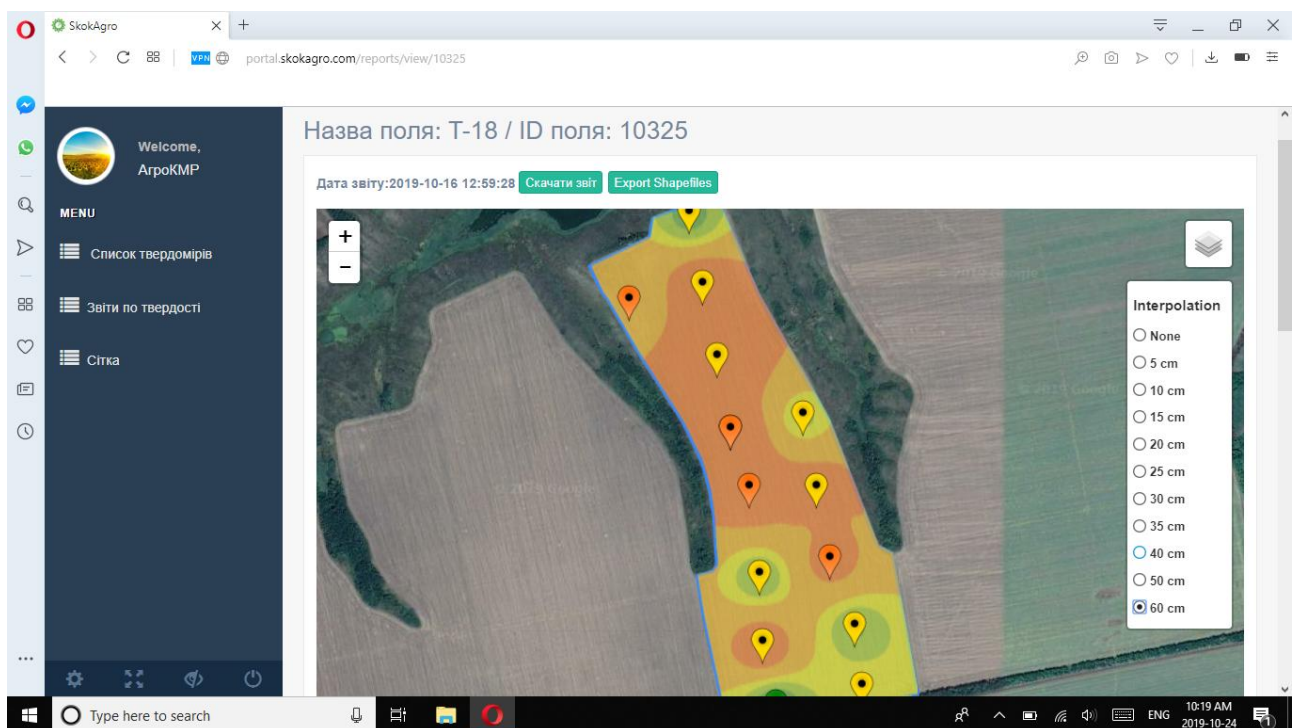


Рис.3.5. Результати замірів твердості ґрунту на глибині 60 см. На даній глибині спостерігаються зони розуцільнення ґрунтів. Можливо, це природне відновлення родючості.

Проведемо вимірювання твердості ґрунту на полі при вирощуванні соняшника за традиційної технології. Площа досліджуваної ділянки – 15,5 га. Дискретність вимірювань на даному полі була меншою, з метою отримати більш точні результати.

Схема вимірювань наведена на рис.3.6. При вимірюваннях було встановлено, що вже на глибині 15 см вимірювання було вельми утрудненим через надзвичайно великий опір. Пенетрометр глибше 20 см було занурити в багатьох місцях неможливо (рис.3.7).



Рис.3.6. Схема вимірювань твердості на умовне значення її на глибині 15 см.



Рис.3.7. Загальний вигляд пенетрометра при проведенні вимірювань.

При проведенні досліджень вимірювання по колії комбайна уникали. Таким чином отримували більш об'єктивну картину ущільнення ґрунту.

Наприклад, в особистому кабінеті можна отримати динаміку зміни твердості ґрунту по глибині (рис.3.8), звідки бачимо що в одній з точок, починаючи з глибини 11 см опір руху конуса різко зростає і вже на глибині 19 см сягає 5000 кПа, що свідчить про наявність значного ущільнення – очевидно плужної підшви на цій глибині.



Рис.3.8. Виявлення плужної підшви на глибині до 19 см.

Аналізуючи загальний статистичний звіт вимірювань (рис.3.9) можна зробити висновок, що на даному полі виявлена плужна підшва, яка займає значну площу поля, проте не всю. На рис. 3.6 бачимо різнокольорове забарвлення, що свідчить про нерівномірність ущільнення ґрунту, тобто воно не однакове і знаходиться на різних глибинах. Пряма вертикальна лінія показує, що даних з вказаної глибини (21 см) отримано не було через неможливість подальшого проникнення конуса пенетрометра. Навіть якщо, наприклад, нижче по глибині твердість ґрунту зменшиться, все одно, на даному полі вирощувати с.-г. культури буде небезпечно, так як плужна підшва спричинить значний опір кореням рослин та блокуватиме проникнення вологи як в нижні шари ґрунту, так і по капілярах уверх.

На даному полі визначений стан ґрунту, як дуже твердий, не придатний для ведення ефективного землеробства.

При цьому встановлено, що урожайність пшениці озимої на даному полі склала 2,1 т/га, що є збитковим для господарювання.

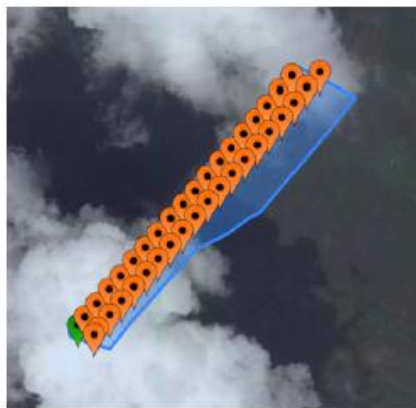
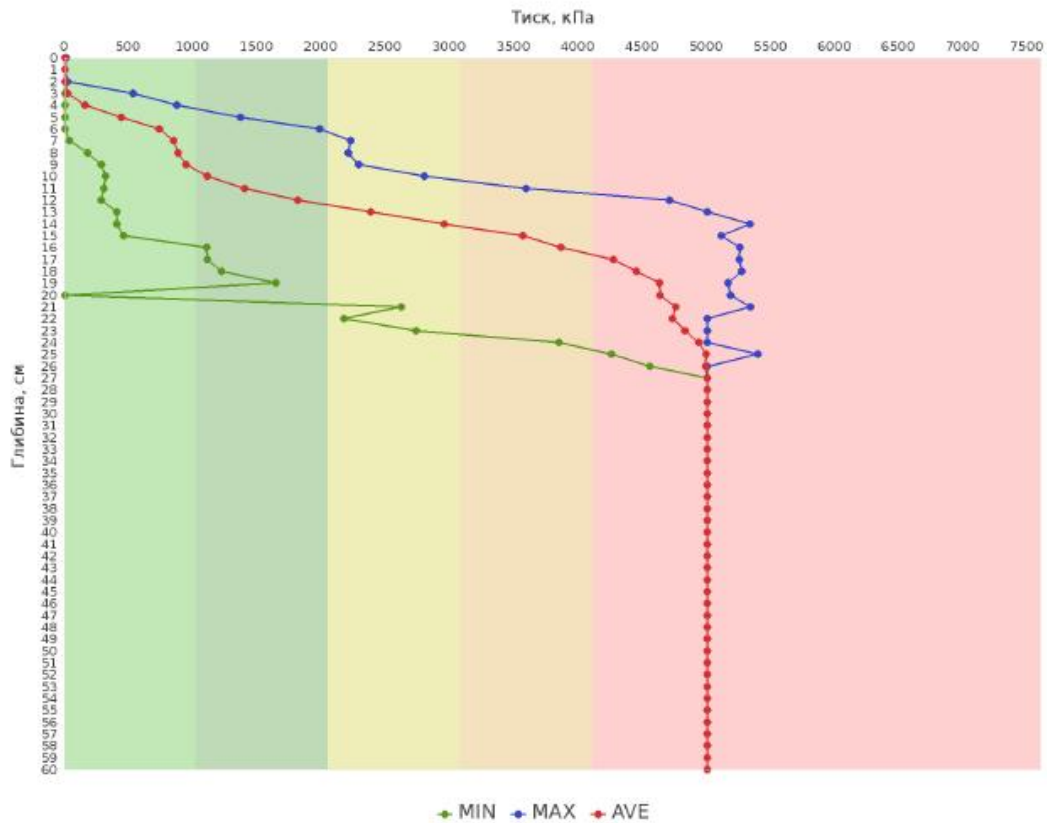


Рис.3.9. Загальний звіт по полю ID 19049.

Надалі визначимо щільність ґрунту аналітичним методом для двох технологій і порівняємо їх з експериментальними значеннями.

3.3. Екологічна оцінка технології за критерієм ущільнення ґрунту

Технологія No-till

Нагадаємо, що оптимальна щільність орного горизонту чорноземних ґрунтів дорівнює 1,0...1,3 г/см³. Нині щільність орного і підорного горизонтів ста-

новить від 1,4 г/см³ до 1,6, а іноді сягає 1,8 г/см³. Особливо вона висока в літньо-осінній період.

Завеликий вплив на ущільнення ґрунту мають осьові навантаження. Колісний трактор має, як правило, лише дві осі, гусеничні ж у більшості випадків – п'ять або шість. Це свідчить про те, що осьові навантаження є вищими у колісних тракторів, і осі спричиняють великий тиск у певному місці, збільшуючи ущільнення глиб.

Способи зменшення тиску на ґрунт завдяки застосуванню шин низького тиску, здвоєних і навіть строєних шин низького тиску, дають лише частковий ефект. Щоб зменшити тиск на ґрунт, необхідно збільшувати кількість осей, що характерно для гусеничних тракторів. Гусеничний трактор має, з рештою, таку саму вагу, що й колісний, але вона розподіляється по всій довжині трактора.

Складаючи технологічні карти і агрегати, в основному керуються вимогами агротехніки і не враховують негативні наслідки дії техніки на ґрунт.

Отже, щоб запобігти ущільненню ґрунту, необхідно:

- зменшити кількість виїздів на поле, обмежуватися лише конче потрібними, особливо навесні;
- перший обробіток краще проводити за нормальної вологості ґрунту, використовуючи для цього гусеничний трактор; вважається, що на 80 % ущільнення спричинено першими весняними виїздами трактора в поле;
- обмежити використання обладнання з великим навантаженням на осі.

Таким критеріям відповідає технологія No-Till, що розглядається нами.

Тому під час проектування механізованого технологічного процесу вирощування с.-г. культур визначають щільність ґрунту.

Щільність ґрунту після збирання с.-г. культур можна знайти аналітично і розраховується на наступною формулою:

$$\begin{aligned} \text{Щ}_{nz} &= \text{Щ}_{нк} \cdot K_{вщ} + \text{Щ}_0 + \Delta\text{Щ}_z \cdot T_{nz} \times \\ &\times \left(\frac{S_{щz,1}}{S_{zг,1}} + \frac{S_{щz,2}}{S_{zг,2}} + \dots + \frac{S_{щz,n}}{S_{zг,n}} \right) + \Delta\text{Щ}_к \cdot T_{нк} \times \end{aligned}$$

$$\times \left(\frac{S_{\text{цк},1}}{S_{\text{зк},1}} + \frac{S_{\text{цк},2}}{S_{\text{зк},2}} + \dots + \frac{S_{\text{цк},n}}{S_{\text{зк},n}} \right),$$

де $\text{Щ}_{\text{нк}}$ – щільність ґрунту після збирання попередньої с.-г. культури, г/см³; якщо цих даних немає, то приймається нормативне значення $\text{Щ}_{\text{нк}} = 1,5$ г/см³;

$K_{\text{вц}}$ – коефіцієнт, який враховує відновлення щільності; $K_{\text{вц}} = 0,05\text{--}0,10$;

Щ_0 – початкова щільність; $\text{Щ}_0 = 1,08\text{--}1,11$ г/см³;

$\Delta\text{Щ}_2$, $\Delta\text{Щ}_k$ – темп зростання щільності для гусеничних 0,025 г/см³ і колісних 0,03 г/см³ машин відповідно;

$T_{\text{н2}}$, $T_{\text{нк}}$ – кількість проходів відповідно гусеничної і колісної машин від початку весняно-польових робіт до закінчення збирання;

$S_{\text{ц2},1}$, $S_{\text{ц2},2}$, ..., $S_{\text{ц2},n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з гусеничною машиною, м;

$S_{\text{з2},2}$, ..., $S_{\text{з2},n}$ – ширина захвату агрегату з гусеничною машиною, м;

$S_{\text{цк},1}$, $S_{\text{цк},2}$, ..., $S_{\text{цк},n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з колісною машиною, м;

$S_{\text{зк},1}$, $S_{\text{зк},2}$, ..., $S_{\text{зк},n}$ – ширина захвату агрегату з колісною машиною, м.

Рівень екологічності за ущільненням ґрунту визначають за формулою

$$K_{\text{ец}} = \frac{\text{Щ}_{\text{ен}}}{\text{Щ}_{\text{нз}}},$$

де $\text{Щ}_{\text{ен}}$ – поріг ущільнення ґрунту; $\text{Щ}_{\text{ен}} = 1,5$ г/см³;

$\text{Щ}_{\text{нз}}$ – щільність ґрунту після збирання с.-г. культури.

Наведемо послідовність операцій в технологічній карті при вирощуванні соняшника на полі Т18 (табл. 3.2).

З табл. 3.2 обираємо ті операції, при виконанні яких здійснюються виїзди агрегатів безпосередньо у поле. Це такі: 2, 4, 6, 8, 10, 11, 12.

Так як це технологія No-till, то відповідно, ґрунтообробіток відсутній. Ми не беремо до уваги допоміжні операції: підвіз насіння, води, засобів захисту рослин, пального, транспортні операції на перевезенні зерна на тік, бо техніка, виконуючи їх, на поле не виїжджає. Всі операції із завантаження-

розвантаження технологічними матеріалами, заправка паливом відбувається на краю поля або безпосередньо на ґрунтовій дорозі. Перед проведенням збиральних робіт ґрунтові дороги обробляються грейдером.

Таблиця 3.2 – Фрагмент технологічної карти

№п/п	Операції	Склад агрегату		
		трактор	зчіпка	с.-г. м.
1	Перевезення зерна на поле та завантаження у сівалку	МХ-310		Kinze-1500
2	Сівба	Case STX-600		Horsch-Maestro-36,5
3	Транспортування води та хімікатів	МХ-310		Бочка
4	Хімічний захист від шкідників (Карате Зенон)	John Deere 4830		
5	Транспортування води та КАС	МХ-310		Бочка
6	Внесення КАС	John Deere 4830		
7	Транспортування води та хімікатів	МХ-310		Бочка
8	Хімічний захист від шкідників (Карате Зенон)	John Deere 4830		
9	Транспортування води та КАС	МХ-310		Бочка
10	Внесення КАС	John Deere 4830		
11	Пряме комбайнування	Case 9420		McDonFD75
12	Перевезення зерна на край поля	Case STX-600		Kinze-1500
13	Перевезення зерна на тік	VolvoFN-13		

На цих операціях застосовуються енергозасоби з такими характеристиками рушіїв та шириною захвату (табл. 3.3). Також з фрагменту технологічної карти визначаємо кількість проходів агрегатів протягом усього періоду вирощування с.-г. культури. Наприклад, якщо самохідний обприскувач John Deere 4830 застосовується чотири рази на одному і тому ж полі протягом всього періоду

вирощування пшениці озимої, то вказуємо це в табл. 3.3 і потім підставляємо у формулу (3.1).

Таблиця 3.3. – Технологічні характеристики агрегатів

Агрегат	Ширина шини трактора, м	Робоча ширина захвату, м	Кількість проходів
Case STX-600+ Horsch-Maestro-36,5	0,6	18	1
John Deere 4830	0,45	36	4
Case 9420+ McDonFD75	0,8	13,7	1
Case STX-600+ Kinze-1500	0,6	3	1

Агрегати Case ІН STX-600 та Case ІН 9420 на гусеничному ході, John Deere 4830 – на колісному.

Підставимо дані у формулу:

$$\begin{aligned} \text{Щ}_{\text{нз}} = & 1,5 \cdot 0,05 + 1,10 + 0,025 \cdot 4 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 2}{36}\right) + \\ & 0,03 \cdot 3 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 2}{18} + \frac{0,8 \cdot 2}{13,7} + \frac{0,6 \cdot 2}{3}\right) = 1,23 \text{ г} / \text{см}^3 \end{aligned}$$

Таким чином, розрахунки показали, що після проведення всього циклу вирощування пшениці озимої за технологією No-till щільність ґрунту знаходиться в оптимальних межах (1,1...1,3 г / см³).

Традиційна технологія. З табл. 3.4 обираємо ті операції, при виконанні яких здійснюються виїзди агрегатів безпосередньо у поле. Це всі операції, наведені в даній таблиці.

Таблиця 3.4 – Фрагмент технологічної карти

№п/п	Операції	Склад агрегату		
		трактор	зчіпка	С.-Г. М.
1	Дискування	ЮМЗ-8070	Не використовується	СТЕП-2,4
2	Оранка	ХТЗ-17021		ПЛП-6-35
3	Культивация	ЮМЗ-8070		КН-3,8
4	Культивация	ЮМЗ-8070		КН-3,8
5	Сівба з внесенням добрив	ЮМЗ-8070		СЗ-3,6
6	Внес гербіцидів і фунгіцидів	ЮМЗ-8070		ОПШ-15
7	Пряме комбайн	СК-5М-1 «Нива»		
8	Перевезення на тік	ГАЗ-САЗ-3309		

Таблиця 3.5. – Технологічні характеристики агрегатів

Агрегат	Ширина шини трактора, м	Робоча ширина захвату, м	Кількість проходів
ЮМЗ-8070+ СТЕП-2,4	0,35	2,4	1
ХТЗ-17021+ ПЛП-6-35	0,6	2,1	1
ЮМЗ-8070+ КН-3,8	0,35	3,8	2
ЮМЗ-8070 + СЗ-3,6	0,35	3,6	1
ЮМЗ-8070 + ОПШ-15	0,35	15	1
СК-5М-1 «Нива»	0,7	5,0	1
ГАЗ-САЗ-3309	0,3	2	1

Підставимо дані у формулу (3.1). Так як в даній технології не використовується гусеничні трактори, то у формулі нехтуємо цим доданком і враховуємо лише частину формули з розрахунками колісної техніки.

Тоді:

$$\begin{aligned}
 \text{Щ}_{\text{нз}} = & 1,5 \cdot 0,05 + 1,10 + 0,03 \cdot 8 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 2}{2,5} + \frac{0,6 \cdot 2}{2,1} + \frac{0,35 \cdot 2}{3,8} + \right. \\
 & \left. + \frac{0,35 \cdot 2}{3,8} + \frac{0,35 \cdot 2}{3,6} + \frac{0,35 \cdot 2}{15} + \frac{0,7 \cdot 2}{5} + \frac{0,3 \cdot 2}{2} \right) = 1,662 / \text{см}^3
 \end{aligned}$$

Таким чином, бачимо, що на даному полі відбулося переущільнення ґрунту – 1,66 г / см³ проти 1,3 г см³ максимум за нормою. Отже, доведений факт переущільнення рушіями тракторів на даному полі доведений дослідженнями і аналітичним розрахунком.

Розрахуємо коефіцієнт екологічності за двома технологіями за формулою:

$$K_{ee} = \text{Щ}_m / \text{Щ}_\delta$$

де Щ_m – щільність ґрунту після збирання врожаю при певній технології, г/см³;
 Щ_δ – критично допустима щільність ґрунту, рівна 1,5 г/см².

Таким чином, за нульової технології коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту складе:

$$K_{ee \text{ нульова}} = 1,23 / 1,5 = 0,82.$$

Якщо коефіцієнт знаходиться в межах менше одиниці, то технологія задовольняє вимогам екології.

Для традиційної технології K_{ee} складе:

$$K_{ee \text{ традиц}} = 1,66 / 1,5 = 1,10.$$

Отже, за традиційної технології ґрунт знаходиться в переущільненому стані і необхідно надати рекомендації по розущільненню ґрунту.

3.4. Рекомендації по розущільненню ґрунту технологією TopSoil Mapper Case IH

Так як на полі ID 19049 виявлена нестабільна як за глибиною, так і за площею, то пропонуємо здійснити заходи щодо розущільнення плужної підшви за допомогою технології TopSoil Mapper, розроблений фірмою Case IH.

Дана технологія передбачає диференційований за глибиною обробіток. Необхідна глибина обробітку встановлюється методом сканування за допомогою сканера, який встановлюється перед агрегатом (рис.3.10), дані передаються в бортовий комп'ютер трактора, який, у свою чергу, віддає команди на виконавчий механізм і глибина обробітку змінюється автоматично.

Суміщення обробки даних, які надаються обладнанням здійснюється програмою ISOBUS.

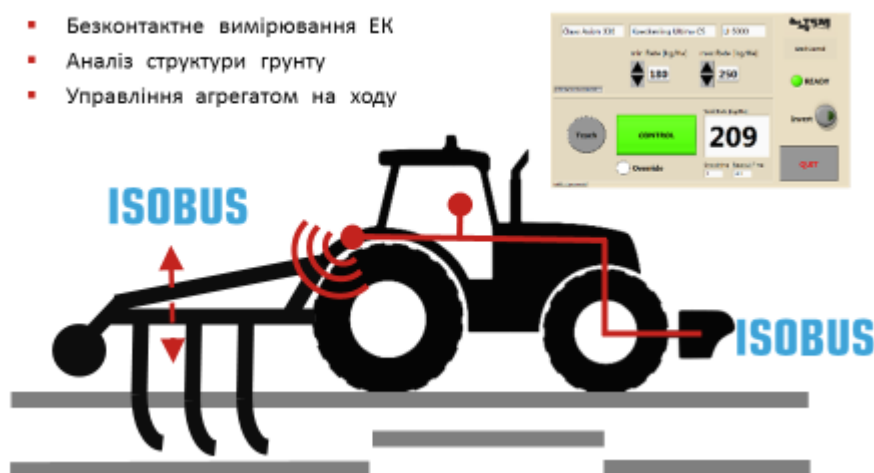


Рис.3.10. Схема диференційованого обробітку ґрунту технологією TopSoil Mapper

Також агрегат може змінювати глибину обробітку за завчасно наданою картою завдання. Наприклад, якщо ми передамо карту твердості, наприклад на глибині 20 см в бортовий компютер трактора, ми зможемо відмовитись від сканера, а працювати за даною картою. Програмне забезпечення пенетрометра SkokAgro формує базу даних у форматі Shape, що дозволяє безконфліктно працювати з програмою ISOBUS і TopSoil Mapper.

Надамо карту завдання в ISOBUS для глибини вимірювань 20 см. Карта має вигляд (рис.3.11).

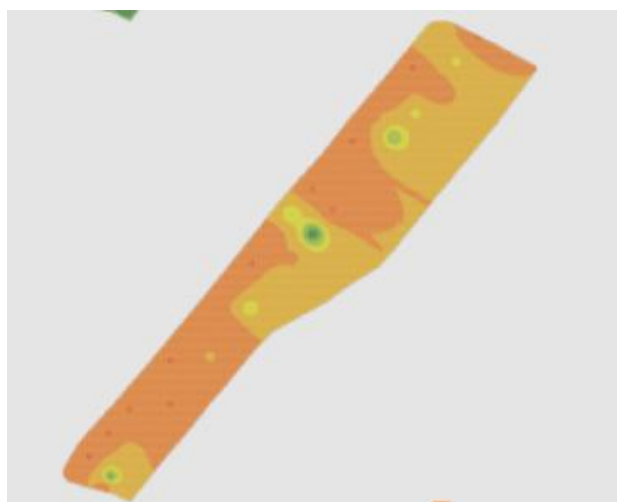


Рис.3.11. Вигляд карти твердості ґрунту на глибині 20 см.

Для цього в особистому кабінеті виділимо дані, отримані пенетрометром з глибини 20 см (рис.3.12). Далі, натисненням кнопки “Export Shapefiles” (виділено овалом) експортуємо дані з цього шару вимірювань на носій пам’яті (флеш-карту), з якої потім копіюємо їх в бортовий комп’ютер агрегату.



Рис.3.12. Інтерфейс особистого кабінету тердоміра SkokAgro при експортуванні даних для диференційованого обробітку.

Для того, щоб виконати диференційований обробіток на задані глибини необхідно провести налаштування агрегату. Технологію налаштування агрегату показано за укрупненою схемою (рис.3.13).



Рис.3.13. Укрупнена принципова схема налаштування агрегату на диференційований обробіток ґрунту.

Так як встановлено, що залягання плужної підшви вже на глибині 19 см приймає катастрофічний характер, бо зусилля навантаження складає 5000 кПа, що свідчить про наявність значного ущільнення – очевидно плужної підшви на цій глибині, приймаємо мінімальну глибину обробітку – 20 см.

Таким чином, агрегат буде працювати з глибокорозпушувачем на глибину 20 см мінімум, а в місцях появи плужної підшви на глибині 19 см, відбуватиметься заглиблення до 30 см.

Висновки по розділу. Встановлено, що поле Т18 не піддалося негативній дії рушіїв техніки, знаходиться в доброму стані за критерієм твердості ґрунту і сприятливим для вирощування с.-г. культур. Найбільше значення твердості ґрунту – 2500 кПа – вказує на те, що його можна віднести до умовного стану як «пухкий» та «відносно пухкий в орному шарі ґрунту та «середньої твердості» у підорному. Розрахована щільність ґрунту за нульової технології складає 1,23 г/см³, що знаходиться в допустимих межах. Коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту – 0,82.

Поле ID 19049 знаходиться в стані деградації за критерієм ущільнення ґрунту. Максимальне значення твердості складає 5000 кПа на глибині 19 см, вибірково, не на всій площі. Розрахована щільність складає 1,66 г/см³, а коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту складає 1,10, що свідчить про значне переущільнення орного та підорного шарів.

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

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Суть охорони праці

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

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

Закон “Про охорону праці” покладає на власників підприємств обов'язки по забезпеченню здорових і безпечних умов праці. Охорону праці необхідно розглядати, прив'язуючись до конкретного виробництва. Усі заходи з охорони праці тісно пов'язані з організацією виробництва, економікою, технічною естетикою і т.д.

4.2. Аналіз шкідливих факторів при роботі з пенетрометром S600

Вимірювання твердості ґрунту пенетрометром проводиться, як правило, навесні, при настанні фізичної стиглості ґрунту та після проведення збиральних робіт. Основними негативними факторами при проведенні вимірювань навесні можуть бути:

- сильні вітри (більше 9 м/с);
- можливе переохолодження людей – через проведення робіт на початку-в середині квітня;
- можливе попадання дослідника в зону дії машинно-тракторних агрегатів (при проведенні весняно-польових робіт і вимірювань на одному полі)
- інші можливі негативні фактори.

Основними негативним факторами, що діють на людину при вимірюванні твердості ґрунту влітку та восени після збирання урожаю є:

- робота під прямим сонячними променями – ризик сонячного або теплового удару;
- ризик обвітрювання;
- можливе попадання дослідника в зону дії машинно-тракторних агрегатів, особливо машин із захисту рослин;
- інші фактори (наприклад, дія пилу).

Тому такі роботи необхідно проводити на безпечній відстані (рис.4.1) від роботи агрегатів та збиральних машин.



Рис.4.1. Дослідження автором проводилися на безпечній відстані від дії збиральних машин.

4.3. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників

Враховуючи матеріал, викладений в п.4.2. необхідно навести уточнені організаційні та технічні заходи, що забезпечать нормальні умови роботи і здоров'я працівників.

Організаційні заходи:

- роботи з вимірювання твердості ґрунту необхідно проводити на безпечній віддалі від агрегатів, що можуть працювати на полі або після проведення технологічної операції;

- проводити роботи у сприятливу погоду за кліматичних умов в межах допустимих норм: за температури 20...25°C, швидкості вітру 4...9 м/с без поривів, відносній вологості повітря 60...80 %;

- повинен бути присутній мобільний зв'язок (GSM).

Технічні заходи.

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

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

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

Обробку результатів необхідно проводити в приміщенні. Допускається обробляти результати на краю поля в безпечному місці за наявності доступу до інтернету.

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

4.4. Правила безпечного виконання робіт при роботі пенетрометром S600

Перед використанням пенетрометра необхідно вивчити інструкцію з експлуатації та послідовно виконати всі дії, пов'язані із правильним запуском приладу. Після увімкнення перевірити рівень заряду батареї та переконатись у тому, щоб його вистачило для роботи протягом зміни без заряджання.

Після створення карти точок вимірювань, користуючись нею в додатку мобільного телефону, рухатись від точки до точки за найближчим маршрутом.

Про роботі постійно контролювати навколишню обстановку та погоду.

Звертати увагу на агрегати, які можуть бути в зоні видимості; якщо агрегат виконує технологічну операцію ближче 100 м – дати виявити себе, щоб оператор також зміг побачити, що поряд працює людина (чи група людей).

4.5. Розробка вимог безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації

Наведемо вимоги безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.

Вимоги безпеки праці перед початком роботи з пенетрометром.

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

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

1. Не допускати до роботи осіб, які не вивчили будову та принцип роботи пенетрометра.
2. Не допускати до роботи в полі осіб, що не пройшли інструктаж з охорони праці, про що повинен бути зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.
3. Перевірити комплектність та справність пенетрометра.

4. Перед початком роботи на полі, необхідно впевнитися в безпечних умовах на полі на всій площі вимірювань.

Вимоги безпеки праці під час проведення робіт.

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

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

3. Забороняється розбирати пенетрометр для усунення неполадок на ґрунті. Такі роботи можна виконувати на спеціальному брезенті.

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

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

Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях

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

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

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

Вимоги безпеки праці після виконання робіт

1. Передати дані вимірювань за допомогою GSM-зв'язку, вбудованому в прилад.

2. Очистити прилад від залишків технологічного матеріалу.

3. Пересвідчитися у відсутності пошкоджень приладу.

4. Скласти пенетрометр у відповідності до інструкції з експлуатації та упакувати в сумку.

Висновки по розділу. Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1. Суть економічного ефекту

При проведенні ґрунтообробних робіт, направлених на усунення плужної підшви, як правило, обробіток проводиться на всій площі поля. При використанні даних, отриманих від цифрового пенетрометра S600, відбувається фіксація глибини і площі залягання плужної підшви. При цьому, це може відбуватися не на всій площі поля, тобто наявність плужної підшви носить дискретний характер. Внісши отримані дані у форматі Shapefiles в карту завдань, наприклад, в програмне забезпечення TopSoil Mapper, ґрунтообробний агрегат – глибокорозпушувач – буде виконувати руйнування плужної підшви у місцях, де вона є, а не проводити суцільний обробіток на однакову глибину (45...50 см) на всій площі поля. На ділянках, де плужна підшва відсутня, необхідно провести виглиблення глибокорозпушувача на меншу глибину, достатню для основного обробітку ґрунту – до 25...30 см. Таким чином, при обробітку таких ділянок зростатиме продуктивність агрегату, а витрата пального знижуватиметься.

У цьому й полягає суть економічного ефекту: проводити дискретне за глибиною розпушення ґрунту.

5.2. Розрахунок економічної ефективності

Проведемо розрахунки для двох ґрунтообробних агрегатів у випадку проведення робіт на всій площі і дискретно.

Продуктивність агрегатів визначимо за класичною формулою:

$$W_{зм} = 0.1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau,$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

V_p – робоча швидкість агрегату, м/с;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, приймаємо 7 год.;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни, приймаємо в межах 0,7...0,9.

Витрата палива на агрегату на ґрунтообробці складе:

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_n \cdot T_n + Q_s \cdot T_s,$$

де $Q_p T_p; Q_x T_x; Q_n T_n; Q_3 T_3$ – витрати палива (кг/год) і витрати часу (год) протягом зміни відповідно до основної роботи, при холостих поворотах, переїздах і зупинках.

Візьмемо для прикладу фактично виконану роботу глибокорозпушувачем у складі трактора Case IH 240 Magnum + EcoloTiger 30C + Topsoil Mapper (рис.5.1).



Рис.5.1. Трактор Case IH 240 Magnum, обладнаний системою Topsoil Mapper

З отриманої нами раніше карти зон ущільнення ґрунту на глибині 20 см (рис.5.2) проводимо розподіл глибини обробітку на дві зони:

- перша зона з глибиною обробітку 30 см на ділянках, де ущільнення знаходиться на глибині 10...15 см;
- друга зона з глибиною обробітку 50 см на ділянках, де ущільнення знаходиться на глибині більше 20 см.

Проведемо розрахунки. Емпірично отримано, що швидкість руху агрегату при роботі на глибину 30 см складала 10,5 км/год; а при роботі на глибину 50 см – 8,2 км/год. Розрахуємо продуктивність агрегату при:

- глибині обробітку 30 см:

$$W_{зм} = 0.1 \cdot 3,8 \cdot 10,5 \cdot 7 \cdot 0,85 = 23,74 \text{ га / зм.}$$

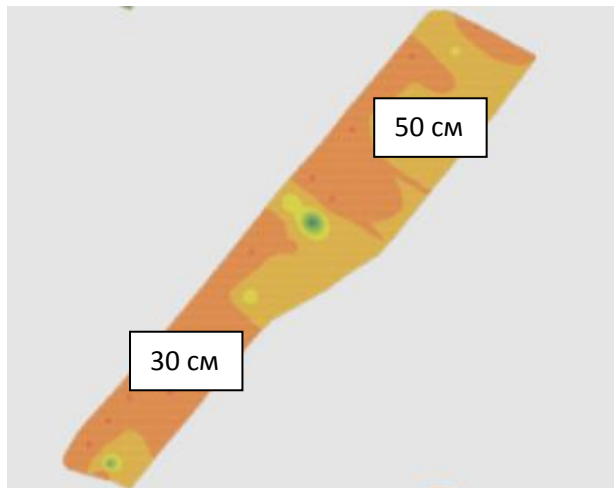


Рис.5.2. Візуалізація ділянок з глибиною обробітку.

- глибині обробітку 50 см:

$$W_{зм} = 0.1 \cdot 3,8 \cdot 8,2 \cdot 7 \cdot 0,85 = 18,54 \text{га} / \text{зм}.$$

Згідно схеми (рис.5.2) встановлено, що площа ділянки поля, на якій проведиметься обробіток на глибину 50 см складає 32,3% від загальної. Тобто, з продуктивністю 18,54 га /зм буде оброблятися площа поля $15,5 \cdot 0,323 = 5,00$ га.

Витрата пального на цих ділянках складе, відповідно:

- глибині обробітку 30 см:

$$Q_{зм}^{30см} = 33 \cdot 3,09 + 3 \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 5,5 + 4 \cdot 0,1 = 105,24 \text{кг}$$

- глибині обробітку 50 см:

$$Q_{зм}^{50см} = 38 \cdot 1,89 + 3 \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 5,5 + 4 \cdot 0,1 = 75,09 \text{кг}$$

В сумі, на все поле витрата пального складе 180,33 кг.

У випадку, якби обробіток проводився на всьому полі на глибину 50 см, втрата пального склала б:

$$Q_{зм}^{50см} = 38 \cdot 15,87 + 3 \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 5,5 + 4 \cdot 0,1 = 226 \text{кг}$$

Також, бортовим комп'ютером трактора Case IH 240 Magnum під час обробітку зафіксовані такі робочі параметри:

При обробітку на глибину 30 см: відносне тягове зусилля – 78 %; буксування коліс – 12 %.

При обробітку на глибину 50 см: відносне тягове зусилля – 94 %; буксування коліс – 16%.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники ефективності диференційованого обробітку поля

Параметр	Одиниця вимірювання	Спосіб обробітку	
		Традиційний	Диференційований
Агрегат	-	Case IH 240 Magnum + EcoloTiger 30C	Case IH 240 Magnum + EcoloTiger 30C + Topsoil Mapper
Пенетрометр		-	S 600
Продуктивність	га/зм	23,74	18,54
Буксування рушіїв	%	16	12...16
Тягове зусилля	%	94	78...94
Глибина обробітку	см	50	30...50
Загальна витрата пального	кг	226	180
Витрати на роботу пенетрометра	грн	-	775
Вартість пального	грн	5650	4500
Економічний ефект	грн	-	375
Економічний ефект у розрахунку на 100 га	грн	-	2418

Таким чином, з даних, наведених в табл.5.1 бачимо, що навіть при застосуванні диференційованого обробітку ґрунту на полі, площею 15,5 га економічний ефект буде позитивний. Зі зростанням площі обробітку, ефект також буде зростати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сьогодні традиційна технологія вирощування с.-г. культур, з інтенсивним механічним обробітком ґрунту залишається ще досить розповсюдженою. І часто виконується вона з порушеннями до основних вимог збереження ґрунтів. Наприклад, ранні виїзди в поля: внесення мінеральних добрив по мерзлоталому ґрунту спричинює локальні великі ущільнення, в тих місцях, де ґрунти вже відтали. Наступні, більш масштабні ущільнення відбуваються навесні при виконанні основної та передпосівної культивуації. В цей час ґрунти ще мають достатню кількість вологи і є уразливими до ущільнення рушіями. Таким чином, за традиційних технологій, необхідно мати інструмент контролю щільності ґрунту, як екологічного показника.

2. Наведена методика вимірювання твердості ґрунту цифровим пенетрометром S600 з допомогою GPS and GSM зв'язку та формування звітів у форматі PDF . Вимірювання проведено на двох полях, з різними технологіями вирощування пшениці озимої: нульовою і традиційною.

3. Встановлено, що поле T18 не піддалося негативній дії рушіїв техніки, знаходиться в доброму стані за критерієм твердості ґрунту і сприятливим для вирощування с.-г. культур. Найбільше значення твердості ґрунту – 2500 кПа – вказує на те, що його можна віднести до умовного стану як «пухкий» та «відносно пухкий в орному шарі ґрунту та «середньої твердості» у підорному. Розрахована щільність ґрунту за нульової технології складає $1,23 \text{ г/см}^3$, що знаходиться в допустимих межах. Коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту – 0,82.

4. Поле ID 19049 знаходиться в стані деградації за критерієм ущільнення ґрунту. Максимальне значення твердості складає 5000 кПа на глибині 19 см, вибірково, не на всій площі. Розрахована щільність складає $1,66 \text{ г/см}^3$, а коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту складає 1,10, що свідчить про значне переущільнення орного та підорного шарів.

5. Розроблені заходи щодо проведення розуцільнення ґрунту шляхом диференційованої обробки по глибині із застосуванням технології TopSoil Mapper.

6. Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом.

7. Економічний ефект при диференційованій обробці ґрунту застосуванням технології Topsoil Mapper та цифрового пенетрометру S600 складає близько 2500 грн у розрахунку на 100 га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Harari Y. Sapiens. A Brief History of Humankind / Yuval Harari – London: Harvill Secret, 2014. – 444 p.
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. Сторінка доступу: <https://mepr.gov.ua/>
3. 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.
4. 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.
5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288с.
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/>. Дата останнього звернення: 07.11.2020 р.
8. 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.
9. 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.

10. Пивовар П.В. Методологічні основи аналізу економічної ефективності використання машинно-тракторного парку / П.В. Пивовар // Вісн. ЖНА-ЕУ (економічні науки) – 2010. № 2 (27). – с. 42-51.

11. 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.

12. Руденко М.В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект / Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. Том 30 (69). № 6, 2019 р., с. 30 – 37.

DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-6-28>

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. 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.3, 1996. – 480с.

17. Технологія Topsoil-Mapper. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.topsoil-mapper.com/>. Дата останнього звернення 07.02.2021 р.

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

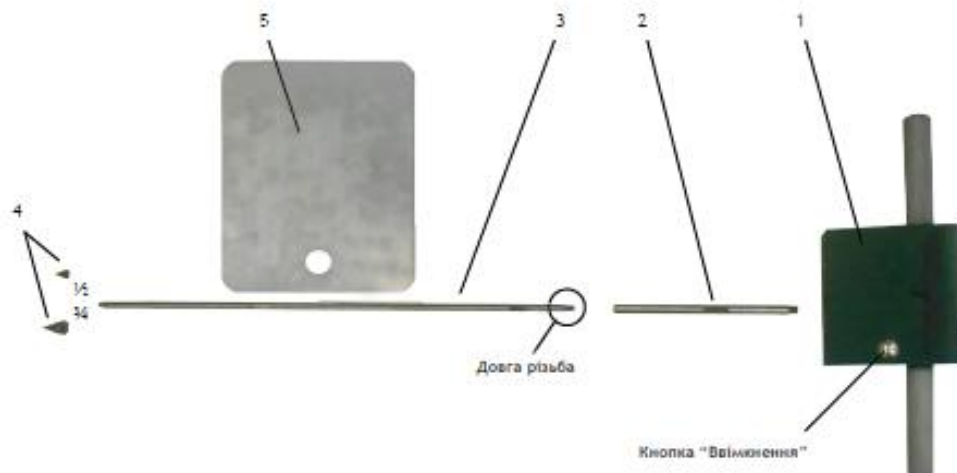
Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600



Версія 1.3
2019 рік

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

Назви основних робочих частин приладу:



1. Вимірювальний блок.
2. Щуп для з'єднання з тензодатчиком.
3. Вимірювальний щуп.
4. Наконечники 1/2 для звичайних ґрунтів, 3/4 для піску, або дуже вологого ґрунту.
5. Пластина для визначення глибини занурення щупа.

Підготовка до роботи:

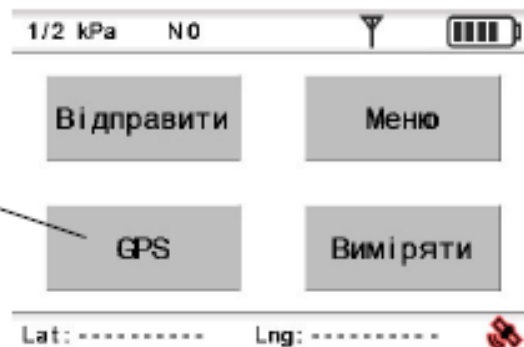
- Спочатку укручуємо (Щуп для з'єднання з тензодатчиком #2) в (Вимірювальний блок #1) отвір внизу.
- Потім укручуємо (Вимірювальний щуп #3) довгим різьбленням в (Щуп для з'єднання з тензодатчиком #2)
- Накручуємо потрібний (наконечник #4)
- Включаємо (Вимірювальний блок #1) затиснувши кнопку "Ввімкнення" на 5 секунд.

Налаштування вимірювального блока:

Після запуску приладу ви побачите стартовий екран.

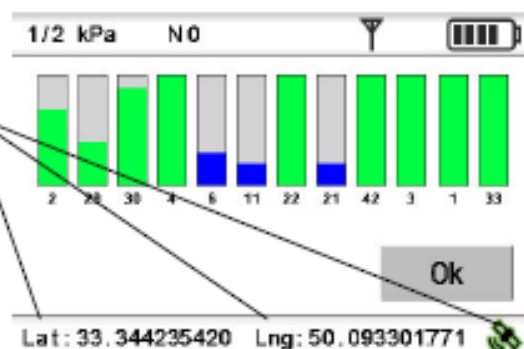
Бажано дочекатися визначення GPS-координат.

Для перегляду статусу пошуку натисніть на кнопку "GPS".

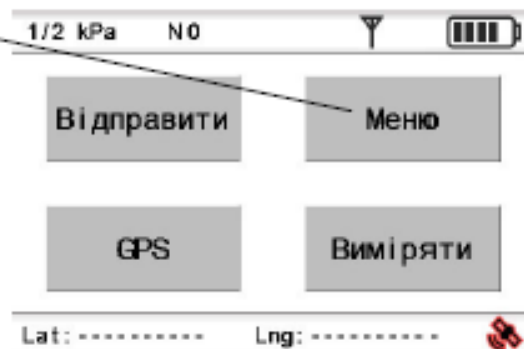


GPS-координати буде визначено коли іконка супутника змінить колір на зелений, та в полях Lat та Lng з'являться координати.

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



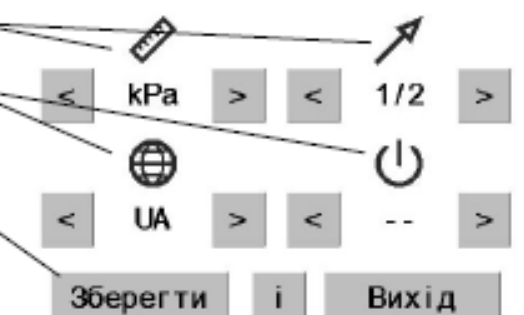
Для зміни налаштувань перейдіть в пункт "Меню"



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

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 щип 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  

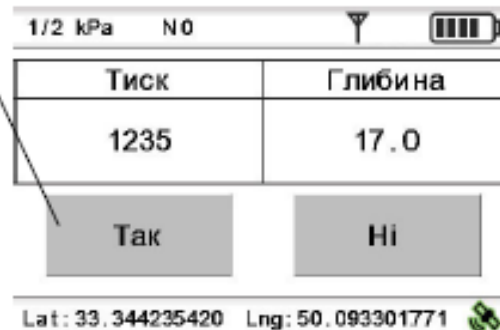
Тиск	Глибина
127	1.0

Ні

Lat: 33.344235420 Lng: 50.093301771 

Процес вимірювання:

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



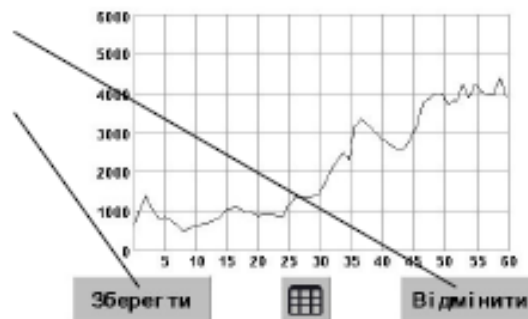
Після занурення на глибину 60 см твердомір видасть таблицю з результатами виміру.

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



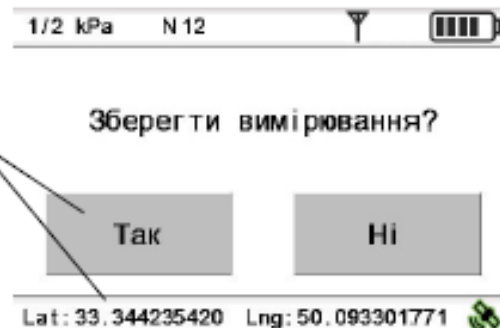
Якщо Ви бажаєте відмінити вимір натисніть "Відмінити".

Для збереження виміру натисніть "Зберегти".



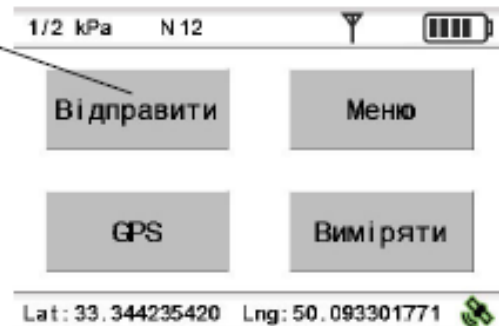
На екрані з'явиться вікно з підтвердженням збереження вимірювання та перевіркою сигналу супутника.

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



Відправка даних:

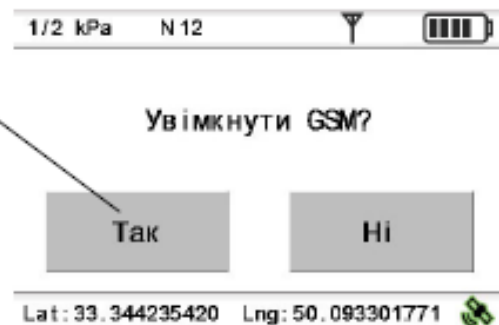
Для відправки даних на сервер натисніть кнопку "Відправити"



Увімкніть GSM-модуль натиснувши кнопку "Так".

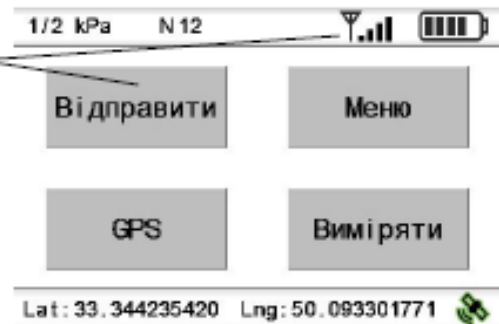
Майте на увазі що GSM-модуль в зонах із слабким зв'язком має велике споживання заряду батареї.

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

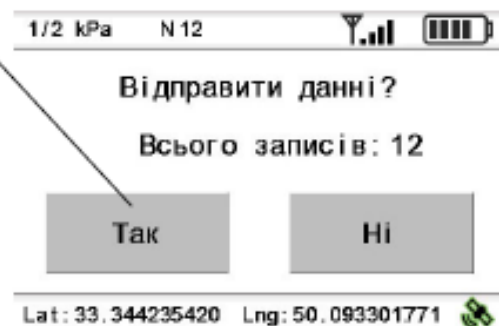


Після активації GSM-модуля з'явиться індикація рівня сигналу GSM.

Після цього повторно натисніть на кнопку "Відправити".



Для підтвердження відправки даних натисніть кнопку "Так".



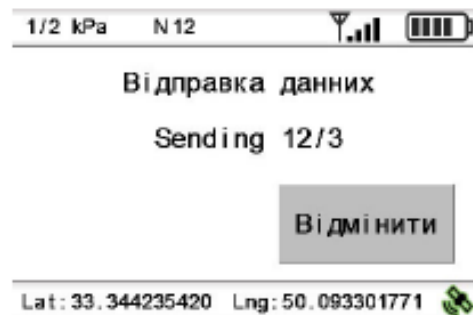
Відправка даних:

Дочекайтесь відправки даних.

У випадку якщо пропаде зв'язок, дані які не встигли відправитися на сервер залишаться в пам'яті приладу.

Для їх відправки перезавантажте прилад та повторно увімкніть GSM в зоні кращого сигналу.

Після успішної відправки даних Ви побачите повідомлення "Send done."



Send done.

Ok

Розшифровка піктограм:



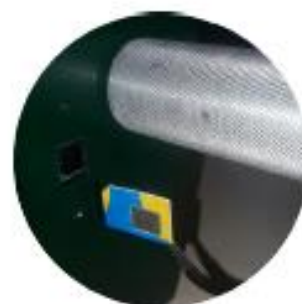
Заміна sim-карти

ВАЖЛИВО: Перед заміною sim-карти треба виключити вимірювальний блок.

Відкрутіть захисну кришку sim-карти, шестиграним ключем 2 мм.



Вставте sim-карту так як показано на малюнку.



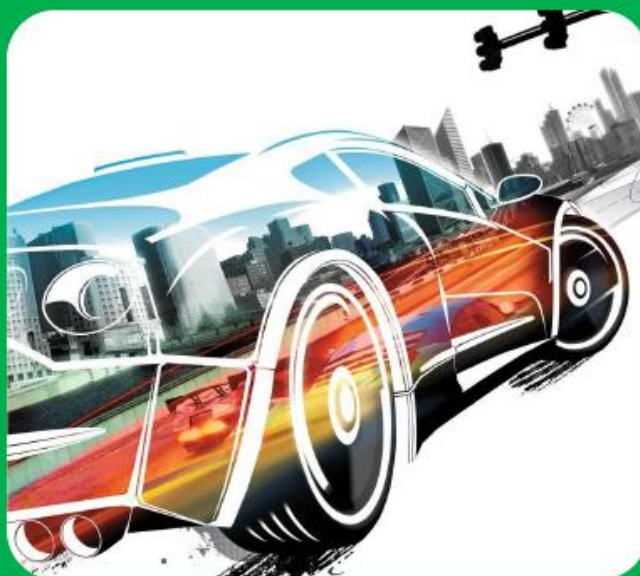
Плавню до легкого звуку "клац" просуньте sim-карту.



Закрутіть назад захисну кришку.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Збірник наукових матеріалів
Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції

"Інноваційні технології розвитку та
ефективності функціонування
автомобільного транспорту"

Давайте розглянемо приклад технології автомобіля без водія. Ідея з'явилася ще в 1990-х. Перший прототип був представлений в 2004 році, десять років тому. Але тільки зараз, через 20 років від появи ідеї, технологія починає виходити на ринок, і більшість з нас все ще не має подібного авто. Іншими словами, процес появи нових технологій займає набагато більше часу, ніж багато хто думає" - Ерік Шмідт, голова ради директорів компанії Google

Кропивницький - 2020

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету:

Черновол Михайло Іванович, д.т.н., професор, член-кореспондент НААНУ, ректор Центральноукраїнського національного технічного університету, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, м. Кропивницький, Україна.

Заступники голови оргкомітету:

Левченко О.М., д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький, Україна.

Аулін В.В., д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький, Україна.

Члени оргкомітету

Івашко Віктор Сергійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічної експлуатації автомобілів, Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь;

Юзеф Орчик, д.е.н., проф., ректор Вищої школи банкова, м. Познань, Польща.

Ігор Кабашкін, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

Анджей Здуняк, д.е.н, проф., Вища школа безпеки, м. Познань, Польща;

Олександр Граковскі, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

Рамунас Пальшатіс, PhD, професор, Вільнюський технічний університет імені Гедимінаса, м. Вільнюс, Литва;

Анджей Невчас, PhD, професор, Люблінський технологічний університет, м.Люблін, Польща;

Сахно Володимир Прохорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна;

Біліченко Віктор Вікторович, д.т.н., професор, завідувачу кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, Україна;

Войтов Віктор Анатолійович, д.т.н., проф. завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Горбачов Петро Федорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м.Харків, Україна;

Квасніков Володимир Павлович, д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електро-технічних систем і технологій, Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна;

Войтюк Валерій Дмитрович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

Новицький Андрій Валентинович, к.т.н., доцент завідувач кафедри надійності техніки; Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

Ляшук Олег Леонтійович, д.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна;

Алфьоров Олексій Ігорович, к.т.н., доцент, проректор з навчально-методичної роботи, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Кристочук Михайло Євгенович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

Герук Станіслав Миколайович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри агроінженерія, Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна;

Борак Костянтин Вікторович к.т.н., заступник директора Житомирського агротехнічного коледжу, м. Житомир, Україна.

Мурований Ігор Сергійович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна;

Марчук Микола Михайлович, к.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

Кравцов Андрій Григорович, к.т.н., доцент, декан факультету технологічних систем і логістики, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Дзюра Володимир Олексійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій, начальник НДЧ, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна;

Роговський Іван Леонідович, к.т.н., старший науковий співробітник, директор НДІ техніки і технології, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

Цимбал Сергій Володимирович, к.т.н., заступник завідувача кафедри автомобілів та транспортний менеджмент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри експлуатації машино-тракторного парку, Дніпровський державний агроекономічний університет, м. Дніпро, Україна.

Лисенко Сергій Володимирович, к.т.н. доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна;

УДК 620.178.162

**ВПЛИВ ФУЛЕРЕНОВМІСНИХ ОЛИВ НА ФРИКЦІЙНУ ВЗАЄМОДІЮ
МЕТАЛЕВИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ**

**Деркач О.Д., к.т.н., доц.; Кабат О.С., к.т.н., доц.; Владімеров О.О.,
Семейко І.В., магістри**
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Abstract

The influence of fullerenes' soot concentration, which added to oil M10r2k on few tribotechnical characteristics «steel-steel» was investigated. It was found, that optimal volume of fullerene soot in the oil was 0,1% of the weight. At this level of concentration can be seen the lowest values of coefficient of friction – 0,045, and intense of linear wearing - $2,7 \times 10^{-9}$. Through optical investigation the participation of fullerene soot in surface forming mechanism and saturated with carbon was confirmed, it provided an increase in tribotechnical characteristics of the samples.

Keywords: fullerene soot, oil, concentration, tribotechnical characteristics.

Вступ

Підвищення надійності та довговічності роботи вузлів тертя машин і механізмів, які працюють за умови високих навантажень, швидкостей та температур, є актуальним завданням і вирішується воно різними методами [1-2]. Почасти, його можна вирішити за рахунок підвищення змащувальних якостей мастильних матеріалів. Це значно зменшить температурне навантаження, силу тертя та величину зношування робочих поверхонь деталей, що труться. Як відомо, до олів пред'являються ряд вимог, серед яких виділимо наступні: високі мийні та протизносні властивості, здатність виводити продукти зносу із зони тертя, зниження температурного навантаження і коефіцієнта тертя. Ще ряд інших вимог забезпечують багаточисленні присадки, що додаються до олів. Проте, сьогодні створилися передумови до створення змащувальних матеріалів з високими змащувальними якостями, що вирішують проблеми безрозбірного відновлення робочих поверхонь трибосистем. Одним із шляхів підвищення змащувальних якостей олів є використання модифікуючих присадок, зокрема, фулеренів.

Аналіз попередніх досліджень

Ефективним є застосування фулеренів в якості модифікаторів пластичних мастил і олів [3]. Також, досліджувалося використання карбонових мікросфер у якості наповнювачів олів [4]. В обох випадках, додавання фулеренових матеріалів призводило до зниження коефіцієнта тертя і зносу. Очевидно, що застосування фулеренів у оливах забезпечує зміну характеру тертя при

фрикційній взаємодії сталевих деталей за рахунок трибохімічних реакцій у зоні контакту [5]. Це дозволяє значно зменшити тертя та зношування деталей у вузлах машин і механізмів, що сприяє підвищенню їх надійності та довговічності. Отримані залежності змащувальних властивостей олив, наповнених фулеренами C_{60} від в'язкості мінеральної основи [6]. Встановлено, що застосування фулеренів дозволяє не тільки зменшити тертя та зношування деталей, що знаходяться у фрикційній взаємодії, а і відновлювати пошкоджені поверхні тертя. Виявлено, що низькі коефіцієнт тертя та знос забезпечуються за рахунок прокатки сферичних наночастинок [7]. Тобто, зниження коефіцієнта тертя забезпечується не стільки ефектом ковзання, скільки ефектом перекошування молекул та їх груп по поверхнях тертя робочих тіл. Таким чином, можна стверджувати, що завдяки своїм фізико-хімічним властивостям фулерени можуть впливати на зменшення тертя та зношування деталей при фрикційній взаємодії і у середовищі модифікованих ними олив [8 – 11].

Постановка проблеми

Однак застосування фулеренів в оливах сьогодні є надто дорогим і економічно не виправданим процесом при застосуванні, наприклад, у сільськогосподарському машинобудуванні. Проте, при отриманні фулеренів утворюються побічні продукти, серед яких науковий інтерес представляє фулеренова сажа (ФС), яка у своїй структурі може містити до 10 % мас. фулеренів. Описані вище результати створюють передумови для досліджень впливу ФС і на трибосистеми типу «сталь-сталь». Передбачається, що ці матеріали також можуть бути ефективним модифікатором олив. Особливо це стосується модифікації недорогих широкоживаних олив, таких як, наприклад, M10г2к. Тому актуальним завданням є визначення впливу ФС на змащувальні властивості олив при фрикційній взаємодії металевих трибоспряжень.

Мета і завдання

Мета роботи полягала у визначенні впливу фулереновмісної оливи шляхом дослідження трибологічних властивостей пари тертя «сталь-сталь» при використанні ФС.

Для досягнення мети вирішували завдання:

- дослідження фрикційної взаємодії пари тертя «сталь-сталь» при змащуванні модифікованою ФС оливою.

Результати вирішення основних завдань

Для проведення досліджень були підготовлені оливи, модифіковані 0,1; 0,3 та 0,5% мас. ФС. Такий діапазон концентрації модифікатора було вибрано відповідно і до власних попередніх робіт [12, 13].

Результати досліджень зміни коефіцієнта тертя пари тертя «сталь-сталь» при фрикційній взаємодії у середовищі вихідного та модифікованого мастила наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Деякі властивості зразків змащувальних композицій

	Контроль	ФС, % мас.		
		0,1	0,3	0,5
Коефіцієнт тертя f_{mp}	0,052	0,045	0,052	0,057
Температура в зоні контакту T , °C	95	85	89	101
Інтенсивність зносу, $I \times 10^{-9}$	3,2	2,8	3,2	5,2
Шорсткість поверхні R_a , мкм	0,39	0,25	0,23	0,21

Відповідно до результатів досліджень отримані концентраційні залежності мають системно зростаючий характер. Виявлено, що в області концентрацій модифікатора ФС 0,1 % спостерігається зниження значення коефіцієнту тертя, температури та значне – інтенсивності лінійного зношування (табл.1). Причому зменшення цих параметрів коливається в межах 10-20% менше, ніж при терті у не модифікованій оливі. Із зростанням масової долі ФС у оливі, усі вказані параметри стабільно зростають. Вже при масовій долі ФС у оливі 0,5 % значення коефіцієнта тертя f_{mp} перевищило значення у базовому варіанті. Це пов'язано з тим, що негативна дія відходів, як основи ФС, проявляється у вигляді абразивного зношування, а позитивна дія фулеренів, недостатня і не компенсує зношування елементів трибоспряження.

Відомо [14, 15], що фулерени, навіть у малих кількостях здатні активно формувати структури на поверхнях тертя. Це призводить до утворення твердої і пружної антифрикційної плівки, яка підвищує трибологічні властивостей пари тертя, що ми і виявили.

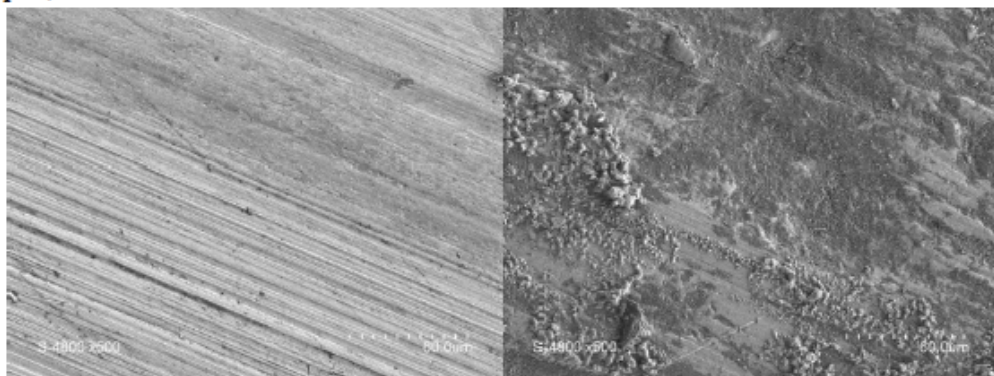


Рисунок 1 - Мікрометричні знімки поверхонь тертя після фрикційній взаємодії у середовищі оливи: (а) - контроль та (б) модифікованої 0,1 % ФС оливи. Зображення $\times 500$ разів.

Так, на поверхні, зображеній на рис. 1, а, спостерігаються мікронерівності рельєфу без яких-небудь суттєвих включень і домішок. А поверхня (рис. 1, б) вкрита дискретною плівкою, що і є основним чинником, який впливає на зменшення тертя та зношування фрикційної пари при терті у модифікованій оливі. Поверхня має різну структуру, присутні нашарування і, очевидно, візуально видно концентровані ФС ділянки.

Висновки

Встановлено, що введення фулеренової сажі у оливу у оптимальній кількості 0,1 % мас. забезпечує зниження: коефіцієнта тертя – на 19 %; температури в зоні контакту – на 11 %; інтенсивності лінійного зносу – на 13 %; шорсткість робочої поверхні тертя – на 36 %.

Виявлено, що на поверхнях тертя при фрикційній взаємодії в середовищі модифікованої фулереновою сажею оливи, відбувається процес утворення плівки, яка змінює характер тертя, сприяючи при цьому покращенню триботехнічних характеристик металевих зразків, виготовлених із Сталь 45.

Рекомендовано до використання оливу M10г2к, з додаванням 0,1 % мас. фулеренової сажі.

Література

1. Миронова, Д.Ю. Современные тенденции развития науки и техники и маркетинг инноваций [Текст] / Д.Ю. Миронова. – СПб.: Университет ИТМО, 2005. – 83 с.
2. Боголюбов, А. Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей [Текст] / А. Н. Боголюбов. – М.: ЛЕНАНД, 2017 – 466 с.
3. Wu, Y.Y. Experimental analysis of tribological properties of lubricating oils with nanoparticle additives [Text] / Y.Y. Wu, W.C. Tsui, T.C. Liu // Wear. 2007 - Vol. 262(7-8). - P. 819-825.
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2006.08.021>.
4. Alazemi, A. A. Ultrasmooth Submicrometer Carbon Spheres as Lubricant Additives for Friction and Wear Reduction [Text] / A. A. Alazemi, V. Etacheri, A. D. Dysart, L.-E. Stacke, V. G. Pol, F. Sadeghi // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2015 – Vol. 7(9). - P. 5514-5521. DOI: 10.1021/acsami.5b00099.
5. Erdemir, A. Superlubricity [Text] / A. Erdemir, J.-M. Martin. – Am.: Elsevier, 2007 – 499 p.
6. Ku, B.-C. Tribological effects of fullerene (C60) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity [Text] / B.-C. Ku, Y.-C. Han, J.-E. Lee, J.-K. Lee, S.-H. Park, Y.-J. Hwang // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2010 – Vol. 11(4). – P. 607-611.
DOI 10.1007/s12541-010-0070-8

7. Rapoport, L. Polymer Nanocomposites with Fullerene-like Solid Lubricant [Text] / L. Rapoport, O. Nepomnyashchy, A. Verdyan, R. Popovitz-Biro, Y. Volovik, B. Ittah // *Advanced Engineering Materials*. 2004 – Vol. 6 (1-2). – P. 44-48. DOI 10.1002/adem.200300512.
8. Yoshimoto, S. Synthesis of a fullerene/expanded graphite composite and its lubricating properties [Text] / S. Yoshimoto, J. Amano, K. Miura // *Journal of Materials Science*. 2010 – Vol. 45(7). – P. 1955-1962. DOI 10.1007/s10853-009-4187-z.
9. Грузинская, Е.А. Фуллереновая сажа электродугового синтеза [Текст] / Е.А. Грузинская, В.А. Кескинов, М.В. Кескинова, К.Н. Селинов, Н.А. Чариков // *Наносистемы: физика, химия, математика*. 2012 - № 3(6). – С. 83-90.
10. Kireyenko, O.F. Fullerene black as an antifriction and antiwear additive to lubricating oils [Text] / O.F. Kireyenko, Boris M. Ginzburg, V.P. Bulatov // *Journal of Friction and Wear*. 2002 – Vol. 23(3). – P. 64-68.
11. Rapoport, L. Slow Release of Fullerene-like WS₂ Nanoparticles from Fe-Ni Graphite Matrix: A Self-Lubricating Nanocomposite [Text] / L. Rapoport, M. Lvovsky, I. Lapsker, V. Leshchinsky Y. Volovik, Y. Feldman, A. Margolin, R. Rosentsveig, R. Tenne // *Nano Letters*. 2001 – Vol. 1(3). – P. 137-140.
DOI: 10.1021/nl005516v.
12. Деркач, О.Д. Застосування геомодифікаторів для поверхонь тертя при технічній експлуатації сільськогосподарської техніки [Текст] / О.Д. Деркач, О.І. Буря, Б.Г. Харченко // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2011 - № 109. - С. 199-203.
13. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів фуллереновмісних олив [Текст] / Деркач О.Д., Губа М.І., Кабат О.С. // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2013 - № 134. – С. 172-179.
14. Kumar, N. Improving the lubricating properties of 10W40 oil using oxidized graphite additives [Text] / N. Kumar, A. T. Kozakov, V. I. Kolesnikov, A. V. Sidashov // *Journal of Friction and Wear*. 2017 – Vol.38. – P. 349-354.
<https://doi.org/10.3103/S1068366617050051>.
15. Shakirullah, M. Spent Lubricating Oil Residues as New Precursors for Carbon [Text] / M. Shakirullah, Im. Ahmad, M. A. Khan, M. Ishaq, M. Saeed // *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 2006 – Vol. 14. P. 39-48.
<https://doi.org/10.1080/15363830500538615>.

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Екологічна оцінка машинних технологій вирощування
сільськогосподарських культур за критерієм величини
ущільнення ґрунту

Виконала: студентка 2 курсу, гр. МГМз-1-19
Семейко Ірина Валентинівна

Керівник: к.т.н., PhD, доцент
Держач Олексій Дмитрович

Дніпро - 2021

1

Метою дипломної роботи є впровадження методики моніторингу і контролю ущільнення ґрунтів при вирощуванні с.-г. культур в будь-яких технологіях.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз стану питання;
- удосконалити методику вимірювання твердості ґрунтів на глибину до 60...90 см;
- провести експериментальні вимірювання твердості ґрунтів, які знаходяться в різних технологіях вирощування;
- навести заходи з охорони праці при користуванні інструментом (пенетрометром) у полі;
- навести екологічні та економічні розрахунки за результатами даної дипломної роботи.

Об'єктом дослідження були технологічні процеси вимірювання твердості ґрунтів.

Предмет досліджень – закономірності зміни твердості ґрунтів в залежності від дії рушіїв і технологій вирощування.

2

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ



Основною причиною надмірного ущільнення ґрунтів є негативна дія рушіїв енергозасобів. Так, тиск рушіїв тракторів на ґрунт становить:

- МТЗ-82 – **1,2 кг/см²**;
- ХТЗ-150К-09 – **1,65 кг/см²** ; К-744 – **2,5 кг/см²**;
- ДТ-75М – **0,3...0,4 кг/см²**;
- CAT 95E – **0,27 кг/см²**. STX 535 Quadtrack – **0,46 кг/см²**.

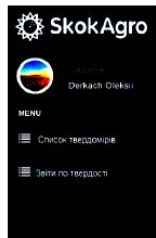


Плужна підшва є причиною значного зниження урожаю або взагалі знищує його



3

Методика вимірювань твердоміром S600

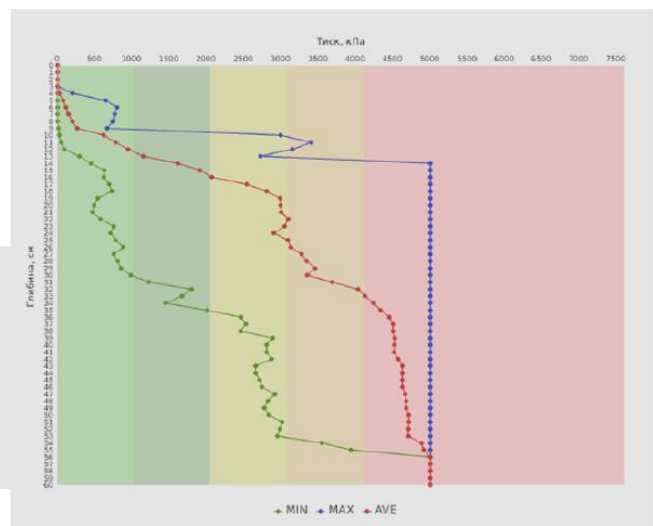


Skok Agro

Україна | Держах Олександр

Список твердомірів

ID сенсора	Назва сенсора	Відповідальний агроном	Останні зміни	Кількість відправлених точок
301678218	Дніпровський державний аграрно-економічний університет	Держах Олександр	2020-10-21 16:37:28	117

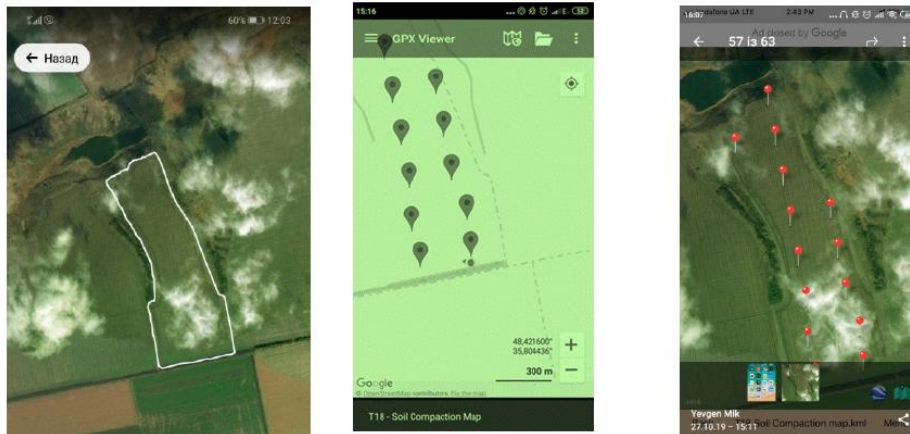


4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

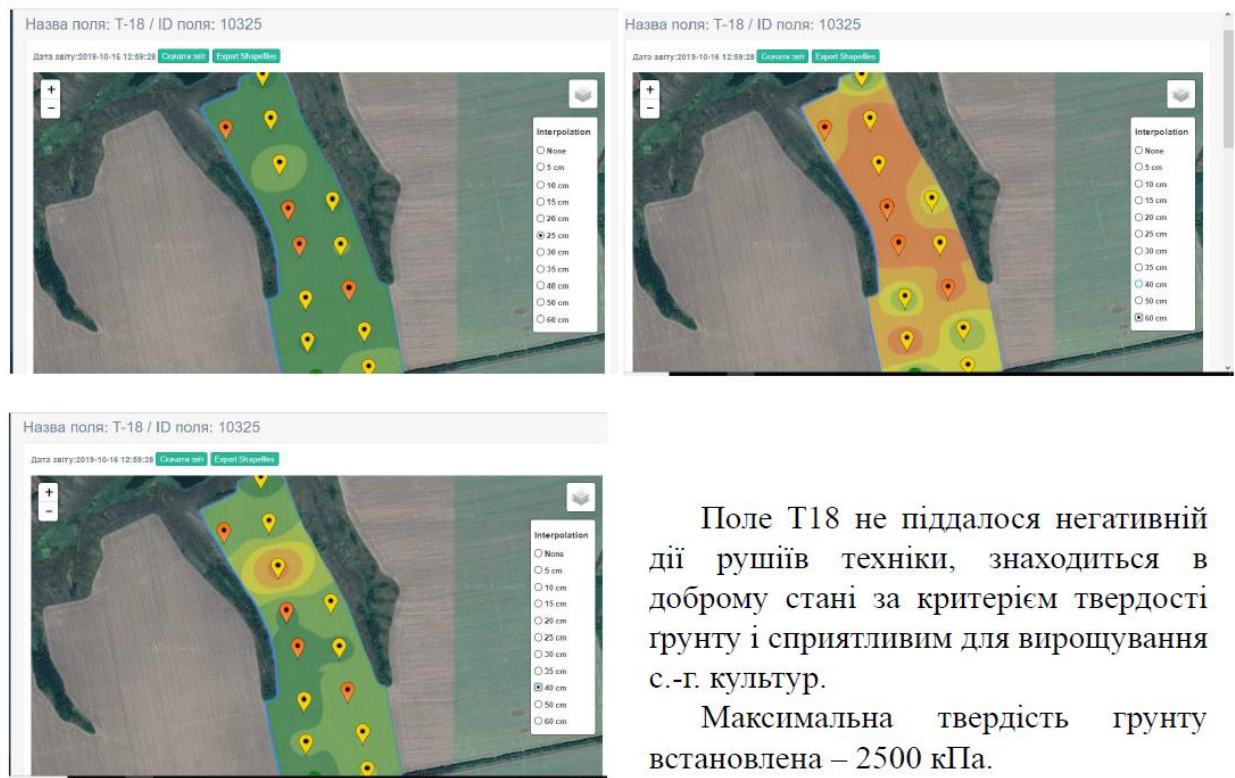
Програма досліджень передбачала наступні етапи:

- вибір двох полів з різними технологіями вирощування різних культур, наприклад, пшениці озимої та соняшника;
- проведення вимірювання твердості ґрунту на обраних полях;
- обробка результатів та складання карти ущільнення ґрунту по шарах;
- надання рекомендацій для диференційованого обробітку ґрунту за технологією TopSoil Mapper.



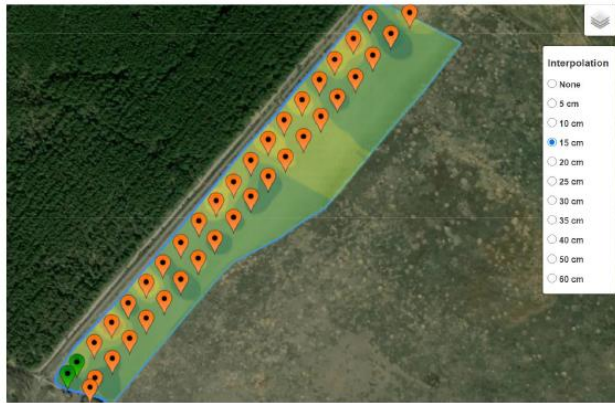
5

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ



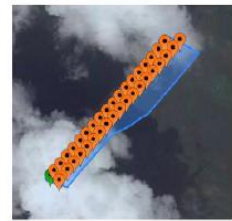
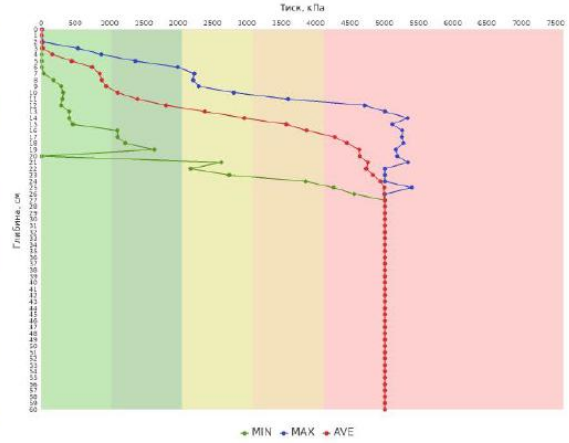
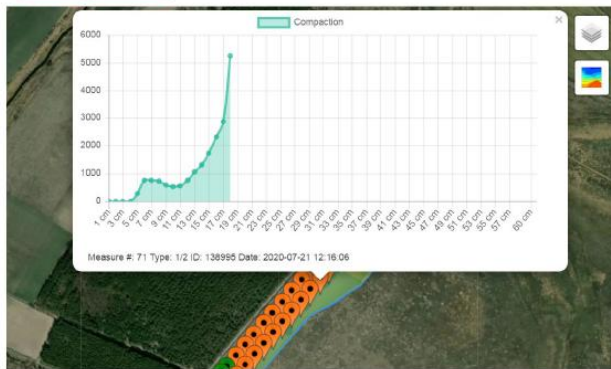
6

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ



к / ID поля: 19049

43 [Скачати дані](#) [Export Shapefile](#)



Тиск, кПа	Тип ґрунту
>4000	Дуже твердий
3000 - 4000	Твердий
2000 - 3000	Середній твердий
1000 - 2000	Віскоподібний
0 - 1000	Глиняний

На даному полі визначений стан ґрунту, як дуже твердий, не придатний для ведення ефективного землеробства

7

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗА КРИТЕРІЄМ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

Агрегат	Ширина шини трактора, м	Робоча ширина захвату, м	Кількість проходів
Case STX-600+ Horsch-Maestro-36,5	0,6	18	1
John Deere 4830	0,45	36	4
Case 9420+ McDonFD75	0,8	13,7	1
Case STX-600+ Kinze-1500	0,6	3	1

За нульової технології коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту складе:

$$K_{ee \text{ нульова}} = 1,23 / 1,5 = 0,82.$$

Якщо коефіцієнт знаходиться в межах менше одиниці, то технологія задовольняє вимогам екології.

Для традиційної технології K_{ee} складе:

$$K_{ee \text{ традиц}} = 1,66 / 1,5 = 1,10.$$

Отже, за традиційної технології ґрунт знаходиться в переущільненому стані і необхідно надати рекомендації по розущільненню ґрунту.

Агрегат	Ширина шини трактора, м	Робоча ширина захвату, м	Кількість проходів
ЮМЗ-8070+ СТЕП-2,4	0,35	2,4	1
ХТЗ-17021+ ПЛШ-6-35	0,6	2,1	1
ЮМЗ-8070+ КН-3,8	0,35	3,8	2
ЮМЗ-8070 + С3-3,6	0,35	3,6	1
ЮМЗ-8070 + ОПШ-15	0,35	15	1
СК-5М-1 «Ніва»	0,7	5,0	1
ГАЗ-САЗ-3309	0,3	2	1

8

РОЗУЩІЛНЕННЯ ҐРУНТУ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ TOPSOIL MAPPER



ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вимоги безпеки праці при настанні надзвичайної ситуації.

Вимоги безпеки праці перед початком роботи з пенетрометром.

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

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

1. Не допускати до роботи осіб, які не вивчили будову та принцип роботи пенетрометра.
2. Не допускати до роботи в полі осіб, що не пройшли інструктаж з охорони праці, про що повинен бути зроблений відповідний запис у реєстраційному журналі.
3. Перевірити комплектність та справність пенетрометра.
4. Перед початком роботи на полі, необхідно впевнитися в безпечних умовах на полі на всій площі вимірювань.

Вимоги безпеки праці під час проведення робіт.

1. Під час проведення вимірювань у полі, необхідно контролювати навколишній стан (на полі можуть з'являтися тварини, зокрема змії), тримати у полі зору агрегати, які працюють на даному полі.
2. За сонячної погоди забороняється працювати без головного убору та без термоса з водою.
3. Забороняється розбирати пенетрометр для усунення неполадок на ґрунті. Такі роботи можна виконувати на спеціальному брезенті.
4. В сумці для пенетрометра повинна бути аптечка, наприклад, призначена для водіїв чи комбайнерів.
5. Якщо оператор переміщується самостійно на транспортному засобі, то останній треба розміщати на видному, доступному місці.

Вимоги безпеки праці в аварійних ситуаціях

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

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

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

Вимоги безпеки праці після виконання робіт

1. Передати дані вимірювань за допомогою GSM-зв'язку, вбудованому в прилад.
2. Очистити прилад від залишків технологічного матеріалу.
3. Перевіритися у відсутності пошкоджень приладу.
4. Скласти пенетрометр у відповідності до інструкції з експлуатації та упакувати в сумку.

Висновки по розділу. Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники ефективності диференційованого обробітку поля

Параметр	Одиниця вимірювання	Спосіб обробітку	
		Традиційний	Диференційований
Агрегат	-	Case IH 240 Magnum + EcoloTiger 30C	Case IH 240 Magnum + EcoloTiger 30C + Topsoil Mapper
Пенетрометр		-	S 600
Продуктивність	га/зм	23,74	18,54
Буксування рушіїв	%	16	12...16
Тягове зусилля	%	94	78...94
Глибина обробітку	см	50	30...50
Загальна витрата пального	кг	226	180
Витрати на роботу пенетрометра	грн	-	775
Вартість пального	грн	5650	4500
Економічний ефект	грн	-	375
Економічний ефект у розрахунку на 100 га	грн	-	2418

11

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- Сьогодні традиційна технологія вирощування с.-г. культур, з інтенсивним механічним обробітком ґрунту залишається ще досить розповсюдженою. І часто виконується вона з порушеннями до основних вимог збереження ґрунтів. Наприклад, ранні виїзди в поля: внесення мінеральних добрив по мерзлоталому ґрунту спричинює локальні великі ущільнення, в тих місцях, де ґрунти вже відтали. Наступні, більш масштабні ущільнення відбуваються навесні при виконанні основної та передпосівної культивуації. В цей час ґрунти ще мають достатню кількість вологи і є уразливими до ущільнення рушійми. Таким чином, за традиційних технологій, необхідно мати інструмент контролю щільності ґрунту, як екологічного показника.
- Наведена методика вимірювання твердості ґрунту цифровим пенетрометром S600 з допомогою GPS and GSM зв'язку та формування звітів у форматі PDF . Вимірювання проведено на двох полях, з різними технологіями вирощування пшениці озимої: нульовою і традиційною.
- Встановлено, що поле Т18 не піддалося негативній дії рушіїв техніки, знаходиться в доброму стані за критерієм твердості ґрунту і сприятливим для вирощування с.-г. культур. Найбільше значення твердості ґрунту – 2500 кПа – вказує на те, що його можна віднести до умовного стану як «пухкий» та «відносно пухкий в орному шарі ґрунту та «середньої твердості» у підорному. Розрахована щільність ґрунту за нульової технології складає 1,23 г/см³, що знаходиться в допустимих межах. Коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту – 0,82.
- Поле ID 19049 знаходиться в стані деградації за критерієм ущільнення ґрунту. Максимальне значення твердості складає 5000 кПа на глибині 19 см, вибірково, не на всій площі. Розрахована щільність складає 1,66 г/см³, а коефіцієнт екологічності за критерієм ущільнення ґрунту складає 1,10, що свідчить про значне переущільнення орного та підорного шарів.
- Розроблені заходи щодо проведення розушільнення ґрунту шляхом диференційованого обробітку по глибині із застосуванням технології TopSoil Mapper.
- Наведений аналіз шкідливих факторів при проведенні вимірювань пенетрометром S600. На основі цього розроблені додаткові заходи з поліпшення умов та безпеки праці при роботі з даним приладом.
- Економічний ефект при диференційованому обробітку ґрунту застосуванням технології Topsoil Mapper та цифрового пенетрометру S600 складає близько 2500 грн у розрахунку на 100 га.

12