ДЕРКАЧ О. Д., ПУГАЧ А. М., ВІТЕР В. А.

ОСНОВИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

ПРАКТИКУМ



Дніпро – 2026

УДК 631.15:004:631.3(076)
Д 36
Рекомендовано до друку вченою радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол № 9 від 28 травня 2026 р.)

Рецензенти:
Віктор АУЛІН, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету;
Ельчин АЛІЄВ, доктор технічних наук, старший дослідник, професор кафедри інжинірингу технічних систем Дніпровського державного аграрно-економічного університету;
Олександр КОБЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин Дніпровського державного аграрно-економічного університету, доцент;
Сергій ТИТАРЕНКО, керівник відділу інтелектуальних рішень ТОВ «Агротек-Інвест»

Д 36 Деркач О. Д., Пугач А. М., Вітер В. А. Основи точного землеробства: Практикум. Дніпро: 2026. 161 с.

ISBN

Практикум «Основи точного землеробства» присвячений вивченню прикладних засад застосування сучасних інформаційних, навігаційних та технічних засобів у системах точного землеробства. Авторами розроблено десять практичних занять з використанням наявного в університеті обладнання. Розглянуто будову, принцип роботи та методи використання обладнання, яке застосовується в точному землеробстві, розкриті алгоритми роботи з цифровими платформами «Агропрофіль», «One Soil», «Skok Agro». У кінці кожної практичної роботи запропоновано контрольні питання, тести для самоперевірки та наведені практичні кейси для закріплення знань.

Практикум призначений для студентів спеціальності H7 Агроінженерія, але також може бути використаний і при підготовці магістрів, аспірантів інших спеціальностей та фахівців, які вже працюють у сфері сучасного сільського господарства.

ISBN

© О. Д. Деркач, А. М. Пугач, В. А. Вітер 2026

ПЕРЕДМОВА

Практикум є першим виданням, створеним на основі власних напрацювань кафедри експлуатації машинно-тракторного парку Дніпровського державного аграрно-економічного університету з допомогою фахівців у галузі точного землеробства ТОВ «Агротек-Інвест». Практичні роботи побудовані повністю на методах та обладнанні, яке є в наявності на кафедрі.

Підвищення ефективності використання машин у рослинництві сьогодні є можливим тільки у разі застосування сучасних навігаційних систем, елементів точного землеробства у вигляді спеціальних програм і застосунків. Також залучається додаткове обладнання, як от монітори для паралельного водіння, GNSS-антени та супутнє устаткування, телематика. Важливу роль при започаткуванні точного землеробства відіграють контроль за температурою та вологістю орного шару, щільністю ґрунту, обробка інформації, отримана з безпілотних літальних суден.

Майбутнім фахівцям за спеціальністю H7 Агроінженерія необхідно володіти методами підвищення ефективності використання техніки шляхом впровадження елементів точного землеробства, дистанційного контролю та моніторингу за роботою техніки, оцінювати виробничі ситуації. Оволодіти цими якостями дозволяє матеріал, представлений в даних методичних рекомендаціях.

Практикум є невід’ємною складовою до навчально-методичного комплексу з вибіркової навчальної дисципліни «Основи точного землеробства» для здобувачів другого (магістерського), рівня вищої освіти спеціальності H7 Агроінженерія.

Викладений матеріал адаптований для вивчення в умовах дистанційного навчання, з використанням відкритих джерел, так і з використанням виробничого обладнання на філіях кафедри експлуатації машинно-тракторного парку.

ЗМІСТ

Практична робота № 1. **ДІАГНОСТИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ЕЛЕКТРОННИМ ТЕРМОМЕТРОМ** ……...5

Практична робота № 2. **ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГОМІРА ҐРУНТУ МГ-44 ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВОЛОГОСТІ ГРУНТУ** ……..……15

Практична робота № 3. **ВИКОРИСТАННЯ ЗАСТОСУНКУ «АГРОПРОФІЛЬ» В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА** ……..……..25

Практична робота № 4. **ВИКОРИСТАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ «ГЕОМЕТР УКРАЇНА»** ……39

Практична робота № 5. **ВИКОРИСТАННЯ АГРОНАВІГАТОРУ «ГЕОТРЕК ЛАЙТ» ЯК РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИКОНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ**……..……..54

Практична робота № 6. **КОМПЛЕКТ «ГЕОМЕТР SCOUT GM SPIKE» ЯК ІНСТРУМЕНТ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**…….67

Практична робота № 7. **ВИКОРИСТАННЯ ЗАСТОСУНКУ ONE SOIL В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА** ……...77

Практична робота № 8. **ЦИФРОВІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА (на прикладі пенетрометра SKOK AGRO)** ……..91

Практична робота № 9. **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРС MYJOHNDEERE** ……...119

Практична робота № 10. **УПРАВЛІННЯ КВАДРОКОПТЕРОМ DJI MAVIK AIR 2** …….139

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ДІАГНОСТИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ЕЛЕКТРОННИМ ТЕРМОМЕТРОМ

Мета роботи: засвоїти методику вимірювання температури ґрунту на різних агрономічно значущих глибинах за допомогою електронного термометра для ґрунту. Зробити аналіз температурного режиму ґрунту та зробити висновок щодо виходу техніки в поле.

Зміст роботи

1.1. Основні відомості

Температура ґрунту та динаміка її зміни є визначальними факторами встановлення оптимальних строків сівби сільськогосподарських культур, оскільки вони безпосередньо впливають на процеси набубнявіння і проростання насіння, швидкість формування сходів та їх рівномірність. Для більшості польових культур характерні певні мінімальні температурні пороги проростання: для кукурудзи — 8…10 °C, соняшнику — 10…12 °C, сої — 12…14 °C, за яких активізуються фізіолого-біохімічні процеси в насінні. Водночас важливим є не лише абсолютне значення температури, але й її зміна у часі, оскільки за нестійкого температурного режиму підвищується ризик холодового стресу, уповільнення проростання та ураження насіння ґрунтовими патогенами, особливо за умов підвищеної вологості. Для умов степової зони України характерні значні добові коливання температури навесні, що зумовлює необхідність врахування середньодобових значень температури ґрунту на глибині загортання насіння (5–10 см) та її тренду протягом кількох діб перед сівбою. Таким чином, моніторинг температури ґрунту і швидкості її зміни дозволяє підвищити польову схожість, забезпечити дружні сходи та знизити ризики втрат урожаю на початкових етапах розвитку рослин.

1.2. Опис пристрою та його технологічна надійність

Електронний термометр для ґрунту є спеціалізованим інструментом, розробленим для точного і оперативного визначення температурного режиму ґрунту. Конструктивно прилад складається зі стержня з нержавіючої сталі довжиною 1 метр.

Електронний ґрунтовий термометр зі щупом довжиною 1 м:

- має термочутливий елемент (терморезистор або термопару) на кінці щупа;
- вимірює температуру безпосередньо в масі ґрунту;
- забезпечує точність ±0,1…0,5 °C (залежно від класу приладу).

Таблиця 1.1. – Ґрунтові глибини, які відповідають агрономічним процесам

Глибина, см	Призначення
5	Температура посівного шару
10	Проростання більшості культур
20	Активна коренева зона
30–40	Глибина вологозабезпечення
50–60	Стабільний температурний горизонт
80–100	Фонова температура ґрунту

Це дозволяє проводити вимірювання на різних, у тому числі глибоких, шарах ґрунту, що критично важливо для оцінки вологозапасів та глибинного живлення. На кінці вимірювальної стійки розташований температурний датчик, який забезпечує високу чутливість та точність. Прилад оснащений горизонтальними ручками для зручності занурення в щільний ґрунт та електронним блоком для відображення результатів.



Рис.1.1. Загальний вигляд термометру для ґрунту

Процес вимірювання максимально простий - оператору достатньо занурити щуп у ґрунт до необхідної глибини, зачекати 3-4 хвилини для термостабілізації датчика, а потім натиснути кнопку «ВИМІР». Живлення пристрою забезпечується двома поширеними батарейками типу LR44. Важливою особливістю є можливість проведення метрологічної атестації приладу, що перетворює його на засіб вимірювальної техніки, гарантуючи достовірність даних для наукових звітів та юридичних цілей.

1.3. Важливість температури ґрунту у точному землеробстві

У сучасній системі точного землеробства температура ґрунту набуває статусу ключового біометричного параметра, оскільки саме вона регулює початок та швидкість всіх фізіологічних процесів росту і живлення рослин. Перехід від календарного планування до рішень, заснованих на точних даних електронного термометра, дозволяє агропідприємству не лише мінімізувати біологічні та кліматичні ризики, але й суттєво оптимізувати матеріальні ресурси.

Обґрунтування оптимальних строків сівби (Весняний контроль)

Вимірювання температури ґрунту є головним критерієм для початку сівби більшості ярих культур. Завдяки достатній довжині щупа електронного термометра, агроном отримує можливість щоденно моніторити температурний режим безпосередньо на глибині загортання насіння (3 см або 5 см). Наприклад, кукурудза вимагає, щоб температура ґрунту на глибині 5 см

стабільно трималася в діапазоні ≥+10...+12°C. Якщо сівба відбувається передчасно, коли ґрунт ще холодний, насіння може зазнати водного набрякання та стати вразливим до загнивання і розвитку хвороб. За таких умов польова схожість може втратити 15−20%, що неминуче призводить до дорогого пересівання. Водночас, менш вибагливі культури, як-от соняшник, можуть розпочинати вегетацію вже при трохи нижчих температурах, приблизно +6...+8°C. Електронний термометр дозволяє уникнути цих критичних помилок, гарантуючи, що сівба призначена лише після досягнення біологічного порогу, а це, своєю чергою, забезпечує синхронні та дружні сходи.

Моніторинг зимівлі та планування відновлення озимих (Зимовий контроль)

У холодний період контроль температури ґрунту стає життєво необхідним для оцінки ризику вимерзання озимих культур та своєчасного планування відновлювальних заходів. Вимірювання проводять на ключовій глибині розташування вузла кущіння (зазвичай 3 см – 5 см). Для більшості сортів озимих культур, таких як пшениця чи ріпак, критична температура без захисного снігового покриву коливається від −15°C до −18°C. Фіксація температури, яка наближається до цього критичного порогу, дозволяє керівництву завчасно прийняти рішення. Наприклад, можна спланувати раннє весняне підживлення азотом для стимуляції регенерації росту, або, якщо пошкодження є значними, визначити площі для пересівання.

Оптимізація ефективності внесення добрив

Температурний режим ґрунту має прямий вплив на мікробіологічні процеси та, відповідно, на доступність елементів живлення для рослин. Зокрема, процеси нітрифікації, відповідальні за перетворення азоту в доступну форму, значно сповільнюються при низьких температурах. Також, оптимальна температура для засвоєння фосфору та азоту кореневою системою зазвичай починається вище +10°C. Таким чином, електронний термометр є інструментом, що допомагає визначити не лише коли сіяти, але й коли внесення першого весняного підживлення стане біологічно та економічно найбільш ефективним.

1.4. Використання як науковий матеріал за методикою практикуму

У практичній роботі прилад слугує основним інструментом для кількісного документування теплового режиму ґрунту, що є необхідною основою для науково обґрунтованих висновків.

Для проведення дослідження студент повинен заздалегідь визначити контрольні точки на полі. Вимірювання проводяться на стандартних агрономічних глибинах – 5 см (глибина сівби), 10 см та 20 см (глибина кореневого живлення) – для створення температурного профілю. Після занурення щупа та необхідного очікування протягом 3−4 хвилин для стабілізації датчика, фіксується точне значення температури, а також географічні координати точки та час вимірювання.

Ці зібрані дані далі піддаються просторовому аналізу. Наприклад, фіксація різниці температур між південним схилом (наприклад,+6,5°C) та північним схилом у затінку (наприклад,+4,0°C) дає змогу картографувати теплову неоднорідність. Створення такої карти дозволяє зонувати поле на ділянки, придатні для ранньої та пізньої сівби, оптимізуючи операції. Також проводиться оцінка впливу агрофону: термометр кількісно фіксує, наскільки повільніше прогрівається ґрунт на ділянці з великою кількістю пожнивних решток (технологія No-Till), порівняно з ораним полем. Зрештою, порівняння отриманих значень із біологічними порогами культур дозволяє науково обґрунтувати дату початку робіт.

Електронний термометр для ґрунту надає первинні, високоточні дані, які є основою для температурного моніторингу як фундаментального елемента прийняття рішень.

1.5. Фактори, що впливають на температурний режим ґрунту

Температура ґрунту формується під впливом комплексу природних та антропогенних факторів. До основних належать:

1. Сонячна радіація. Основним джерелом тепла для ґрунту є сонячне випромінювання. Інтенсивність прогрівання залежить від пори року, широти місцевості, хмарності та тривалості світлового дня.

2. Тип і гранулометричний склад ґрунту. Легкі піщані ґрунти нагріваються швидше, ніж важкі глинисті. Це пов’язано з меншою теплоємністю та кращою аерацією.

3. Вологість ґрунту. Вода має високу теплоємність, тому вологий ґрунт прогрівається повільніше. Водночас він повільніше і охолоджується.

4. Рослинний покрив. Рослинність та пожнивні рештки можуть зменшувати інтенсивність нагрівання ґрунту, виконуючи роль теплоізоляційного шару.

5. Рельєф місцевості. Південні схили прогріваються швидше, ніж північні, через різну інтенсивність сонячного опромінення.

6. Агротехнічні заходи. Обробіток ґрунту, мульчування, технології No-Till або Strip-Till значно змінюють тепловий режим верхнього шару.

1.6. Основні джерела похибок під час вимірювання температури ґрунту

Під час польових вимірювань температури можуть виникати різні похибки, які впливають на точність отриманих результатів.

Основні джерела похибок:

• недостатній час стабілізації датчика;

• неповне заглиблення щупа до заданої глибини;

• вплив сонячного випромінювання на корпус приладу;

• порушення контакту датчика з ґрунтом;

• механічні пошкодження термодатчика.

Для зменшення похибок рекомендується:

- проводити вимірювання у затінених умовах;
- забезпечувати щільний контакт щупа з ґрунтом;
- дотримуватись рекомендованого часу стабілізації показів;
- виконувати серію повторних вимірювань.

Хід роботи

1. Вибір точки вимірювання

Обрати рівну, репрезентативну ділянку поля або навчально-дослідної площі без колії техніки, куп рослинних решток і затінення.

2. Підготовка приладу

- Перевірити працездатність термометра.
- За необхідності провести візуальну перевірку показів за кімнатної температури та калібрування термометра.
- Нанести маркером відмітки глибин на щупі.

3. Проведення вимірювань

Щуп електронного термометра вводять у ґрунт **вертикально** до заданої глибини. Після введення витримують час до стабілізації показів і фіксують температуру.

Рекомендовані глибини вимірювання:

- 5 см
- 10 см
- 20 см
- 30 см
- 50 см
- 80–100 см (за можливості)

Час стабілізації показів:

- до 30 см — 30–60 с;
- понад 30 см — 60–120 с.

4. Повторність вимірювань

Виконати вимірювання **не менше ніж у 3 точках**, розташованих на відстані 5…10 м одна від одної. Для кожної глибини визначити середнє значення температури.

Таблиця 1.2. — Результати вимірювання температури ґрунту

Глибина, см	Температура, °C			
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Середнє значення
5				
10				
20				
30				
50				
80…100				

Обробка та аналіз результатів

1. Побудувати графік залежності температури ґрунту від глибини.
2. Проаналізувати зміну температури по профілю.
3. Зробити висновки щодо агрономічної доцільності строків сівби.
4. Визначити температурний градієнт ґрунтового профілю.

Температурний градієнт ґрунту характеризує зміну температури з глибиною і визначається як відношення різниці температур між двома шарами ґрунту до різниці їх глибин.

$$G = \frac{T_2 - T_1}{h_2 - h_1}$$

де:

G – температурний градієнт, °C/см (або °C/м);

T_1 – температура на верхній глибині, °C;

T_2 – температура на нижній глибині, °C;

h_1 – верхня глибина вимірювання, см;

h_2 – нижня глибина вимірювання, см.

У кінці роботи студенти пишуть висновок, у якому вказують величину отриманих значень температури, описують, як температура ґрунту змінюється залежно від глибини, фізичних властивостей ґрунту та умов навколишнього

середовища. Отримані результати можуть використовуватися для обґрунтування агротехнологічних рішень у системі точного землеробства.

Контрольні питання

1. Які фактори впливають на температурний режим ґрунту?
2. Чому температура ґрунту змінюється з глибиною?
3. Яке значення має температура ґрунту для проростання насіння?
4. Чому важливо витримувати час стабілізації показів термометра при вимірюванні?
5. Які похибки можуть виникати під час вимірювання температури ґрунту?
6. Як пов’язана температура ґрунту з його вологістю?
7. Чому вимірювання слід проводити в один і той самий час доби?
8. Які глибини є найбільш важливими для агротехнологічних рішень?

Практичний кейс

«Температурна пастка для кукурудзи»

- **Ситуація:** Початок квітня. Календарні строки сівби кукурудзи наступили. Вимірювання термометром на глибині 5 см о 8:00 ранку показали +7°C, а о 14:00 — +13°C. Прогноз погоди обіцяє короткочасне похолодання через 3 дні.
- **Завдання:** Використовуючи дані про біологічний поріг кукурудзи (+10…+12°C), обґрунтуйте: чи варто починати сівбу зараз? Розрахуйте середньодобову температуру та оцініть ризики втрати схожості (у відсотках) за умови передчасної сівби. Обґрунтуйте склад посівного агрегату.

Корисні посилання

1. Pradeep K. Sharma, Sandeep Kumar. Soil temperature and plant growth. Soil Physical Environment and Plant Growth / (pp.175-204). DOI:10.1007/978-3-031-28057-3_7

2. Seed germination and crop establishment. Rome: Food and Agriculture Organization, 2018. 132 p.

3. Agrometeorology and crop production / ed. by C. J. Stigter. Dordrecht: Springer, 2010. 350 p.

4. Землеробство: підручник / за ред. В. П. Гудзя. Київ: Урожай, 2010. 464 с.

5. Рослинництво: підручник / за ред. В. В. Лихочвора. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 800 с.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГОМІРА ҐРУНТУ МГ-44 ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ВОЛОГОСТІ ГРУНТУ

Мета роботи: вивчити методику експрес-діагностики відносної вологості ґрунтів та різних матеріалів за допомогою портативного вологоміра МГ-44. За результатами вимірювань зробити висновки та прийняти рішення щодо проведення сівби.

Зміст роботи

2.1. Загальні положення

Контроль оперативного стану вологості ґрунту є важливим елементом прийняття агротехнологічних рішень у весняний період, оскільки волога визначає умови набубнявіння насіння, інтенсивність проростання та формування дружних сходів. За недостатньої вологості ґрунту насіння не здатне поглинати необхідну кількість води для активації фізіолого-біохімічних процесів, що призводить до затримки або нерівномірності сходів. Водночас надлишкова вологість, особливо за низьких температур, створює сприятливі умови для розвитку ґрунтових патогенів та знижує аерацію, що негативно впливає на життєздатність проростків. Особливого значення набуває оперативний моніторинг вологості в умовах весняного періоду, коли для степової зони характерні швидкі зміни погодних умов, інтенсивне випаровування та нерівномірний розподіл опадів. Використання приладів типу МГ-44 дозволяє здійснювати швидку оцінку орієнтовної вологості ґрунту в польових умовах, що дає змогу своєчасно коригувати строки сівби, глибину загортання насіння та інші агротехнічні заходи.

Таким чином, контроль вологості ґрунту забезпечує оптимізацію умов проростання, підвищення польової схожості та зниження ризиків втрат урожаю на початкових етапах розвитку рослин.

2.2. Опис пристрою та принцип його дії

Вологомір МГ-44 є компактним портативним приладом, призначеним для швидкого та точного визначення відносної вологості широкого спектру матеріалів (рис. 2.1). Прилад може застосовуватися для діагностики різних типів ґрунтів, включаючи чорнозем, глину, суглинок та пісок, а також для контролю вологості таких речовин, як торф, компост, солома, зернові культури, цемент та бетон. Вимірювання вологості здійснюється завдяки спеціальному щупу, довжина якого може становити 0,5 метра або 6 см, із можливістю зміни його розміру за бажанням користувача. Пристрій має зручний для читання рідкокристалічний екран з підсвічуванням, що дозволяє проводити вимірювання навіть у темний час доби. Прилад здатний працювати з речовинами в широкому діапазоні температур: від −20 до +60°C.

Діагностика вологості здійснюється на основі високочастотного електромагнітного методу. Принцип дії ґрунтується на властивості молекул води поглинати частину енергії електромагнітної хвилі, що падає на об'єкт. Прилад генерує цю хвилю, спрямовує її на досліджуваний матеріал, а потім реєструє відбиту хвилю за допомогою приймача. Вбудований процесор виконує порівняння амплітуд падаючої та відбитої хвиль, що дозволяє швидко та надійно розпізнати відносну вологість у досліджуваному матеріалі.



Рис.2.1. Вологомір МГ-44

2.3. Призначення та можливості у науковому та практичному застосуванні

Широкий функціонал вологоміра МГ-44 робить його універсальним інструментом як для агрономічних досліджень, так і для технічного контролю. В аграрному секторі його використовують у системах іригації для оперативного виміру профілю ґрунтових вод та визначення необхідності поливу, що є важливим елементом точного зрошення. Прилад також застосовується для контролю вологості зернових культур та кормових матеріалів.

Крім того, МГ-44 незамінний у будівельній сфері при контролі якості піску, щебеню, а також для діагностики вологості вже готового бетону. Завдяки високій чутливості, прилад може використовуватися для перевірки вологості різних речовин у вигляді гранул, пудри або пасти, включаючи навіть такі, як олії та маргарин.

Функції калібрування та коригування даних

Важливою особливістю приладу є його здатність зберігати в пам'яті до 99 різних калібрувань. Це дозволяє користувачеві точно налаштовувати прилад під унікальні характеристики кожного матеріалу. Користувач може самостійно вносити зміни у калібрувальні точки для кожної з 99 речовин та присвоювати їм власні назви. Програмне забезпечення демонструє калібрувальну характеристику, ґрунтуючись на отриманих значеннях. Додатково, прилад виконує програмне коригування калібрувальної характеристики в діапазоні ±5% з кроком 0,1% незалежно для кожного каналу, що дозволяє зміщувати калібрувальну криву по вертикалі, не змінюючи її форми, і забезпечуючи високу гнучкість налаштування.

2.4. Використання як науковий матеріал та методика практикуму

У навчальному практикумі вологомір МГ-44 виступає як основний інструмент для фіксації водно-фізичних властивостей ґрунту на певній глибині, що є основою для науково обґрунтованих рекомендацій.

Етап 1: Підготовка та вибір калібрування

Робота студента починається з ідентифікації досліджуваного матеріалу (наприклад, суглинок) та вибору відповідної калібрувальної кривої з пам'яті приладу (з 99 доступних). Якщо стандартне калібрування недостатньо точне, студент повинен створити або скоригувати калібрувальну криву для конкретного типу ґрунту або матеріалу, використовуючи функцію програмного коригування в межах ±5%. Це гарантує, що отримані результати будуть максимально точними для конкретної лабораторної чи польової ділянки.

Етап 2: Польові вимірювання та документування

Студент використовує щуп (наприклад, 0,5 метра для глибокого профілю або 6 см для поверхневого шару) для проведення вимірювань у контрольних точках на дослідній ділянці. У разі дослідження ґрунту, необхідно фіксувати вологість на різних глибинах (наприклад, 10 см, 30 см, 50 см), щоб отримати профіль ґрунтової вологості. Ці дані необхідно супроводжувати географічними координатами (якщо використовується зовнішній GPS) та температурою досліджуваної речовини, щоб забезпечити повноту наукових даних. Прилад відображає отримані значення вологості, які фіксуються у польовому журналі для подальшої обробки.

Етап 3: Аналіз наукових даних

Зібрані кількісні дані вологості, які можуть варіюватися від, наприклад, 25,8% у глибинних шарах до 18,7% у поверхневому горизонті, становлять основу для глибокого наукового та управлінського аналізу. Ці цифри дозволяють студенту здійснити побудову детальної карти вологості поля, виявляючи таким чином приховані зони неоднорідності в межах одного масиву чорнозему. На основі цих карт далі проводиться обґрунтування потреби у зрошенні або дренажі. Наприклад, якщо на критичній глибині 30 см вологість опускається нижче 60% від найменшої польової вологомісткості, це слугує беззаперечним науковим доказом для негайного призначення поливу. Зрештою, ці дані використовуються для порівняльного аналізу ефективності різних агротехнічних прийомів, наприклад, оцінки того, як різні системи обробітку ґрунту впливають на вологоутримуючу здатність чорнозему. Таким чином, МГ-44 надає

швидкі, надійні та кількісно точні дані, які є критично важливими для реалізації стратегій раціонального водокористування в умовах точного землеробства.

Варто зазначити, що прогрівання орного шару ґрунту буде відбуватися з великою різницею (у декілька днів і до одного тижня) для різних технологій землеробства і це впливає на вологість.

Хід роботи

1. Вибір ділянки вимірювання

Обрати рівну ділянку ґрунту без слідів ущільнення рушіями техніки, калюж, куп рослинних решток та локального перезволоження. Це може бути ділянка традиційного землеробства або іншої технології обробітку ґрунту.

2. Підготовка приладу

- Перевірити працездатність вологоміра МГ-44.
- Очистити електроди (датчик) від забруднень.
- Увімкнути прилад і дочекатися стабілізації показів.

3. Проведення вимірювань

Датчик вологоміра вводять у ґрунт **вертикально** на задану глибину.

Рекомендовані глибини вимірювання:

- 5 см
- 10 см
- 20 см

Після введення датчика:

- витримати 10…30 с до стабілізації показів;
- зафіксувати значення вологості.

4. Просторова повторність

Виконати вимірювання не менше ніж у 3…5 точках, розташованих на відстані:

- 5–10 м — на навчально-дослідній ділянці;
- 20–30 м — у виробничих умовах.

Форма подання результатів

Таблиця – 2.1. Результати вимірювання вологості

№ точки	Глибина, см	Вологість ґрунту, %			Середнє значення, %
1	5				
	10				
	20				
2	5				
	10				
	20				
3	5				
	10				
	20				

Обробка та аналіз результатів

1. Обчислити середнє значення вологості для кожної глибини.
2. Проаналізувати зміну вологості з глибиною.
3. Оцінити однорідність вологості ґрунту в межах ділянки.
4. Визначити градієнт вологості ґрунту.
5. Зробити висновки щодо водного режиму ґрунту.

Визначення градієнта вологості ґрунтового профілю

Градієнт вологості характеризує швидкість зміни вологості ґрунту з глибиною. Він визначається як різниця вологості між двома шарами ґрунту, поділена на відстань між ними.

Градієнт вологості розраховується за формулою:

$$G = \frac{W_2 - W_1}{h_2 - h_1}$$

де:

G – градієнт вологості;

W_1 – вологість ґрунту на верхній глибині, %;

W_2 – вологість ґрунту на нижній глибині, %;

h_1 – верхня глибина відбору зразка, см;

h_2 – нижня глибина відбору зразка, см.

Приклад виконання роботи

1. Провести вимірювання вологості ґрунту на різних глибинах згідно завданння.

2. Розрахувати градієнт вологості між сусідніми шарами.

3. Зробити висновок про характер зміни вологості в ґрунтовому профілі.

Наприклад, отримали такі результати:

Глибина	Вологість
10 см	18 %
20 см	22 %

Підставимо отримані значення у формулу для розрахунку градієнта вологості, отримаємо:

$$G = \frac{22 - 18}{20 - 10} = 0.4\%/\text{см}$$

Таким чином встановлено, що вологість ґрунту збільшується з на 0,4 % з кожним сантиметром глибини в межах орного шару (тобто, від 10 до 20 см). Оптимальним для чорноземів звичайних є плавний градієнт вологості ґрунту без різких змін по профілю, який становить орієнтовно 0,5…2,0 % на кожні 10 см глибини. Значні відхилення від цього діапазону свідчать про порушення структури ґрунту, зокрема наявність ущільнених горизонтів, що негативно впливають на водний режим та розвиток кореневої системи рослин. Наприклад, ущільнений пласт ґрунту («плужна підошва) моє блокувати інфільтрацію вологи як у верхні, так і в нижні шари. Таким чином, може бути заблокована ґрунтова волога в певному шарі, що негативно позначиться на насінні або сходах. Розрахунок градієнту вологості дозволить визначити, наскільки рівномірна чи критична зміна цього параметра у ґрунті і прийняти оперативне рішення щодо використання агрегатів, подальших технологічних операцій.

Контрольні питання

1. Яке значення має вологість ґрунту для росту рослин?
2. На якому фізичному принципі ґрунтується робота вологоміра МГ-44?
3. Чому покази вологоміра залежать від механічного складу ґрунту?
4. Які похибки можуть виникати під час вимірювання вологості ґрунту?
5. Чому вимірювання проводять на кількох глибинах?
6. Як вологість впливає на твердість і ущільнення ґрунту?
7. У чому переваги електронних методів вимірювання вологості?
8. Чому важливо дотримуватися просторової повторності вимірювань?
9. Що таке градієнт вологості ґрунту?
10. Чому вологість ґрунту буде змінюватись від глибини вимірювання?

Практичний кейс

«Пошук вологи в умовах посушливої весни»

Ситуація: Передпосівний моніторинг під соняшник показав, що відносна вологість ґрунту становить 10% (нижче норми) на глибині 5 см, але 22% на глибині 8 см.

Завдання: Прийміть рішення щодо глибини налаштування посівного апарату. Обґрунтуйте, як зміна глибини вплине на енергію проростання насіння та чи є необхідність у додатковому прикочуванні ґрунту для підтягування капілярної вологи.

Перевір себе

1. Яке основне призначення вологоміра МГ-44?

A. Вимірювання температури ґрунту

B. Визначення відносної вологості матеріалів

C. Визначення щільності ґрунту

D. Вимірювання кислотності

2. На якому фізичному принципі базується робота МГ-44?

A. Оптичному

B. Гравітаційному

C. Високочастотному електромагнітному

D. Механічному

3. Чому важливо контролювати вологість ґрунту навесні?

A. Для визначення кольору ґрунту

B. Для оцінки родючості

C. Для забезпечення умов проростання насіння

D. Для визначення кислотності

4. Яка рекомендована глибина вимірювання вологості ґрунту у практикумі?

A. 1–3 см

B. 5, 10, 20 см

C. 30–50 см

D. 100 см

5. Скільки часу потрібно чекати після введення датчика в ґрунт?

A. 1–2 секунди

B. 5 секунд

C. 10–30 секунд

D. 1 хвилина

6. Що може спричинити надлишкова вологість ґрунту?

A. Підвищення температури ґрунту

B. Покращення аерації

C. Розвиток ґрунтових патогенів

D. Зменшення маси ґрунту

7. Яка мінімальна кількість точок вимірювання рекомендується?

A. 1

B. 2

C. 3–5

D. 10

8. Що характеризує градієнт вологості?

A. Швидкість висихання ґрунту

B. Зміну вологості з глибиною

C. Температуру ґрунту

D. Щільність ґрунту

9. Що необхідно зробити перед початком вимірювань?

A. Зволожити ґрунт

B. Очистити датчик

C. Висушити прилад

D. Нагріти щуп

10. Яке практичне значення мають результати вимірювання вологості?

A. Визначення кольору ґрунту

B. Вибір техніки

C. Прийняття рішень щодо сівби та поливу

D. Визначення мінерального складу

Відповіді на тести: 1 - **B; 2 - C; 3 - C**; 4 - **B**; 5 - **C**; 6 - **C**; 7 - **C;** 8 - **B**; 9 - **B**; 10 - **C**.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСТОСУНКУ «АГРОПРОФІЛЬ» В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

(Використано матеріали з офіційного сайту ТОВ «ГеоМетр Україна» в рамках договору про співпрацю)

Мета роботи: оволодіти знаннями та уміннями використовувати платформу та застосунок «Агропрофіль» при використанні машин у рослинництві, у тому числі в системах точного землеробства.

3.1. Загальні положення

Цифрова платформа «Агропрофіль» створена для збору, обробки, аналізу та візуалізації просторових і технологічних даних сільськогосподарського виробництва з метою підвищення ефективності управління польовими процесами в системі точного землеробства.

Платформа забезпечує:

- ведення електронних карт полів із прив’язкою до координат;
- моніторинг виконання технологічних операцій із використанням GNSS-навігації;
- формування карт-завдань для диференційованого внесення ресурсів (насіння, добрив, ЗЗР);
- контроль використання сільськогосподарської техніки та оптимізацію її роботи;
- накопичення історичних даних для прийняття управлінських рішень.

У рамках даної практичної роботи платформа «Агропрофіль» використовується як інструмент цифрового супроводу технологічних процесів у рослинництві, що дозволяє:

- оцінювати ефективність використання машинно-тракторних агрегатів;
- аналізувати результати польових робіт;

- формувати просторові моделі стану агроценозів;
- приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації технологій вирощування культур.

Таким чином, застосування платформи «Агропрофіль» є важливим елементом впровадження концепції точного землеробства, що базується на управлінні просторовою варіабельністю агровиробництва.

Зміст роботи

Огляд обладнання та устаткування

За допомогою функції «Сканер QR і штрих-коду» в смартфонах, скануємо QR-код, наведений нижче, заходимо на сайт «shop.gpsgeometer.com».

На сайті знаходимо інформацію про «Агронавігатор geotrack lite», де вивчаємо функції планшетів, приймачів та антен.

Приклад, як використовувати функції

Функції:

• завчасне планування сезонних робіт – аналог технологічної карти;

• облік та планування витрат матеріалів – деталювання витрати пального по окремих операціях та фіксація фактичної витрати;

• складання нарядів на роботи – видача розгорнутого завдання механізатору;

• контроль виконання робіт – фіксація виконання роботи;

• облік використання с.-г. техніки – внесення даних щодо наробітку, місця перебування та тривалості роботи;

• контроль за технікою – встановлення місця перебування техніки під час виконання роботи, руху до та від місця роботи, запис робочого дня.

Обладнання. До найпростішого обладнання відносяться монітори (рис.3.1, а) та антени – GPS-приймачі (рис.3.1, б).



а) б)

Рис. 3.1. Монітор типу GeoTrack (а)
та антена для приймання сигналу GPS (б)

Як правило, в моніторах вбудована антена для приймання сигналу GPS. Однак точність таких антен є невисокою і знаходиться в межах 0,3…0,5 м. Зовнішня антена забезпечує більшу точність – 0,15…0,2 м. Варто зазначити, що точність безкоштовного сигналу постійно зростає.

Антена і монітор мають бути сконтактовані між собою. Зв’язок між зовнішньою антеною та монітором може здійснюватися двома способами: через шнур та за допомогою Bluetooth. Живлення монітора відбувається за допомогою «прикурювальника» або за допомогою внутрішнього акумулятора.

Приклади агронавігаційного обладнання, що пропонуються, наприклад, компанією «ГеоМетр» (Україна) (рис. 3.2, 3.3), є найпростішими для впровадження елементів точного землеробства.

.

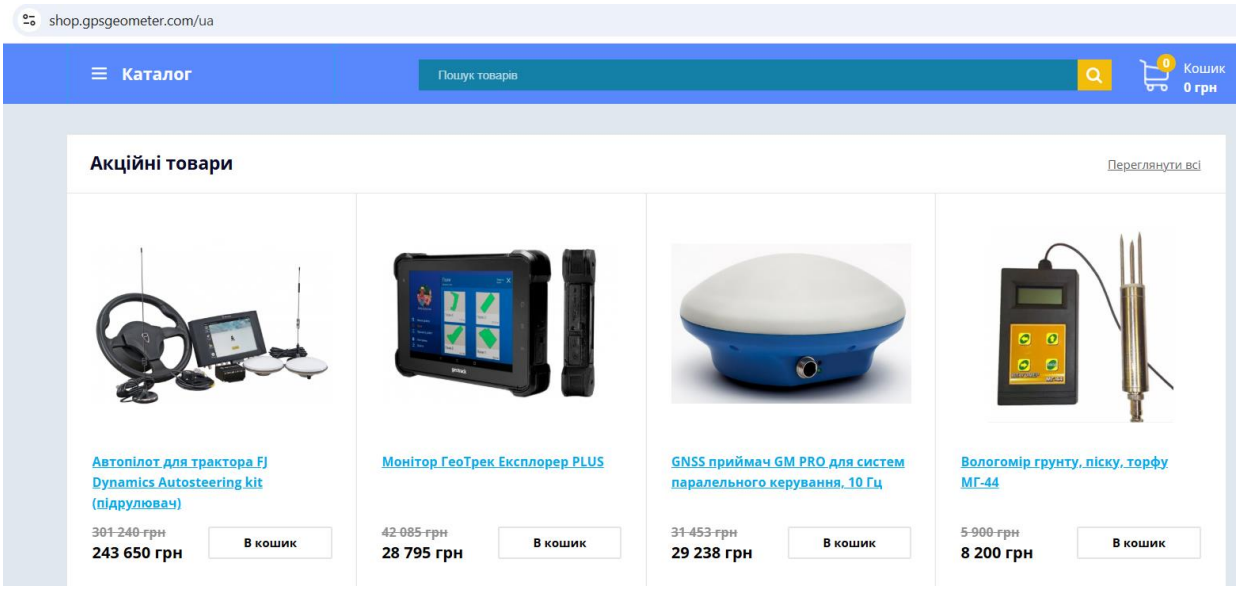


Рис. 3.2. Деякі прилади навігаційного обладнання

Візуалізацію та контроль руху МА оператор отримує зі допомогою монітора (рис.3.3).



Рис. 3.3. Монітор: для паралельного водіння ГеоТрек Експлорер

Після вивчення матеріалу, студенти повинні створити обліковий запис фермерського господарства та наповнити його необхідними ресурсами для повноцінного функціонування підприємства.

Наведене вище обладнання є мобільним і встановлюється на машини будь-якого призначення: трактори, обприскувачі, самохідні комбайни тощо. Антени отримують безкоштовний сигнал GPS з похибками ± 15 см.

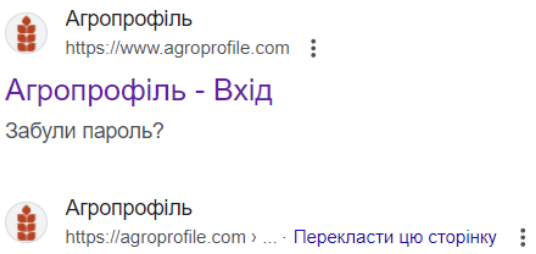
Курсовказівник звуковим і графічним способом допомагає оператору вести агрегат по необхідній лінії. Таким чином формується історія роботи агрегату на полі. На курсовказівнику (моніторі) також відбивається робоча швидкість (V_p) та оброблена площа.

Отримані дані виконаної роботи з вказаного обладнання можна звантажити на флеш-накопичувач та перенести в комп'ютер в спеціальну програму «Агропрофіль». Якщо використовувати монітори ГеоТрек EVO-8, то дані передаються за допомогою інтернет-зв'язку (Wi-Fi).

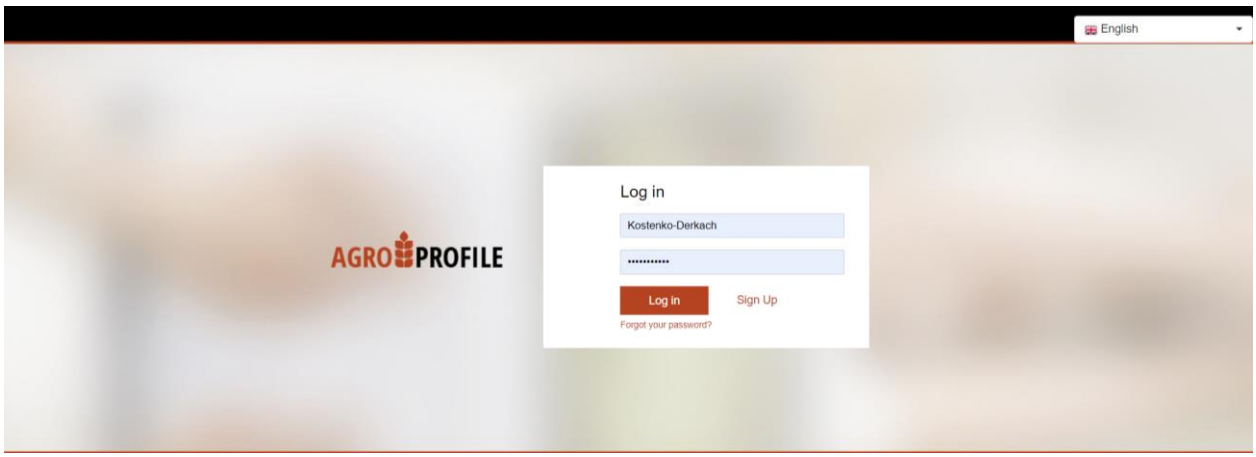
Хід роботи

Для того, щоб зареєструвати акаунт в цифровій платформі «Агропрофіль» необхідно виконати наступні дії:

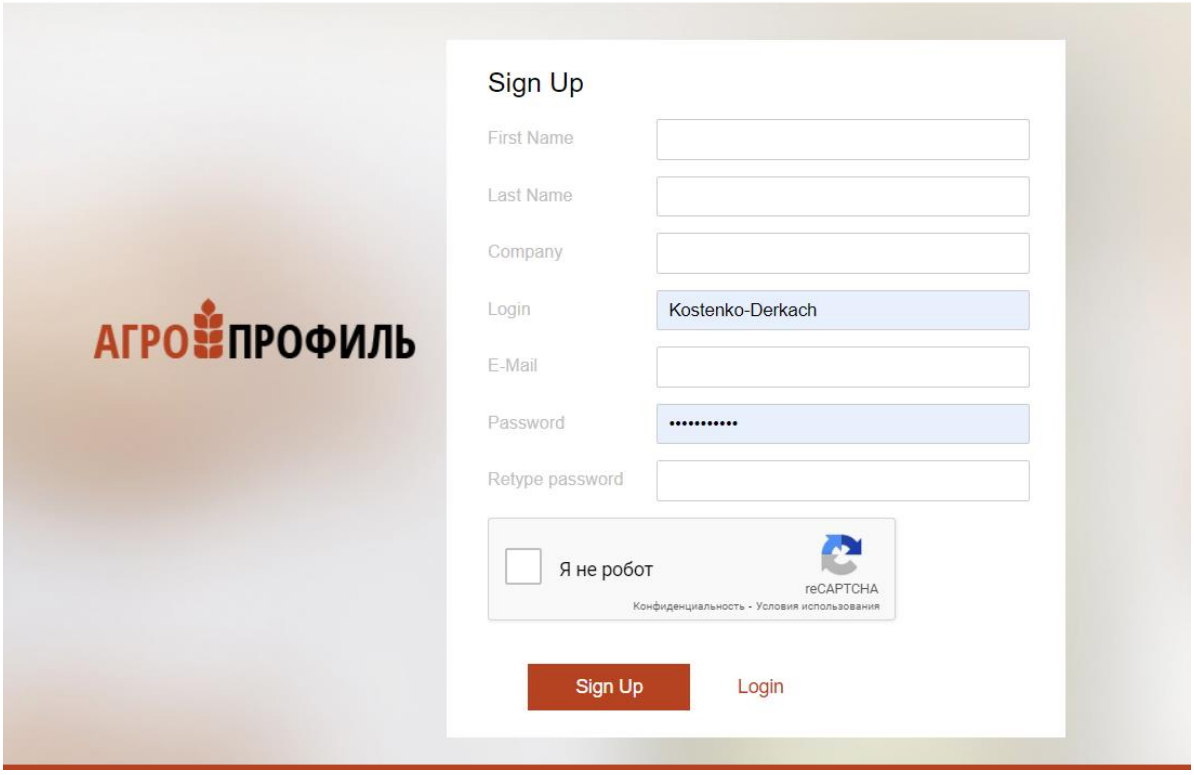
1. Набрати в google-пошукачу слово «Агропофіль». Ви побачите таку картину:



2. Натискуємо «Агропрофіль - Вхід» і створюємо «своє» господарство шляхом введення логіну і паролю, які можуть будь-якими. Натискуємо «Реєстрація». Таким чином, Ви створили безкоштовну онлайн платформу для свого господарства. Реєстрація в даній програмі стандартна, як і реєстрація в будь-якій соцмережі або сучасних програмах.

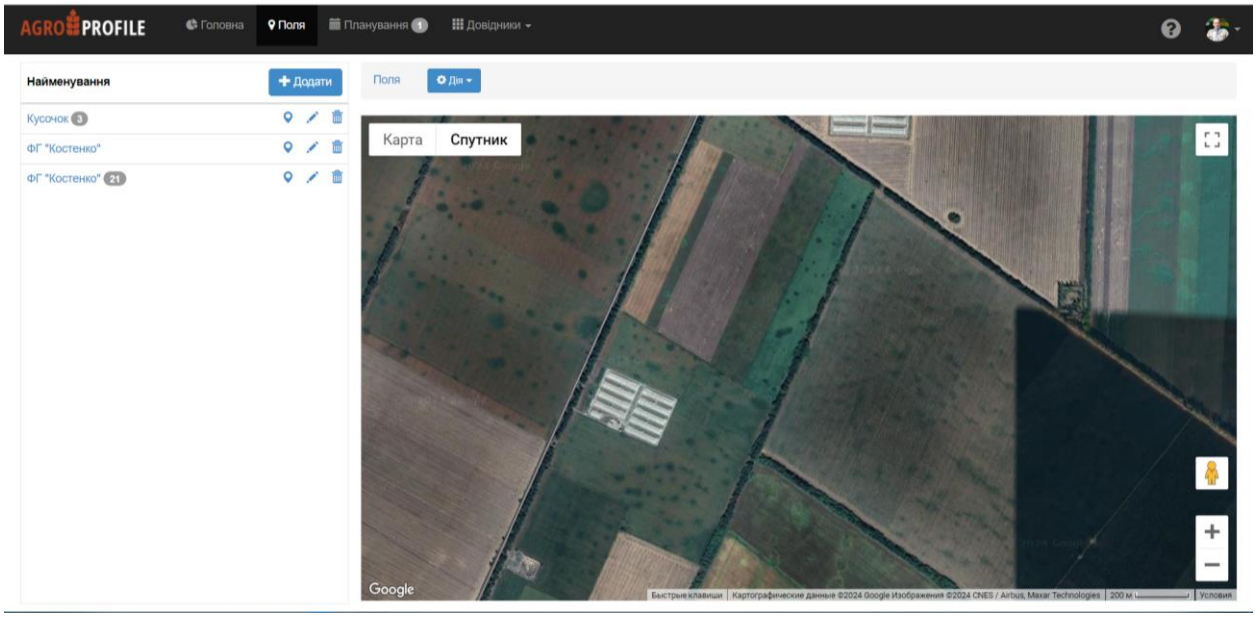


3. Після введення Логіну і Паролю з’явиться вікно розширеної реєстрації, яке Ви заповнюєте, відповідно питань.

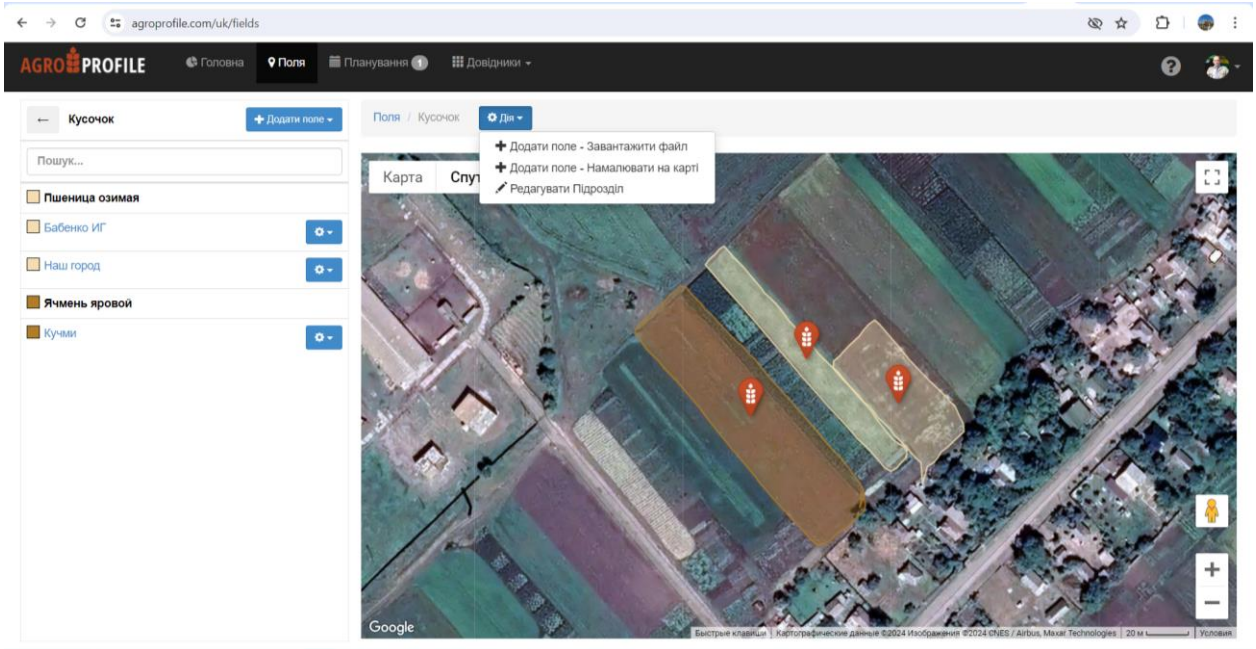


Вигляд інтерфейсу «Агропрофіль»

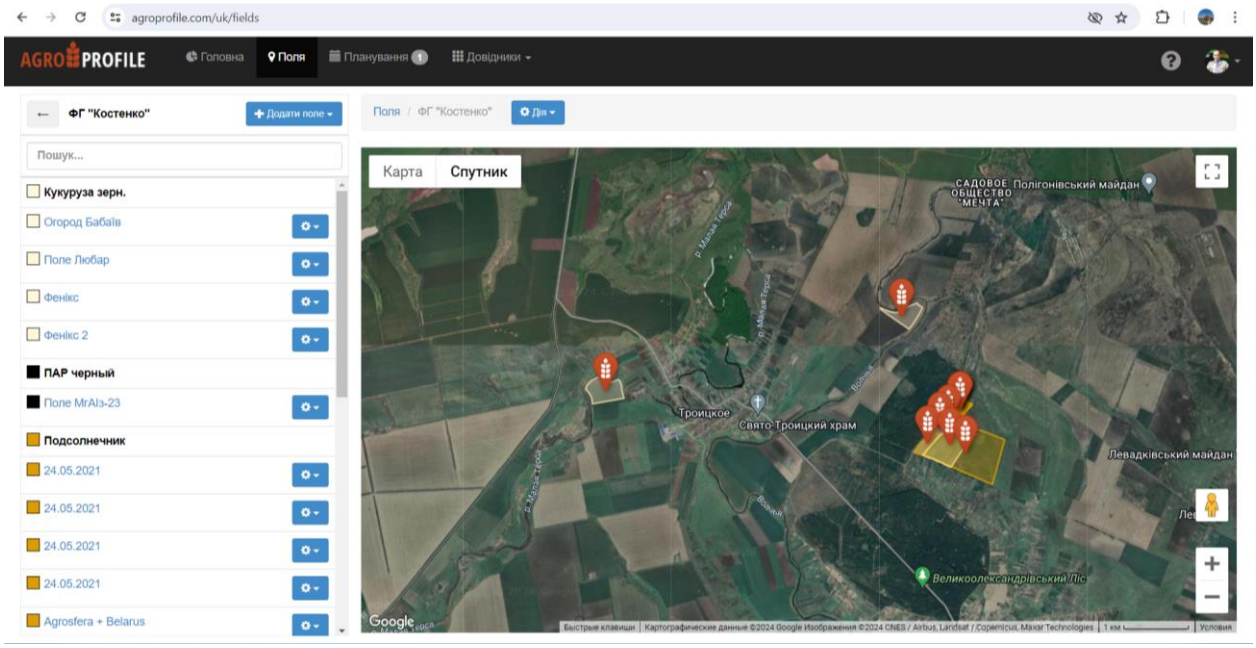
4. Після реєстрації Ви отримаєте готовий до роботи профіль зареєстрованого підприємства. У Вас доступні функції «Головна», де вносяться основні відомості про підприємство; «Поля» – за допомогою Гугл-карт Ви повинні визначити межі своїх полів у наближеному варіанті (точно межі полів встановлюються методом об'їзду з навігатором по краю поля); «Планування» – вкладка про заплановані Вами роботи (по суті – це технологічна карта); «Довідники» - де заносяться відомості про наявну техніку, ПММ, обладнання і т.д.



5. Щоб створити нове поле, необхідно на карті знайти його і у вкладці «Додати поле» натиснути кнопочку «Дія» і вибрати, яким чином Ви будете заносити межі поля. Ми обираємо «+ Додати поле – Намалювати на карті», після чого, акуратно обводимо межі обраного поля до моменту замкнення контуру.

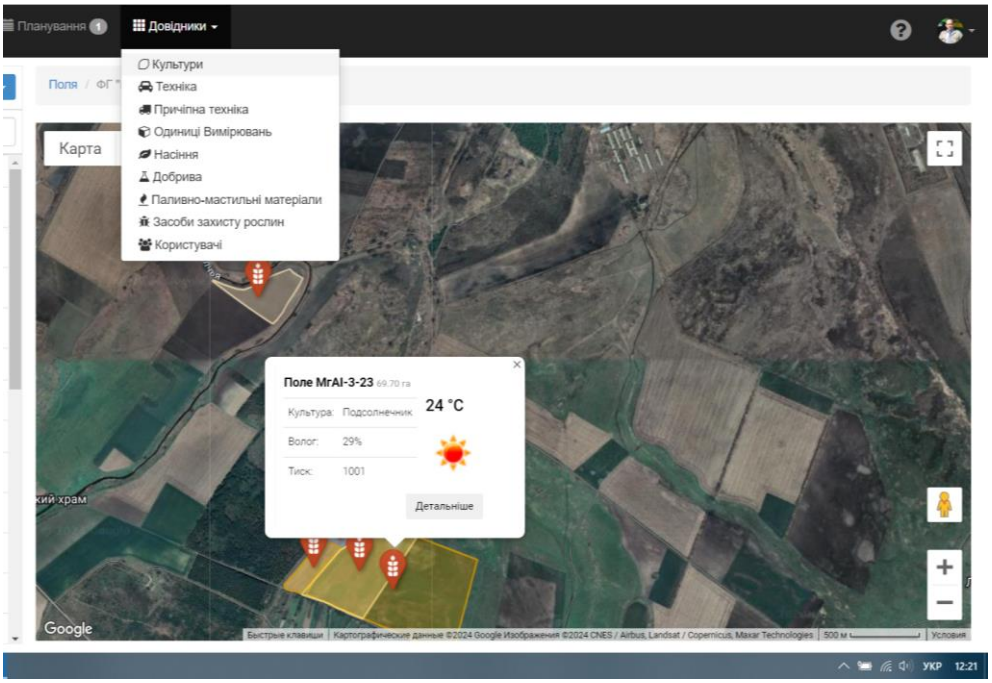


6. Поле можна назвати або присвоїти йому номер. Вказати культуру. Після створення одного поля, переходимо до іншого і так далі. Таким чином, формується земельний банк господарства. На фото – приклад маленького ФГ з декількома полями.



Приклад розташування полів та культур, які на них планується вирощувати або вже вирощуються, наприклад, пшениця озима

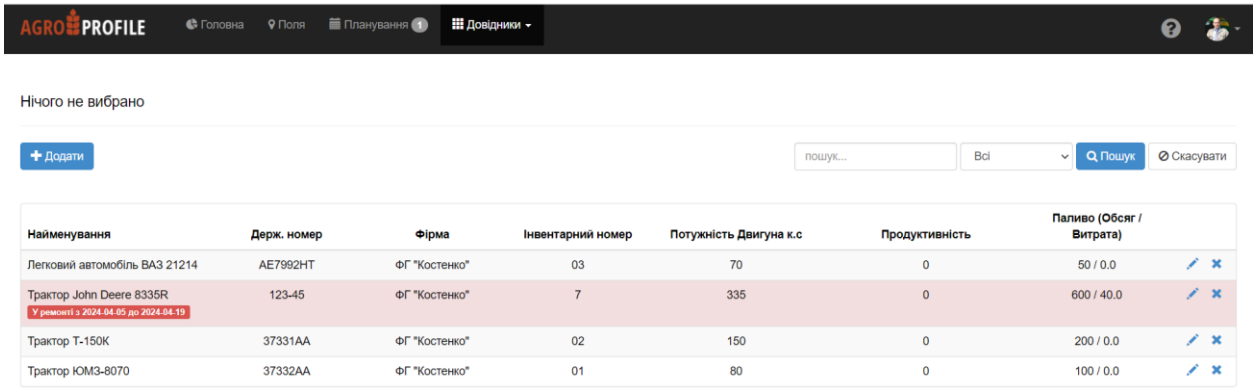
7. В розділ «Довідники» у вкладці «Культури» внесіть три культури, у вкладці «Техніка» чотири марки тракторів, «Причіпна техніка» - плуг, культиватор, сівалку, інший реманент.

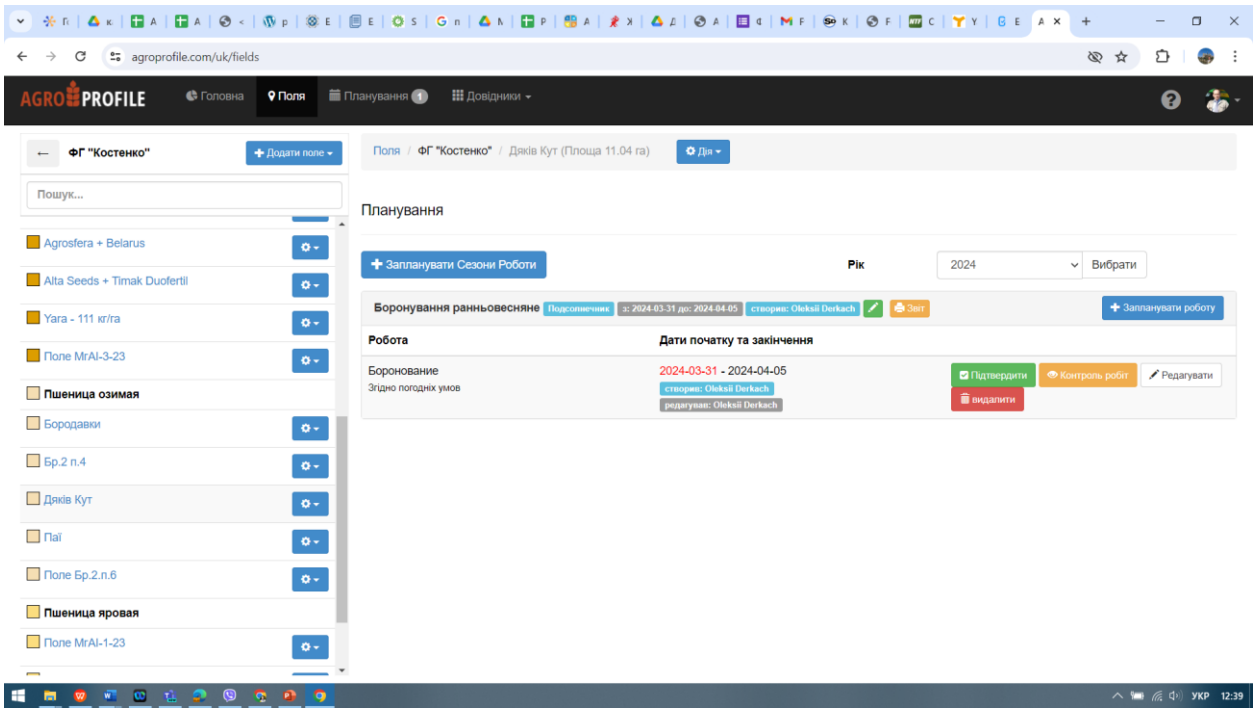


Власник може вносити зміни будь-коли свій профіль. Таким чином, зберігається актуальна інформація про витрати та проведені роботи. Також, до

створених електронних контурів полів, автоматично підтягується інформація про погодні умови на даний момент, що важливо під час посівних та збиральних кампаній, коли поля розташовані далеко одне від одного. Якщо земельний банк підприємства змінюється, можна додати або видалити поля.

Приклад обліку машинно-тракторного парку



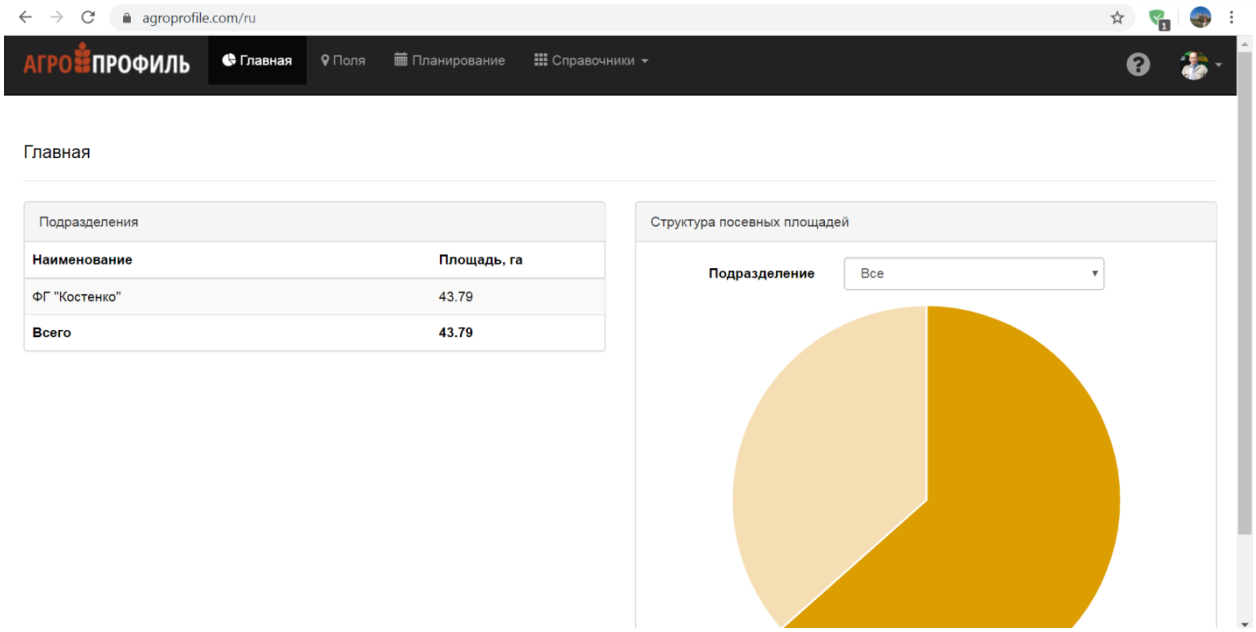


Важливо! Якщо із переліку техніки, якийсь трактор має статус «У ремонті», то при формуванні технологічної карти, програма заблокує планування використання трактора, якщо період ремонту збігатиметься із термінами

виконання запланованої технологічної операції. Це стимулює до дотримання термінів ремонту, завчасного планування та отримання реального стану МТА у господарстві.

Питання: порівняйте функціонал планування робіт в «Агропрофілі» та технологічних карт, які вивчаються студентами в ДДАЕУ. Які недоліки є в обох випадках? Переваги? Чому?

Загальний вигляд земельного банку на прикладі ФГ «Костенко»



Завдання для виконання практичної роботи

1. Після заголовку «Хід роботи» виконайте пункти 1-7 (створіть цифровий профіль фермерського господарства»).

2. Надішліть в особисті повідомлення в чаті Moodle Логін і Пароль створених господарств або надайте скріншоти, які б підтверджували виконану роботу.

3. Після перевірки робота зарахована.

Корисні посилання

1 Agroprofile: система управління агробізнесом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Agroprofile (дата звернення: 27.04.2026).

2 Geometer. Про компанію Geometer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: gpsgeometer.com (дата звернення: 27.04.2026).

3 AgroDay Dnipro 2019. AGRODAY DNIPRO-2019: новітні технології – світовий аграрний тренд [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://shop.gpsgeometer.com/ua/blog/agroday-dnipro-2019-novitni-tehnologii--svitovij-agrarnij-trend?utm_source=chatgpt.coma (дата звернення: 27.04.2026).

Контрольні питання

1. Яке призначення застосунку «Агропрофіль» у системі точного землеробства? Які типи даних він дозволяє збирати та аналізувати?
2. Які просторові дані використовує застосунок «Агропрофіль» і як вони прив’язуються до конкретного поля? Поясніть роль GNSS-координат.
3. Які параметри ґрунту можуть бути внесені або проаналізовані в застосунку «Агропрофіль»? Наведіть приклади з лабораторної роботи.
4. Як результати польових вимірювань (вологість, твердість, температура ґрунту) інтегруються в цифровий профіль поля? Яке значення має коректність введення даних?
5. У чому полягає перевага використання мобільного застосунку порівняно з паперовими журналами обліку? Вкажіть не менше трьох аргументів.
6. Ситуаційне завдання. Під час обстеження поля виявлено ділянку з підвищеною твердістю ґрунту. Які дії доцільно виконати в застосунку «Агропрофіль» для фіксації та подальшого аналізу цієї проблеми?
7. Як дані, отримані в застосунку «Агропрофіль», можуть бути використані для прийняття агротехнологічних рішень? Наведіть приклад для технології точного висіву або обробітку ґрунту.

8. Які потенційні джерела похибок виникають під час збору та введення даних у застосунок «Агропрофіль»? Як їх можна мінімізувати у виробничих умовах?

9. Обґрунтуйте місце застосунку «Агропрофіль» у структурі системи точного землеробства як елемента збору первинних даних. Які етапи перетворення даних у знання він забезпечує?

10. Поясніть роль просторової прив'язки даних у застосунку «Агропрофіль». Як похибка GNSS-позиціонування впливає на коректність цифрового профілю поля?

11. Проаналізуйте взаємозв'язок між показниками вологості, твердості та температури ґрунту, які фіксуються через застосунок. Які з цих параметрів можна вважати первинними, а які — похідними?

12. Оцініть доцільність використання даних, зібраних через застосунок «Агропрофіль», для формування карт диференційованого управління. Які обмеження необхідно враховувати під час такого використання?

13. Поясніть, яким чином мобільні застосунки типу «Агропрофіль» змінюють підхід до польових вимірювань у порівнянні з класичними методами обліку. Які нові вимоги це висуває до інженера-аграрія?

14. Проаналізуйте джерела систематичних та випадкових похибок під час збору даних у застосунку «Агропрофіль». Які технічні та організаційні заходи дозволяють зменшити їх вплив?

15. Зробіть висновок щодо ролі застосунку «Агропрофіль» у переході від усереднених агротехнологій до просторово диференційованого управління агровиробництвом. Які перспективи розвитку таких застосунків ви бачите?

Практичний кейс
«Цифровий слід польових робіт»

Ситуація: у господарстві працює три механізатори на різних полях. Керівник помітив значне відхилення у витратах пального на одній з ділянок.

Завдання: опишіть алгоритм перевірки роботи техніки через «Агропрофіль». Які саме звіти (треки, час роботи, зупинки) допоможуть виявити причину перевитрат: технічна несправність чи порушення швидкісного режиму?

Перевір себе

1. Яке основне призначення платформи «Агропрофіль»?

A. Вимірювання вологості ґрунту

B. Управління польовими роботами та аналіз даних

C. Визначення складу ґрунту

D. Контроль температури повітря

2. Яка технологія використовується для моніторингу руху техніки?

A. Wi-Fi

B. Bluetooth

C. GNSS-навігація

D. Радіозв’язок

3. Що дозволяє створення електронних карт полів?

A. Визначити вологість ґрунту

B. Прив’язати поля до координат і управляти ними

C. Виміряти врожайність

D. Визначити тип ґрунту

4. Що таке “карта-завдання”?

A. Карта температури

B. План внесення ресурсів на полі

C. Географічна карта

D. Карта опадів

5. Яка точність GPS при використанні зовнішньої антени?

A. 1–2 м

B. 0,3–0,5 м

C. 0,15–0,2 м

D. 5–10 см

6. Що відбувається, якщо техніка має статус “У ремонті”?

A. Її можна використовувати без обмежень

B. Вона автоматично видаляється

C. Програма блокує її використання в плануванні

D. Дані про неї не зберігаються

7. Яка функція дозволяє планувати роботи в системі?

A. «Поля»

B. «Довідники»

C. «Планування»

D. «Головна»

8. Як можна передавати дані з монітора в систему?

A. Лише через кабель

B. Через флеш-накопичувач або інтернет

C. Тільки через Bluetooth

D. Лише вручну

9. Що дозволяє аналіз історичних даних?

A. Визначити колір ґрунту

B. Приймати управлінські рішення

C. Виміряти температуру

D. Змінити координати полів

10. Яка головна перевага точного землеробства з використанням платформи?

A. Зменшення кількості техніки

B. Повна автоматизація без участі людини

C. Управління просторовою варіабельністю полів

D. Збільшення площі господарства

Відповіді на тести: 1 - **B**; 2 - **C**; 3 - **B**; 4 - **B**; 5 - **C; 6 - C**; 7 - **C**; 8 - **B**; 9 - **B**; 10 – **C**;

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВИКОРИСТАННЯ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ «ГЕОМЕТР УКРАЇНА»

Мета: навчитися використовувати обладнання для точного землеробства при налаштовуванні паралельного водіння.

Зміст роботи

Викладений в даній практичній роботі матеріал, використано із сайту: https://shop.gpsgeometer.com/blog/kursoukazatel-ili-avtopilot-na-traktor-s-chego-nachat-put-k-avtomatizatsii-rabot-fermeru.

Один із векторів точного землеробства та з чого його починати – впроваджувати паралельне водіння агрегатів. Саме з установки на свої трактори, комбайни та самохідну техніку обладнання для паралельного керування починається шлях до використання технологій точного землеробства, що дозволяє отримувати перші економічні результати за рахунок зменшення перекриття, підвищення темпу робіт та продуктивності агрегатів. Продуктивність агрегатів забезпечується, зокрема, і меншою втомлюваністю механізатора. Наприклад, якщо механізатор працює без навігації, він постійно слідкує і зосереджений на дотриманні агрегату в борозні (або слідкує за перекриттям), йому часто доводиться оглядатися назад. Це призводить до швидкої втоми та, як результат, зменшення робочої швидкості агрегату. Варто зазначити, що при роботі в полі на шляху 100 м механізатор виконує близько 40…50 підкермовувань.

Обладнання для паралельного водіння можна розділити на 2 основні групи:

- курсовказівники (агронавігатори) для сільгосптехніки (трактори, самохідні обприскувачі тощо);
- автопілоти для сільгосптехніки.

Курсовказівник на трактор – пристрій, що дозволяє керувати сільгосптехнікою під час проведення робіт (посів, обприскування, оранка тощо) з

точністю в межах 10…15 см від суміжних проходів при використанні безкоштовного супутникового сигналу. Можливе підвищення точності до 2 см при використанні платних поправок, але зазвичай це не потрібно, тому що витримати таку точність керування при ручному керуванні не завжди можливо.

Курсовказівник на с.-г. техніку включає таку базову комплектацію:

- супутниковий GNSS приймач для позиціонування машинного агрегату в просторі;
- дисплей, він же контролер із встановленим на нього програмним забезпеченням для агронавігації;
- кріплення або докстанції для дисплея та антени;
- кабелі підключення живлення.



Рис. 4.1. Загальний вигляд упаковки та вмісту агронавігатора



Рис. 4.2. Упаковка GNSS приймача для позиціонування супутника та вміст

Антена - GNSS приймач – призначення для прийому супутникового сигналу і встановлюється зовні на кабіні трактора або іншого енергетичного засобу. Як правило міцне кріплення забезпечується магнітами.

Супутникова система навігації (англ. *GNSS — Global Navigation Satellite System*) — комплексна електронно-технічна система, що складається з сукупності наземного та космічного обладнання та призначена для позиціонування в просторі (місцезнаходження в географічній системі координат) і в часі, а також визначення параметрів руху (швидкості, напрямку та ін.) для наземних, водних та повітряних об'єктів. Окрім визначення місця розташування об’єкта сучасні навігаційні системи дозволяють визначити напрямок його руху і швидкість.

На даний час відомо близько 200 організацій, що займаються збором GNSS даних з базових станцій по всьому світу. Вони об’єднані в систему IGS (International GNSS Service), яка, в свою чергу, входить до Міжнародної асоціації геодезії.

GNSS-системи складаються з двох складових: космічної та наземної. Якщо не вдаватися в подробиці, то принцип роботи таких систем полягає у вимірюванні відстані від антени на об’єкті до супутників. Знаючи відстані до декількох супутників, положення яких відомо достатньо точно, навігаційні системи за допомогою звичайних геометричних побудов обчислюють місцезнаходження об’єкта.

Основні діючі і перспективні GNSS системи: GPS (США), GALILEO (Євросоюз), BeiDou (Китай), QZSS (Японія).

З метою підвищення точності позиціювання з декількох метрів до сантиметрів у багатьох країнах створюються наземні системи радіомаяків, а також інформаційна радіосистема для передачі користувачам диференціальних поправок, що дозволяють значно підвищити точність визначення координат.

Диференціальна поправка пересилається або з геостаціонарних супутників (системи WAAS, EGNOS, MSAS і ін.), або з наземних базових станцій [https://systemnet.com.ua/shho-take-gnss-i-yak-ce-pracyuye/].

Схеми паралельного водіння машинно-тракторних агрегатів

Під час роботи з агронавігаторами можуть використовуватись різні схеми руху машинно-тракторного агрегату по полю. Найбільш поширеними є такі:

1. Пряма паралельна схема (АВ-лінія)

Перед початком руху в полі (перший прохід), оператор задає початкову точку **А** та починає рух по полю з виконанням технологічної операції. В кінці гону, перед розворотом він фіксує на екрані монітору кінцеву точку **В**, після чого система автоматично будує паралельні лінії руху агрегату. Важливо, в налаштуваннях перед початком роботи правильно задати робочу ширину захвату агрегату. Саме, спираючись на цей параметр агрегату, система вибудує паралельні лінії для подальших проходів.

Особливості:

- найпростіший режим;
- використовується на прямокутних полях;
- мінімізує перекриття.

Схематично виглядає так:



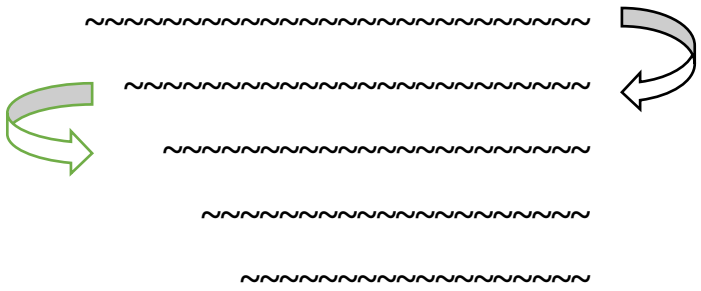
2. Контурна схема (Contour mode)

Траєкторія руху повторює форму поля або рельєфу. Працює аналогічно «паралельній схемі», однак тут копіюється неправильна форма поля. Таким чином, при завершенні виконання робіт на конкретному полі, можливі мінімальні нераціональні перекриття, утворення «клинів» тощо.

Використовується:

- на полях неправильної форми;
- на схилах;
- при роботі вздовж природних контурів.

Схематично виглядає так:



Хід роботи

Для виконання роботи необхідно виконати наступні кроки.

1. Вивчити конструкцію агронавігатора «Геометр Україна».
2. Встановити GNSS-антену на кабіну трактора (комбайна, іншого будь-якого енергетичного засобу). Антена має бути встановлена по осі руху агрегату. Краще її встановити на дах кабіни. Допускається встановлення антени на капоті трактора.
3. Підключити дисплей до джерела живлення.
4. Запустити програмне забезпечення агронавігації. Дочекатися, поки антена визначить місцеположення агрегату та це відобразиться на моніторі.
5. Вибрати режим паралельного водіння АВ-лінія.
6. Задати початкову точку **А** та у кінці гону зафіксувати кінцеву точку **В**.
7. Виконати пробний прохід агрегату.
8. Оцінити точність дотримання траєкторії.

Антена встановлюється на дах енергетичного або транспортного засобу, як показано на прикладі (рис. 4.3). Провід може бути розміщений як зовні, так і в прихованих панелях.



Рис. 4.3. Антена, встановлена на дах VW Caddy

В налаштуваннях монітору встановлений інтелектуально логічний і простий інтерфейс, де ви встановлюєте ширину захвату вашого агрегату. Монітор живиться з «прикурювача» енергозасобу.

Наприклад, Ви обрали фактичну ширину захвату агрегату 4 м. При роботі агрегату, він рухається не прямолінійно, і в разі «заходу» на оброблену ділянку більш як 0,15…0,3 м відбувається голосова підказка «лівіше» або «правіше». Механізатор може не відволікатися на величину перекриття, оглядаючись назад. Також, цей прийом ефективний при роботі в нічний час.

Дуже ефективно використання такого обладнання на широкозахватних агрегатах. І чим більша буде ширина захвату агрегату, тим більша ефективність від застосування навігаційного обладнання.

Наприклад, на боронуванні агрегат ХТЗ-17202 + БЗР-24 має конструктивну ширину захвату 24 м, але фактично вона є меншою, іноді навіть на 0,5…1,0м. Це відбувається тому, що зі збільшенням ширини захвату, величину перекриття стає контролювати важче. І механізатори, аби убезпечити себе від огріхів, створюють більшу смугу перекриття.



Рис. 4.4. Скріншот з екрану монітора. Пройдений шлях 561 м



Рис. 4.5. Скріншот з екрану монітора. Пройдений шлях 1,06 км

Коротке відео про роботу агронавігатора Hummer за посиланням: https://www.youtube.com/watch?v=zvg-qLxf3xE

Розрахункова частина

Встановити, наскільки ефективним є застосування обладнання компанії «Геометр Україна» в системі точного землеробства можна наступним чином.

1. Вибрати в технологічній карті на вирощування однієї культури, ключові операції.

2. Розраховуємо продуктивність та затрати пального та праці людини для двох випадків: існуючих – без застосування навігаційного обладнання; проектного – із застосуванням навігаційного обладнання, наприклад, агронавігатора Hummer або GM Pro.

3. Порівнюємо отримані результати та робимо практичний висновок про доцільність застосування.

Щоб виконати ці завдання, необхідно отримати вихідні дані стосовно властивостей машинно-тракторних агрегатів або розрахувати їх. Це такі: продуктивність агрегату, витрати пального на одиницю площі, фактичну ширину захвату та інші.

Практичне завдання

Для визначення ефективності застосування вказаних систем, пропонується обрати один з варіантів і розрахувати фактичну продуктивність, кількість витраченого пального при роботі агрегату без агронавігатора та з його використанням. Параметри поля додаються.

Технологічні операції на вибір для розрахунку:

- ранньовесняне боронування, агрегат ХТЗ-17221+СГ-21+21БЗСС-1,0;
- культивація, агрегат ХТЗ-17221+БПК-8;
- пряме комбайнування комбайном КЗС-11 «Дніпро-350», укомплектованого жаткою, шириною захвату $B_к = 6$ м.

Поле, позначене в програмному середовищі «Агропрофіль» поле площею 115 га. Параметри поля: довжина гону 1580 м, ширина – 931 м. Рух агрегату в даному випадку буде вздовж короткого боку поля, тобто 931 м.

Вихідні дані до технологічної операції «Культивація»:

- агрегат ХТЗ-17221 + БПК-8;
- робоча швидкість руху Vр = 9 км / год;
- глибина обробітку – до 10 см;

- витрата пального – g = 6,7 л/га;
- величина перекриття без застосування агронавігатора: $B_п$ = 0,4 м;
- величина перекриття із застосуванням агронавігатора Hummer: $B_п$ = 0,15 м;
- спосіб руху – човниковий.

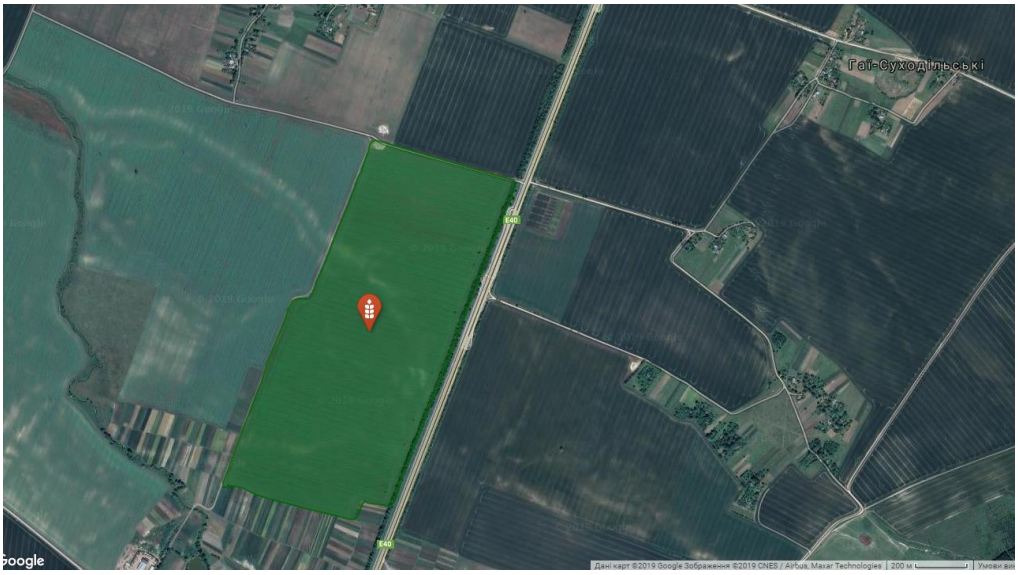


Рис. 4.6. Скріншот поля, для якого проведемо розрахунки



Рис. 4.7. Агрегат ХТЗ-17721 + БПК-8

Ранньовесняне боронування агрегатом: ХТЗ-150К-09+СГ-21+21БЗСС-1,0.

- агрегат ХТЗ-150К-09 + СГ-21 + 21БЗСС-1,0;
- робоча швидкість руху Vр = 10 км / год;
- глибина обробітку – до 3 см;
- витрата пального – g = 1,7 л/га;

- величина перекриття без застосування агронавігатора: $B_п = 0,8$ м;
- величина перекриття із застосуванням агронавігатора Hummer: $B_п = 0,2$ м;
- спосіб руху – човниковий.



Рис. 4.8. Агрегат ХТЗ-150К-09 + СШГ-21 + БЗСС-1,0

Вихідні дані до технологічної операції «Пряме комбайнування»:

Агрегат – зернозбиральний комбайн КЗС-11 «Дніпро-350» з жаткою фронтальною ЖЗВ-60,6, з електрогідравлічним копіюванням рельєфу поля в повздовжньому і поперечному напрямках, шириною захвату $B_к = 6$ м. Приймемо такі вихідні дані:

- робоча швидкість руху Vр = 7 км / год;
- витрата пального – g = 14,3 л/га;
- робоча ширина захвату: $B_р = 0,96 \cdot B_к = 0,96 \cdot 6 = 5,76$ м;
- фактична величина перекриття: $B_п = 0,4$ м.
- величина перекриття із застосуванням агронавігатора Hummer: $B_п = 0,15$ м;



Рис. 4.9. Загальний вигляд комбайна КЗС-11 «Дніпро-350»

Пропонуємо, як інженерам, зробити власні розрахунки, основані на логічних математичних рішеннях і результати заповнити в таблиці, наведеній нижче.

Таблиця 4.1.– Показники ефективності агрегатів без застосування агронавігатора та з його застосуванням

Показник / операція	Культивація		Боронування		Пряме комбайнування	
	Базовий	Проект	Базовий	Проект	Базовий	Проект
Робочі ходи						
Паразитна площа, га						
Втрати часу, год.						
Пальне, л						
Коеф. робочих ходів						
Економія, грн.						

За результатами розрахунків зробити власні висновки.

Примітка. *Вчіть технології точного землеробства*. Бо в рф тепер розбивка на загінки буде виконуватись так: «Подготовка поля к проведению операции включает также разметку вехами (из веток или части кустов) мест заезда МТА, первого прохода, а при движении с перекрытием и комбинированных способах – двух первых проходов».

Бо John Deere та ряд інших виробників припинив обслуговування і постачання систем точного землеробства в рф.

Варіанти завдань*

Варіант	Площа, га	Довжина гону, м	Ширина поля, м	Напрям руху
Культивація ХТЗ-17221 + БПК-8				
1	80	1200	667	вздовж довгого боку
2	115	1580	931	вздовж короткого боку
3	150	1800	833	вздовж довгого боку
4	200	2000	1000	вздовж короткого боку
Ранньовесняне боронування ХТЗ-150К-09 + СШГ-21 + БЗСС-1,0				
5	80	1200	667	вздовж довгого боку

Варіант	Площа, га	Довжина гону, м	Ширина поля, м	Напрям руху
6	115	1580	931	вздовж короткого боку
7	150	1800	833	вздовж довгого боку
8	200	2000	1000	вздовж короткого боку
Збирання врожаю комбайном КЗС-11 «Дніпро-350»				
9	80	1200	667	вздовж довгого боку
10	115	1580	931	вздовж короткого боку
11	150	1800	833	вздовж довгого боку
12	200	2000	1000	вздовж короткого боку

*витрату пального, робочі швидкості будуть для всіх однакові, як вказано на с. 45-47 «Практичного завдання».

Контрольні питання

1. Яке призначення навігаційного обладнання «Геометр Україна» у системах точного землеробства? Які технологічні операції найбільш доцільно виконувати з його використанням?

2. З яких основних апаратних та програмних компонентів складається система «Геометр Україна»? Охарактеризуйте їх функції.

3. На яких принципах супутникової навігації ґрунтується робота обладнання «Геометр Україна»? Які навігаційні сигнали використовуються для визначення положення агрегату?

4. Поясніть вплив точності навігаційного визначення координат на фактичну ширину захвату агрегату. Як навігаційне обладнання дозволяє зменшити перекриття та пропуски?

5. Ситуаційне запитання. Під час роботи агрегату без навігаційного обладнання перекриття між проходами становить близько 10 %, а з використанням «Геометр Україна» — 3 %. Яким чином це вплине на продуктивність і витрати пального при обробітку поля площею 115 га?

6. Які джерела похибок можуть впливати на роботу навігаційного обладнання «Геометр Україна» в польових умовах? Які організаційні або технічні заходи дозволяють їх мінімізувати?

7. Охарактеризуйте роль оператора під час роботи з навігаційним обладнанням типу «Геометр Україна».

8. Зробіть висновок щодо доцільності впровадження навігаційного обладнання «Геометр Україна» в господарствах різної площі. У яких умовах його застосування є найбільш ефективним?

Перевір себе

1. З чого починається шлях до впровадження технологій точного землеробства згідно з матеріалом?

А) З купівлі нових тракторів.

Б) З впровадження паралельного водіння агрегатів.

В) Зі зміни посівного матеріалу.

Г) З аналізу ґрунту.

2. Яку середню точність забезпечує курсовказівник при використанні безкоштовного супутникового сигналу?

А) 2–5 см.

Б) 10–15 см.

В) 30–50 см.

Г) До 1 метра.

3. Яка кількість підкермовувань у середньому виконується механізатором на шляху 100 м без використання навігації?

А) 10–20.

Б) 20–30.

В) 40–50.

Г) Понад 100.

4. Що входить до базової комплектації курсовказівника?

А) GNSS приймач, дисплей-контролер, кріплення та кабелі живлення.

Б) Тільки монітор та антена.

В) Гідравлічний насос та датчик кута повороту коліс.

Г) Радіостанція та планшет.

5. Яке призначення GNSS антени (приймача) і де її рекомендується встановлювати?

А) Для вимірювання швидкості вітру; встановлюється на капоті.

Б) Для прийому сигналу; встановлюється всередині кабіни.

В) Для прийому супутникового сигналу; встановлюється зовні на даху кабіни по осі руху.

Г) Для зв'язку з диспетчером; встановлюється на задній навісці.

6. Що таке система IGS (International GNSS Service)?

А) Виробник агронавігаторів.

Б) Система, що об’єднує організації, які збирають GNSS дані з базових станцій по всьому світу.

В) Назва американських супутників.

Г) Програма для розрахунку пального.

7. Яку схему руху (режим) слід обрати для роботи на полях прямокутної форми для мінімізації перекриттів?

А) Контурна схема (Contour mode).

Б) Кругова схема.

В) Пряма паралельна схема (АВ-лінія).

Г) Довільний рух.

8. Яким чином відбувається фіксація траєкторії в режимі АВ-лінія?

А) Система автоматично знаходить межі поля.

Б) Оператор задає початкову точку А та кінцеву точку В на першому проході.

В) Потрібно об'їхати поле по периметру три рази.

Г) Точки А і В встановлюються лише сервісним інженером.

9. Як агронавігатор допомагає механізатору, якщо агрегат відхиляється від заданої лінії більш ніж на 0,15–0,3 м?

А) Трактор автоматично зупиняється.

Б) Вмикається світловий сигнал тривоги.

В) Відбувається голосова підказка «лівіше» або «правіше».

Г) Блокується подача пального.

Відповіді на тести: 1 – Б; 2 – Б; 3 – В; 4 – А; 5 – В; 6 – Б; 7 – В; 8 – Б; 9 – В.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

ВИКОРИСТАННЯ АГРОНАВІГАТОРУ «ГЕОТРЕК ЛАЙТ» ЯК РІШЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИКОНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБІТ

Мета роботи: вивчити функціонал та принцип роботи системи паралельного водіння «ГеоТрек ЛАЙТ» з приймачем GM SMART та ліцензійним програмним забезпеченням Geotrack.

5.1. Основні відомості

В сучасному агровиробництві точність виконання польових операцій перестала бути лише питанням естетики поля. Сьогодні це ключовий чинник економічного виживання господарства. Впровадження систем паралельного водіння, таких як «Геотрек Лайт», є першим і найважливішим кроком до переходу на стандарти точного землеробства (Precision Agriculture).

Чому необхідно підвищувати точність виконання робіт?

Необхідність підвищення точності зумовлена трьома критичними факторами: економією ресурсів, збереженням потенціалу ґрунту та людським чинником.

1. Мінімізація перекриттів та «огріхів»: при роботі «на око» механізатор неминуче допускає перекриття сусідніх проходів. На широкозахватних агрегатах (наприклад, при внесенні добрив або обприскуванні) ширина накладання може сягати 0,5–1,0 м. Це призводить до перевитрат пального, насіння та дорогої агрохімії. Навпаки, «огріхи» (необроблені ділянки) стають осередками розмноження бур'янів та шкідників, що знижує загальну врожайність поля.

2. Оптимізація витрат на ЗЗР та добрива: подвійне внесення препаратів на зонах перекриття викликає хімічний стрес у рослин (гербіцидний опік) або надмірне накопичення азоту, що веде до вилягання посівів. Точне водіння гарантує рівномірність розподілу ресурсів, що безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції.

3. Робота в умовах обмеженої видимості: Технологічні терміни в сільському господарстві часто вимагають роботи в нічний час, у туман або при високій запиленості. Без навігаційного обладнання якісна робота в таких умовах неможлива. Використання курсовказівника дозволяє техніці працювати цілодобово без втрати якості водіння.

4. Зниження стомлюваності оператора: Постійна концентрація на дотриманні колії виснажує механізатора. Використання візуальних та голосових підказок системи «Геотрек Лайт» дозволяє оператору більше уваги приділяти контролю за робочими органами агрегату, що підвищує загальну швидкість та продуктивність роботи.

Система «Геотрек Лайт» є раціональним рішенням для господарств, які прагнуть отримати максимальний результат при помірних інвестиціях. Завдяки використанню високоефективного GNSS приймача, прилад забезпечує стабільну точність на рівні 15–20 см на безкоштовному сигналі, що є ідеальним для таких операцій, як:

- внесення мінеральних добрив;
- обприскування;
- базовий обробіток ґрунту (оранка, культивація, дискування).

Технологічні переваги рішення:

- Режим АВ-лінія: дозволяє вибудувати ідеальну сітку паралельних проходів на полях правильної форми, зводячи людську помилку до мінімуму.
- Облік обробленої площі: прилад у реальному часі зафарбовує пройдені ділянки на екрані, що дає змогу точно бачити площу фактично виконаних робіт і виключає маніпуляції зі звітами про витрату пального.
- Гнучкість налаштувань: можливість миттєво змінювати ширину захвату агрегату дозволяє використовувати один прилад на різних тракторах та з різним навісним обладнанням протягом усього сезону.

5.2. Будова та принцип роботи агронавігатора «Геотрек Лайт»

Агронавігатор «Геотрек Лайт» належить до систем **візуального навігаційного супроводу (lightbar)** та призначений для допомоги оператору в утриманні прямолінійного руху агрегату з мінімальними перекриттями та пропусками.

Пристрій використовує сигнали супутникових навігаційних систем для визначення положення агрегату та відображає відхилення від заданої траєкторії у вигляді світлових або графічних індикаторів.

Система паралельного водіння «ГеоТрек ЛАЙТ» являє собою високоточний комплект, розроблений для забезпечення ефективного водіння широкозахватної техніки. Основою комплекту слугують два ключові елементи: дисплей 8.7 дюймів та зовнішній GNSS-приймач GM SMART. Дисплей, який являє собою планшет із діагоналлю 22,1 см, має інтуїтивно зрозуміле меню, що дозволяє механізатору легко освоїти керування приладом без спеціальної підготовки; всі команди виконуються одним дотиком до екрана. Приймач GM SMART є адаптованим для агронавігації і забезпечує високу стабільність сигналу завдяки 335 каналам для одночасної роботи з усіма доступними супутниковими системами: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU та SBAS. Ця багатосистемність гарантує базову точність паралельного водіння на рівні 15 см від ряду до ряду.

Комплект постачається з ліцензійним програмним забезпеченням Geotrack, яке забезпечує стабільну роботу та можливість самостійного оновлення до останньої версії. Приймач GM SMART є зовнішнім блоком і живиться від USB 5В через адаптер від прикурювача. Прилад захищений від пилу та вологи, а для зручності експлуатації та захисту планшета в комплекті передбачені промислове вібростійке кріплення RAM та захисний чохол. Також важливою перевагою комплекту є безстрокова технічна підтримка програмного забезпечення Geotrack, що забезпечує користувачеві можливість віддаленого обслуговування приладу фахівцями компанії без виїзду в поле.



Рис. 5.1 Зовнішній вигляд агронавігатору «ГеоТрек ЛАЙТ»

5.3. Призначення та економічна ефективність у сільському господарстві

Основне призначення системи «ГеоТрек ЛАЙТ» полягає в оптимізації та контролі виконання польових операцій, таких як посів, обприскування та внесення мінеральних чи органічних добрив. Вона вирішує критичні проблеми, пов'язані з людським фактором, оскільки дозволяє точно управляти технікою навіть в умовах поганої видимості - вночі, у тумані або при високій запиленості, - значно подовжуючи ефективний робочий час. Система відтворює траєкторію руху техніки у вигляді треку і постійно виводить на екран візуальні підказки, які допомагають оператору підтримувати курс, запобігаючи як появі огріхів (необроблених ділянок), так і недопустимим перекриттям.

Система «ГеоТрек ЛАЙТ» з приймачем GM SMART забезпечує стабільну точність до 15 см від ряду до ряду. Ця точність, досягнута завдяки роботі з усіма доступними супутниковими системами, дозволяє мінімізувати перекриття до економічно допустимого мінімуму. Завдяки візуальним підказкам та постійному відображенню зафарбованої обробленої площі на великому 8.7-дюймовому екрані, оператор чітко бачить, де слід розпочати наступний прохід.

5.4. Ефективність «ГеоТрек ЛАЙТ» на широкозахватних агрегатах та економічне обґрунтування

Впровадження системи паралельного водіння «ГеоТрек ЛАЙТ» набуває найбільшої економічної та технологічної значущості саме при роботі з широкозахватними агрегатами — багатокорпусними плугами, культиваторами із шириною до 12 метрів або обприскувачами з довжиною штанги 24 метри й більше. Чим ширше знаряддя, тим критичнішою стає точність водіння, і тим більшими є фінансові втрати від найменшої похибки, не кажучи вже про людський фактор. «ГеоТрек ЛАЙТ» усуває ці ризики, перетворюючи широкозахватну техніку на високоефективний та контрольований інструмент.

Принцип зниження помилок та перекриттів

При роботі з широкою технікою водій фізично не може візуально контролювати точне стикування кожного проходу, особливо на довгих гонах або в умовах низької видимості. Наприклад, якщо оператор помиляється лише на 30 сантиметрів при ширині захвату 10 метрів, це створює або пропуск (огріх), що вимагає повторного проходу, або перекриття на ці 30 сантиметрів. Якщо такий пропуск або перекриття становить лише 3% від ширини агрегату, то на полі площею 100 гектарів це призводить до 3 гектарів зайвої або неякісної обробки. Неякісна обробка означає, як отримання зовсім необроблених ділянок, так і оброблених двічі. В обох випадках – це незадовільна робота.



Рис. 5.2. Приклад необхідності використання агронавігатора на широкозахватних агрегатах

Впровадження цього агронавігатора забезпечує прямий економічний ефект адже паралельне водіння виключає необхідність повертатися на пройдені ділянки для доопрацювання, що призводить до економії палива та часу. Що важливіше, завдяки точному розподілу гербіцидів та посівних матеріалів виключається їх перевитрата на ділянках повторної обробки, забезпечуючи значну економію гербіцидів та посівних матеріалів. Система постійно фіксує якість обробки в режимі реального часу, відображаючи оброблену площу та підрахунок перекриттів з виділенням їх іншим кольором, що надає керівнику чи обліковцю об'єктивні дані для оцінки ефективності роботи.

5.5. Використання як науковий матеріал та організація практикуму

Робота студента починається з етапу цифрової підготовки у системі: необхідно точно занести до системи ширину захвату агрегату (з точністю до сантиметрів, наприклад, 2400 см для обприскувача), що є фундаментальним параметром для коректного розрахунку площі та перекриттів. При цьому 15 см базової точності приймача GM SMART стають точкою відліку для мінімізації похибки.

Збір, документування та кількісний аналіз даних

Після визначення параметрів агрегату, студент обирає один із п'яти шаблонів водіння. Наприклад, для фіксації складних, неправильних контурів поля обирається режим «Периметр-Крива АВ». Під час виконання завдання система «ГеоТрек ЛАЙТ» не просто записує трек руху, а фіксує тисячі георефенсованих точок із частотою, достатньою для плавної навігації. Паралельно прилад точно вимірює площу та зберігає карту полів із детальною інформацією про роботу. До цієї інформації входять такі важливі показники, як тип роботи, швидкість руху (наприклад, 12,5 км/год), загальний час виконання роботи та критично важливий відсоток перекриттів. Завдяки цим даним, студент може провести кількісний аналіз ефективності: наприклад, при середньому перекритті 5% на полі площею 50 га, система точно фіксує, що 2,5 га були оброблені двічі, що дозволяє розрахувати прямі втрати ресурсів.

Таблиця 5.1. – Приклад економії на матеріалах при забезпеченні вищої точності обробітку

Тип агрегату	Ширина захвату (приклад)	Базова точність системи	Економія ресурсів (порівняно з візуальним контролем)
Обприскувач	2400 см	15 см	До 8−10% на ЗЗР
Сівалка	600 см	15 см	До 5% на посівному матеріалі

Інтеграція, контроль якості та хмарні метрики

Ключовим аспектом використання як наукового матеріалу є повна синхронізація з офісом через вбудований Wi-Fi або мобільний Інтернет. Система здійснює синхронізацію полів та всіх зафіксованих робіт з онлайн-системою «Агропрофіль». Цей хмарний портал дозволяє дистанційно контролювати хід виконання робіт — оновлення на сервері відбувається кожні 5 хвилин, що є достатнім для оперативного втручання та контролю якості. Зібрані дані, які мають точну географічну прив'язку та часову мітку, можуть бути використані для аналізу ефективності роботи техніки, порівняння витрат між різними агрегатами чи операторами, а також для наукового обґрунтування економії у відсотковому та грошовому виразі. Студенти можуть витягувати з «Агропрофілю» файли у стандартних ГІС-форматах для подальшого глибокого просторового аналізу, підтверджуючи, що польові операції інтегровані в єдину екосистему управління підприємством.

Хід роботи

За відсутності техніки

Студент імітує вісь руху агрегату, рухаючись пішки з навігатором.

Ширина захвату задається **умовно** (наприклад, 6; 12; 18 м), але її можна відобразити в навігаторі у налаштуваннях.

1. Підготовка полігону

- Розмітити прямокутну ділянку (наприклад, 40 × 80 м).
- Встановити базову лінію руху (мотузка або візуальна вісь).

2. Проходи без навігації

- Виконати 5 паралельних проходів, орієнтуючись «на око».
- Встановлювати кілки по траєкторії руху.
- Виміряти фактичну відстань між суміжними «проходами».

3. Проходи з агронавігатором

- Налаштувати «Геотрек Лайт»:
  - ширина захвату;
  - базова лінія;
  - напрям руху.
- Повторити ті самі проходи, орієнтуючись на індикацію навігатора.

Таблиця 5.2. – Результати експерименту

Показник	**Без навігації**	**З навігацією**
Середня фактична ширина проходу, м		
Середнє перекриття, м		
Перекриття, %		

Порядок виконання роботи у разі використання машинно-тракторного агрегату

1. Підготовка ділянки

На навчальній ділянці або умовному полі розмітити:

- базову лінію руху;
- смугу шириною, що відповідає захвату знаряддя (B).

2. Рух агрегату без агронавігатора

- Виконати 3…5 паралельних проходів, орієнтуючись візуально.
- Зафіксувати фактичні відхилення траєкторії та перекриття між проходами.
- Виміряти відстань між суміжними слідами.

3. Налаштування агронавігатора «Геотрек Лайт»

- Увімкнути прилад.
- Ввести ширину захвату знаряддя.
- Задати напрям базової лінії.
- Активувати режим навігації.

4. Рух агрегату з використанням «Геотрек Лайт»

- Повторити аналогічну кількість проходів.
- Орієнтуватися виключно на індикацію навігатора.
- Зафіксувати перекриття та відхилення траєкторії.

Таблиця 5.3. – Порівняння точності руху агрегату

Показник	**Без навігації**	**З «Геотрек Лайт»**
Середнє перекриття, м		
Перекриття, %		
Фактична ширина захвату, м		
Орієнтовна продуктивність, га/год		

Зробіть висновки за отриманими результатами вимірювань.

Контрольні питання

1. Яке призначення агронавігатора «Геотрек Лайт» у системі точного землеробства та які його основні функціональні можливості?

2. Поясніть принцип визначення положення агронавігатором «Геотрек Лайт» на основі сигналів GNSS. Які фактори впливають на точність позиціонування?

3. Що таке перекриття та пропуски при виконанні польових робіт? Як використання агронавігатора впливає на ці показники?

4. Як задається та використовується параметр “ширина захвату” в агронавігаторі «Геотрек Лайт»? Які наслідки має його неправильне налаштування?

5. Поясніть різницю між візуальним орієнтуванням оператора і навігаційним супроводом агрегату. У яких умовах переваги агронавігатора проявляються найсильніше?

6. Наведіть приклад розрахунку впливу зменшення перекриття на фактичну продуктивність машинно-тракторного агрегату.

7. Які технологічні операції в рослинництві є найбільш доцільними для впровадження агронавігатора початкового рівня, такого як «Геотрек Лайт»? Обґрунтуйте відповідь.

8. Оцініть економічний та організаційний ефект від використання агронавігатора «Геотрек Лайт» у господарстві середнього розміру (100–300 га). Які показники доцільно використовувати для такої оцінки?

Практичний кейс

Кейс: «Нічна зміна без прогріхів»

Ситуація: Потрібно внести засоби захисту рослин на озиму пшеницю в нічну зміну (причина: підвищена температура повітря та швидкість вітру вдень). Робоча ширина захвату обприскувача – 24 м.

Завдання: Налаштуйте прилад «ГеоТрек Лайт» для роботи в режимі «паралельне водіння». Розрахуйте площу перекриттів на полі 100 га, якщо

механізатор буде працювати без навігатора з похибкою 0,5 м на кожному проході. З використанням навігатора перекриття складе в межах 0,15 м.

Перевір себе

1. Які два ключові елементи є основою комплекту «ГеоТрек ЛАЙТ»?

- А) Смартфон та внутрішня антена.
- Б) Дисплей 8.7 дюймів та зовнішній GNSS-приймач GM SMART.
- В) Ноутбук та радіомодем.
- Г) Датчик швидкості та лазерний сканер.

2. Скільки каналів має приймач GM SMART для роботи з супутниковими системами?

- А) 12 каналів.
- Б) 72 канали.
- В) 335 каналів.
- Г) 1000 каналів.

3. Яку базову точність від ряду до ряду гарантує багатосистемність приймача GM SMART?

- А) 2 см.
- Б) 15 см.
- В) 50 см.
- Г) 1 метр.

4. Яка особливість програмного забезпечення Geotrack щодо технічної підтримки?

- А) Підтримка платна кожного місяця.
- Б) Підтримка надається лише при купівлі нового трактора.
- В) Безстрокова технічна підтримка з можливістю віддаленого обслуговування.
- Г) Підтримка відсутня після встановлення.

5. Який економічний ефект (у відсотках) очікується на ЗЗР при використанні системи на обприскувачі з захватом 2400 см?

- А) До 2%.
- Б) До 5%.
- В) До 8–10%.
- Г) Понад 25%.

6. Який режим водіння в системі «Геотрек Лайт» найкраще підходить для фіксації складних, неправильних контурів поля?

- А) Пряма АВ.
- Б) Адаптивна крива.
- В) Периметр-Крива АВ.
- Г) Коловий рух.

7. З якою частотою відбувається синхронізація даних між навігатором та хмарним порталом «Агропрофіль»?

- А) Щогодини.
- Б) Кожні 5 хвилин.
- В) Раз на добу.
- Г) Тільки після завершення всіх робіт на полі.

8. Що є фундаментальним параметром, який студент повинен занести до системи перед початком роботи для коректного розрахунку площі?

- А) Марка трактора.
- Б) Прізвище механізатора.
- В) Точна ширина захвату агрегату (в см).
- Г) Кількість пального в баку.

9. Яким чином система візуально допомагає оператору побачити вже оброблені ділянки та місця перекриттів?

- А) Видає звуковий сигнал кожну секунду.
- Б) Зафарбовує пройдені ділянки на екрані, виділяючи перекриття іншим кольором.

- В) Автоматично вимикає двигун.
- Г) Надсилає SMS-повідомлення.

10. У чому полягає суть експерименту під час практичної роботи (згідно з таблицею 5.2)?

- А) Порівняння швидкості різних тракторів.
- Б) Порівняння показників (ширина проходу, перекриття) при роботі без навігації та з навігацією.
- В) Вимірювання глибини оранки.
- Г) Перевірка якості пального.

Відповіді на тест: 1 - Відповідь: Б; 2 - Відповідь: В; 3 – Б; 4 – В; 5 – В; 6 – В; 7 – Б; 8 – В; 9 – Б; 10 - Б

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

КОМПЛЕКТ «ГЕОМЕТР SCOUT GM SPIKE» ЯК ІНСТРУМЕНТ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Мета роботи: вивчити методику використання спеціалізованого GNSS-комплекту «ГеоМетр SCOUT GM Spike» для високоточного збору геопросторових даних, набуття навичок їхньої інтеграції у систему точного землеробства

Обладнання та прилади:

- комплект ГЕОМЕТР SCOUT GM SPIKE;
- смартфон або планшет із встановленим застосунком «Агропрофіль» або аналогічним GNSS-застосунком;
- рулетка або мірна стрічка (20–50 м);
- полігон або відкрита ділянка місцевості;
- зошит для фіксації результатів.

Загальні відомості. Впровадження систем точного землеробства (Precision Agriculture) неможливе без точного геопросторового прив’язування кожної технологічної операції. Основним джерелом даних на початкових етапах цифровізації господарства є GNSS-обладнання (Global Navigation Satellite System), яке дозволяє створювати електронні карти полів, проводити інвентаризацію земель та здійснювати моніторинг виконання робіт. Комплект «ГеоМетр SCOUT GM Spike» є спеціалізованим рішенням, розробленим саме для таких завдань у складних польових умовах.

Зміст роботи

Комплект «ГеоМетр SCOUT GM Spike» є високоспеціалізованим інструментом, що поєднує захищений мобільний комп'ютер і зовнішній високочутливий GNSS-приймач, створений для екстремальних польових умов точного землеробства. Основний елемент – захищений смартфон ГеоМетр SCOUT – має корпус, захищений за високим промисловим стандартом IP68 та

військовим стандартом MIL-STD-810G, що робить його повністю герметичним і стійким до падінь. Дисплей зі склом Gorilla Glass та підвищеною яскравістю забезпечує безперебійну роботу навіть під прямими сонячними променями.

Ключова перевага комплекту полягає у зовнішньому приймачі GM Spike, який підключається через Bluetooth і значно поліпшує якість і чутливість прийому супутникового сигналу. На відміну від звичайних GPS-пристроїв, GM Spike — це GNSS-приймач, що підтримує одразу чотири основні глобальні системи позиціонування: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO та BEIDOU. Завдяки одночастотності (L1) та високій частоті оновлення даних, що сягає 10 Гц (десять разів на секунду), прилад забезпечує вищу точність фіксації координат. Приймач обладнаний надійним неодимовим магнітом для зручного та швидкого кріплення на даху сільськогосподарської техніки, а вбудований потужний акумулятор гарантує до 24 годин безперервної роботи.



Рис. 6.1 GPS комплект ГеоМетр SCOUT GM Spike

Функціонально «ГеоМетр SCOUT GM Spike» є центральною ланкою для збору геопросторових даних, які формують основу для прийняття всіх подальших агрономічних рішень. Його основне призначення — високоточне картографування сільськогосподарських угідь, що включає не лише вимірювання площі та довжини полів, але й складніші операції, як-от тривимірний вимір. Завдяки фірмовому програмному забезпеченню geometer SCOUT, агроном

може легко виконувати такі завдання, як оцифровка садів, створення електронних карт полів та їх моментальне відображення на картах Google.

Комплект надає критично важливі інструменти для управління територією та ресурсами. Він дозволяє точно «вирізати» непродуктивні ділянки (лісосмуги, яри), щоб сіяти, обробляти та вносити добрива лише на фактично продуктивній площі, а також проводити розділення полів на частини. У сфері операційного контролю прилад незамінний для обліковця чи керівника: він рахує кількість гонів при роботі широкозахватною технікою, дозволяючи уникнути суперечливих питань щодо обсягу виконаних робіт. Крім того, наявність функції «Вихід на точку» та «Розмітка поля» дозволяє точно прив'язувати елементи інфраструктури, зокрема планувати системи кругового зрошення або визначати місця для відбору проб ґрунту.



Рис. 6.2. Поєднання обладнання «ГеоМетр» з іншими приладами у точному землеробстві

Методика використання як наукового матеріалу

У рамках навчального практикуму комплект «ГеоМетр SCOUT GM Spike» використовується як прецизійний інструмент для отримання первинних даних, які потім підлягають просторовому аналізу та слугують науковим обґрунтуванням для технологій диференційованого управління.

Збір геопросторових та ґрунтових даних

На першому етапі практикуму здійснюється збір точних геоданих. Студент повинен обійти або об'їхати досліджуване поле, використовуючи функцію «Вимірювання площі». Висока точність GNSS-приймача GM Spike гарантує, що отриманий векторний контур поля буде максимально наближеним до реальних меж. Ці межі, збережені у форматах, сумісних з ГІС (KML, CSV), стануть основою для всіх подальших досліджень.

Наступним важливим кроком є інтеграція ґрунтових досліджень. Комплект SCOUT має унікальну можливість підключення додаткових приладів, зокрема Цифрового пенетрометра, через Bluetooth. При роботі з пенетрометром програма автоматично прив'язує показники щільності ґрунту до точних GPS-координат, фіксуючи їх у шляхових точках. Таким чином, студент отримує не просто набір числових даних, а географічно прив'язану вибірку, що є основою для створення науково обґрунтованої карти щільності ґрунту.

Аналіз та наукова візуалізація результатів

Отримані польові дані синхронізуються через обліковий запис Агропрофіль, забезпечуючи безпечне збереження та доступ до повної історії дослідження поля. Для наукового аналізу ці дані експортуються на персональний комп'ютер. У ГІС-програмах (наприклад, QGIS) проводиться накладання контуру поля на карту щільності ґрунту. Це дозволяє візуально виявити зони неоднорідності та локальні зони ущільнення, які неможливо визначити візуально або за допомогою вибіркових, неприв'язаних проб.

Кінцевий науковий результат практикуму полягає у використанні цих карт для зонування поля та формуванні рекомендацій щодо диференційованого внесення добрив або засобів захисту рослин. Висока точність позиціонування, забезпечена GM Spike, надає цій інформації наукової достовірності, що є необхідною умовою для кваліфікаційних робіт та обґрунтування впровадження технологій точного землеробства на агропідприємстві.



Рис. 6.3. Посилання на відео-огляд та налаштування приладу ГеоМетр SCOUT GM Spike

Хід роботи

Перед початком роботи необхідно переконатись, що прилад отримує сигнали від супутників. Неможливо отримати будь-який точний сигнал і позиціонування під час дії тривоги: системи РЕБ перешкоджають адекватному функціонуванню системи GNSS і точність погіршується до декількох тисяч кілометрів. Таке можна спостерігати у випадку дії системи РЕБ «Ліма».

1. Визначити географічні координати контрольних точок на полігоні за допомогою комплекту «ГЕОМЕТР SCOUT GM SPIKE».
2. Оцінити відтворюваність координат при повторних вимірюваннях.
3. Побудувати схему ділянки на основі отриманих GNSS-даних.
4. Проаналізувати придатність точності комплекту для завдань точного землеробства.

Порядок виконання роботи

1. Підготовка до вимірювань

- Обрати рівну відкриту ділянку місцевості (полігон). Це може бути помірно рівнинна ділянка, бажано, правильної прямокутної форми.
- Нанести **5–8 контрольних точок** на відстані 10–30 м одна від одної.
- Зафіксувати фізичне положення точок (кілочки, маркери).

2. Визначення координат

- Встановити комплект «ГЕОМЕТР SCOUT GM SPIKE» вертикально над першою точкою.

- Записати координати (широта, довгота) та час вимірювання.
- Повторити вимірювання **3 рази** для кожної точки з інтервалом 1–2 хв.
- Аналогічно виконати вимірювання для всіх точок.

3. Обробка результатів

Для кожної точки:

- визначити середнє значення координат;
- оцінити розбіжність між вимірюваннями;
- перевести різницю координат у лінійне відхилення (м).

4. Аналіз та інтерпретація

- Побудувати схему полігону за отриманими координатами.
- Порівняти геометричні розміри ділянки з виміряними рулеткою.

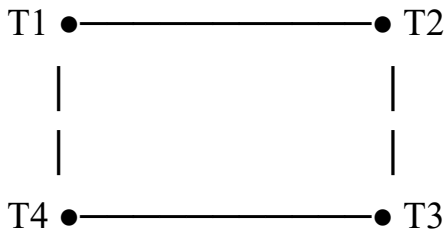


Рис. 6.4. Приклад побудови контуру поля та послідовності руху

- Зробити висновок про точність та можливі сфери застосування комплекту.

Що означає схема

- **T1–T4 (або T1–T8)** — контрольні GNSS-точки
- Відстані між точками: **10–30 м**
- Форма спеціально проста → щоб:
  - легко перевірити геометрію;
  - порівняти GNSS-вимірювання з рулеткою;
  - оцінити похибку.

У звіті схема подається:

- або **від руки** (олівцем, з підписами координат);
- або **як скрін з «Агропрофілю» / Google Maps**;
- або як **спрощений креслярський план**.

Приклад підписів:

T1 (50.123456° N; 30.123456° E)

T2 (50.123470° N; 30.123510° E)

У звіті студент повинен подати:

- таблицю виміряних координат;
- схему (план) ділянки;
- розрахунок похибок;
- аналітичний висновок.

Контрольні питання

1. Яке функціональне призначення комплекту «Геометр Scout GM Spike» у системі точного землеробства та які основні задачі він дозволяє вирішувати в польових умовах?
2. З яких основних компонентів складається комплект «Geometr Scout GM Spike» та яку роль виконує кожен з них у процесі збору просторових даних?
3. Які типи просторових об’єктів можуть бути зафіксовані за допомогою комплекту (точки, лінії, контури) та наведіть приклади їх застосування в аграрному виробництві.
4. Які фактори впливають на точність GNSS-вимірювань при використанні комплекту «Scout GM Spike» та якими методами можна мінімізувати похибки?
5. Поясніть принцип використання GNSS-полігона для перевірки точності та повторюваності координат, отриманих за допомогою «Geometr Scout GM Spike».

6. Як дані, отримані з використанням комплекту «Scout GM Spike», можуть бути інтегровані в програмні середовища точного землеробства (GIS-платформи, агросервіси, системи моніторингу)?

7. У чому полягає перевага використання спеціалізованого GNSS-комплекту порівняно зі стандартними мобільними пристроями (смартфонами) при виконанні агроінженерних вимірювань?

8. Наведіть приклад комплексного використання «Geometr Scout GM Spike» разом з цифровим пенетрометром або вологоміром ґрунту та поясніть інженерну доцільність такого підходу.

* питання 5, 6 і 8 доцільно використовувати як усні або ситуаційні, а 3, 4 і 7 — як письмові або розрахунково-аналітичні.

Кейс: «Точковий аналіз проблемних зон»

Ситуація: на супутниковому знімку виявлено «плями» пригніченої вегетації. Вам потрібно виїхати в поле для фізичного огляду цих точок.

Завдання: Опишіть процес використання GM Spike для виходу на конкретну координату. Які дані (фото, примітки) ви внесете в систему безпосередньо в полі, щоб агроном міг дистанційно прийняти рішення про підживлення? Рекомендуйте тип обприскувача для виконання даної операції: самохідний чи причіпний.

Перевір себе

1. Яким стандартам захисту відповідає смартфон-контролер ГеоМетр SCOUT?

А) Тільки побутовому стандарту IP54.

Б) Промисловому IP68 та військовому MIL-STD-810G.

В) Виключно стандарту захисту екрана Gorilla Glass.

Г) Прилад не має спеціального захисту і потребує чохла.

2. Яка головна особливість зовнішнього приймача GM Spike порівняно зі звичайними GPS-пристроями?

А) Він працює лише з однією системою GPS.

Б) Він не потребує акумулятора.

В) Він підтримує чотири системи: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO та BEIDOU.

Г) Він підключається до смартфона виключно через кабель USB.

3. З якою частотою оновлюються дані у приймачі GM Spike?

А) 10 Гц (10 разів на секунду).

Б) 1 Гц (1 раз на секунду).

В) 60 Гц (60 разів на хвилину).

Г) 5 Гц (5 разів на секунду).

4. Який тип кріплення використовується для встановлення приймача GM Spike на сільгосптехніку?

А) Вакуумна присоска.

Б) Різьбове з'єднання.

В) Клейка стрічка.

Г) Неодимовий магніт.

5. Яка функція комплекту дозволяє повернутися до конкретної точки на полі для відбору проб ґрунту?

А) «Тривимірний вимір».

Б) «Розподілення полів».

В) «Вихід на точку».

Г) «Оцифровка садів».

6. Який пристрій можна підключити до комплекту через Bluetooth для створення карти щільності ґрунту?

А) Електронна рулетка.

Б) Цифровий пенетрометр.

В) Вологомір зерна.

Г) Лазерний сканер.

7. У яких форматах, сумісних з ГІС-програмами, можна зберігати отримані межі полів?

А) DOCX або PDF.

Б) KML або CSV.

В) MP4 або JPEG.

Г) TXT або XLS.

8. Яка причина може призвести до погіршення точності GNSS-сигналу до декількох тисяч кілометрів?

А) Хмарна погода або дощ.

Б) Робота систем РЕБ (наприклад, «Ліма»).

В) Розряджений акумулятор смартфона.

Г) Висока швидкість руху техніки.

9. Який хмарний сервіс використовується для синхронізації та зберігання історії досліджень?

А) «Агропрофіль».

Б) «Google Drive».

В) «CloudAgro».

Г) «Geometer-Cloud».

10. Що є кінцевим науковим результатом практикуму з використанням цього обладнання?

А) Заповнений зошит з координатами.

Б) Фотофіксація меж поля.

В) Створення рекомендацій щодо диференційованого внесення добрив.

Г) Встановлення приймача на дах трактора.

Відповіді на тести: 1 – Б; 2 – В; 3 – А; 4 – Г; 5 – В; 6 – Б; 7 – Б; 8 – Б; 9 – А; 10 - В

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСТОСУНКУ ONE SOIL В СИСТЕМІ ТОЧНОГО ТА ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Мета: навчитися проектувати технологічні процеси землеробства за допомогою застосунку One Soil

Зміст роботи

Застосунок One Soil призначений для використання у землеробстві з використанням технологій точного і цифрового землеробства. Функціонує у двох майже повністю взаємозамінних видах: як веб-версія (для роботи через ноутбук, комп'ютер) та як мобільний додаток.

Основні завдання, покладені на використання застосунку One Soil така ж, як і у аналогів: зниження та оптимізація витрат на виробництво сільськогосподарських культур та підвищення його ефективності.

Програма переміщується із пасивних у розряд інтерактивних і включає останнім часом нові функції, такі як, створення карт завдань, використання техніки і моніторів тощо.

Застосунок включає 6 основних розділів:

- початок роботи;
- посів;
- обприскування та підживлення;
- збирання;
- основне внесення добрив та огляд поля.

Застосунок можна використовувати безкоштовно і одразу після реєстрації. У розділі «Початок роботи» заповнюється основна інформація про свої поля: розташування, культура, внесені або заплановані добрива. Після цього, можна розпочинати поточну роботу з планування. Також до застосунку підтягується інформація з історією погоди та замітки, які можна робити і змінювати з часом.

Щоб почати працювати із застосунком, необхідно перейти на сайт застосунку OneSoil або встановити мобільний додаток на смартфон.

Створити обліковий запис користувача або виконати вхід до системи.

Створення господарства (земельного банку, виробничих ресурсів)

Після реєстрації у застосунку необхідно створити власне господарство. Для цього у відповідному розділі вводяться основні дані:

- назва господарства;
- країна та регіон;
- орієнтовна площа сільськогосподарських угідь.

Додавання полів

У розділі **«Початок роботи»** необхідно додати поле. Це можна зробити декількома способами:

- намалювати межі поля на карті;
- імпортувати файл меж поля (формат **KML або SHP**);
- використати автоматично запропоновані системою межі полів.

Після того, як встановлені контури поля, необхідно вказати:

- назву поля;
- його площу (в гектарах);
- вирощувану культуру (можна обрати з переліку випадаючого списку);
- рік вирощування.

Аналіз супутникових даних

Після додавання поля, застосунок автоматично відображає супутникові знімки та індекси стану рослинності.

Студент повинен:

- переглянути карту **NDVI**;
- проаналізувати неоднорідність розвитку рослин;
- визначити ділянки з різним рівнем розвитку культури.

Хід роботи

Через пошукову систему Google знайдіть сторінку OneSoil, зайдіть на неї. Побачите таку картину:

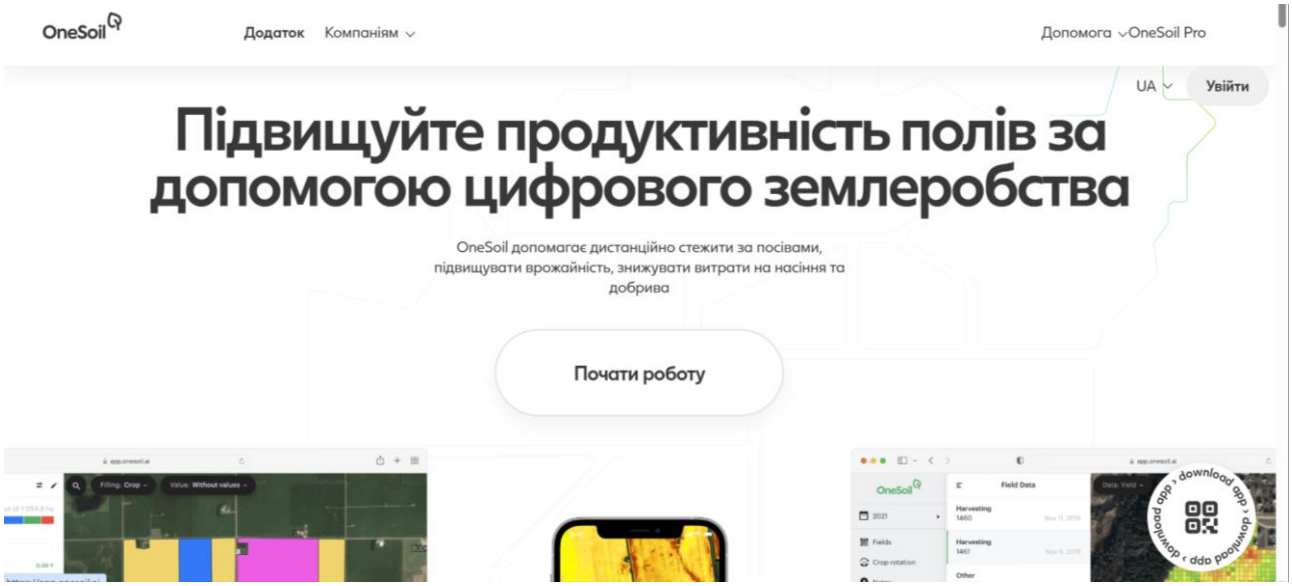


Рис. 7.1. Фрагмент інтерфейсу програми One Soil перед реєстрацією

Після реєстрації і створення власного акаунту Ви можете розпочати додавання полів.

Додати свої поля

Перше, що ви бачите, відкривши програму OneSoil, - це карта в програмі Google (рис. 7.2). На карті потрібно знайти «свої» поля та додати їх у програму.

Це можна зробити трьома способами, як ми вже описували вище: намалювати поля на карті; імпортувати файл з будь-якого носія та прийняти запропоновані програмою межі. Нагадуємо, що найбільш точним способом визначення меж полів є їх фізичний об'їзд. Наприклад, це можна зробити, встановивши обладнання «Геотрек Лайт» (монітор і антена) на автомобіль та об'їхати поле. Отриманий файл у форматі, наприклад KML, зберегти у вигляді назви поля і підтягти у власному акаунті програми One Soil. Ви отримаєте найбільш точні межі поля.

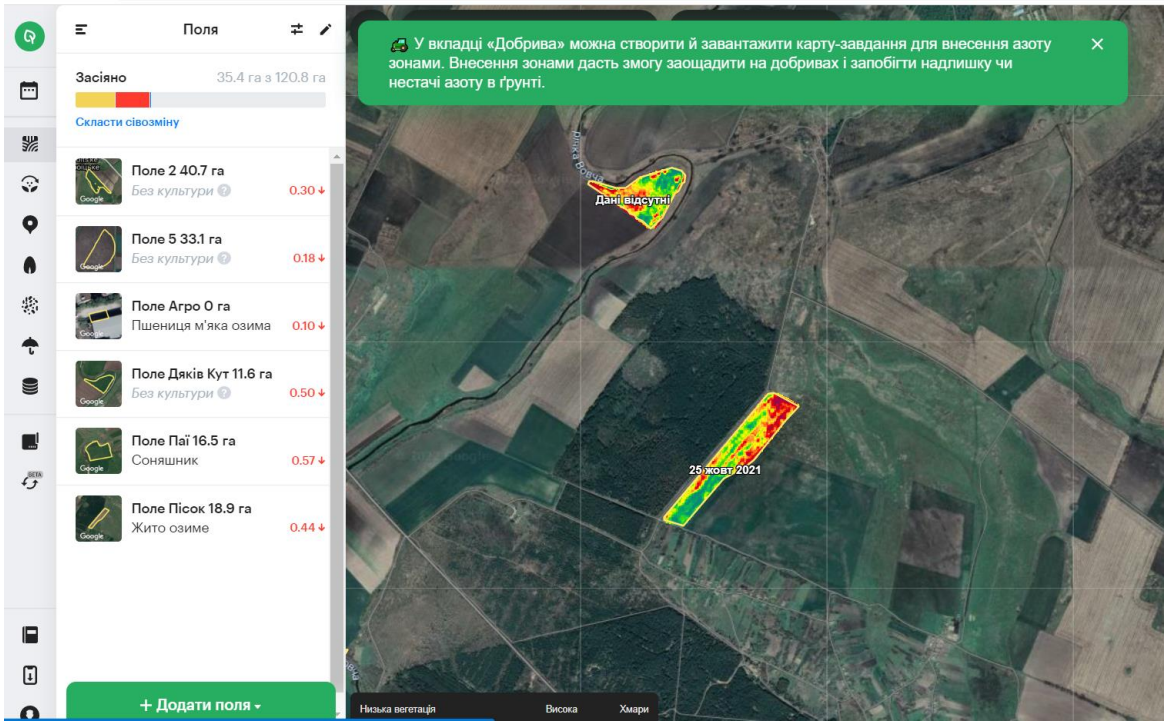


Рис. 7.2. Загальний інтерфейс OneSoil з виділеними полями фермерського господарства

Вибрати поле на карті

Цей спосіб найпростіший, бо в програмі One Soil вже визначені межі полів на карті. Користувачу необхідно вибрати своє поле та натиснути «Зберегти». Цей спосіб працює і в мобільному, і веб-додатку. Звертаємо увагу на вкладку «Додати поля» (рис. 7.3) і працюємо з нею: вона пропонує три варіанти визначення поля: Вибрати на карті, Накреслити поля» і «Завантажити файл».

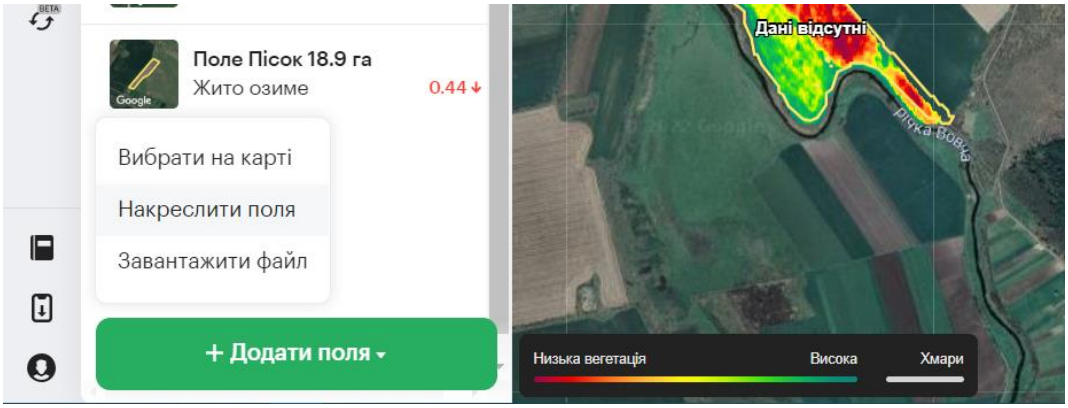


Рис. 7.3. Вкладка «Додати поля» знаходиться в лівому нижньому кутку

Якщо Ви знаходитеся на території свого господарства або близько від нього, щоб якнайшвидше знайти своє поле, натисніть на значок геолокації. І

мобільний застосунок, і веб-програма визначать ваше місце розташування і покажуть всі поля по сусідству. Ви побачите картину полів, інформацію про які надають програми, що працюють в кооперації з картами Google.

Функція «Накреслити поле»

Для того, щоб виокремити своє поле серед інших полів, необхідно скористатися функцією «Накреслити поле». Цей спосіб працює в мобільному та веб-додатку. Але найзручніше накреслити межі свого поля, звичайно, на комп'ютері. Процедура додавання полів проводиться аналогічно, як і при використанні програми «Агропрофіль».

Щоб намалювати поле, потрібно натиснути кнопку «Додати поля» і вибрати варіант «Накреслити». Ставимо «мишкою» першу точку на карті та обводимо потрібне поле. Потім ці точки можна редагувати, якщо точку поставите не правильно. Дану операцію необхідно проводити так, щоб межі поля проглядалися якомога чіткіше. Тоді розмір поля і межі будуть більш точними.

Щоб переглянути, як це працює, перейдіть за посиланням:

https://guide.onesoil.ai/start-ru/

Завантажити файл із межами полів

Звичайно, максимальна точність меж визначеного поля буде у випадку, коли Ви об’їдете фізично з монітором. А тоді, отриманий таким чином файл можна буде завантажити в програму One Soil. Цей спосіб працює лише у веб-застосунку. Для завантаження потрібно натиснути «Додати поле» та вибрати варіант «Завантажити файл». Із [Веб-програма підтримує shape-файли та файли у форматах .json, .geojson, .gmt, .kml. Розмір – до 10 МБ.

Контрольне питання 1. Як отримати файли у форматах .json, .geojson, .gmt, .kml.?

Після того, як ви вибрали та завантажили потрібні файли, програма запропонує відібрати характеристики поля, які потрібно перенести з файлу в OneSoil. Імпортувати можна: межі полів, їх назви (так як назвав їх користувач), культури, дати сівби та збирання.



Рис. 7.4. Обов’язкова структура папок при перенесенні даних полів з носія

Контрольне питання 2. Як виправити межі, якщо спочатку їх неправильно позначили?

Внесення культури, дати посіву і збирання, урожайності

Ця інформація є обов’язковою для внесення, так як є вихідною інформацією для подальшої адекватної роботи застосунку. Без цієї інформації не вдасться стежити за графіками вегетації, ефективних температур та накопичених опадів. Вони є у веб-застосунку у вкладці «Погода». Для того, щоб побудувати точні карти внесення добрив, теж знадобиться сівозміна. Ще один плюс - історія поля допомагає аналізувати те, що відбувається з посівами в різних сезонах і знаходити тенденції розвитку полів.

Додати інформацію про поле можна як у мобільному, так і веб-додатках OneSoil. Як правило, зручніше виконувати операції на комп'ютері.

Щоб заповнити інформацію про поле, потрібно вибрати його у списку полів, натиснути в нижній частині екрана "Редагувати інформацію" - і вікно з'явиться!

Що ми бачимо в мобільному застосунку? У мобільному застосунку ця інформація зберігається у картці поля. Щоб відкрити картку, спочатку потрібно вибрати поле на карті. На екрані з'явиться невелике віконце зі шкалою NDVI та назвою поля. Потягніть його вгору – необхідна інформація відобразиться у Вас на екрані! Тепер можна вибрати культури, заповнити дати сівби та збирання, зберегти середню врожайність.



Як тільки ви заповните картки своїх полів, вони розфарбуються у різні кольори. Колір полів залежить від обраної характеристики: індексу вегетації, назви, культури, врожайності, дати сівби або дати збирання. Це допомагає швидко оцінити стан справ у господарстві. Чи все вже засіяно? Яке поле розвивається швидше, де врожайність вища? Крім цього, у мобільному додатку можна відкрити список полів із сортуванням за тими ж характеристиками.

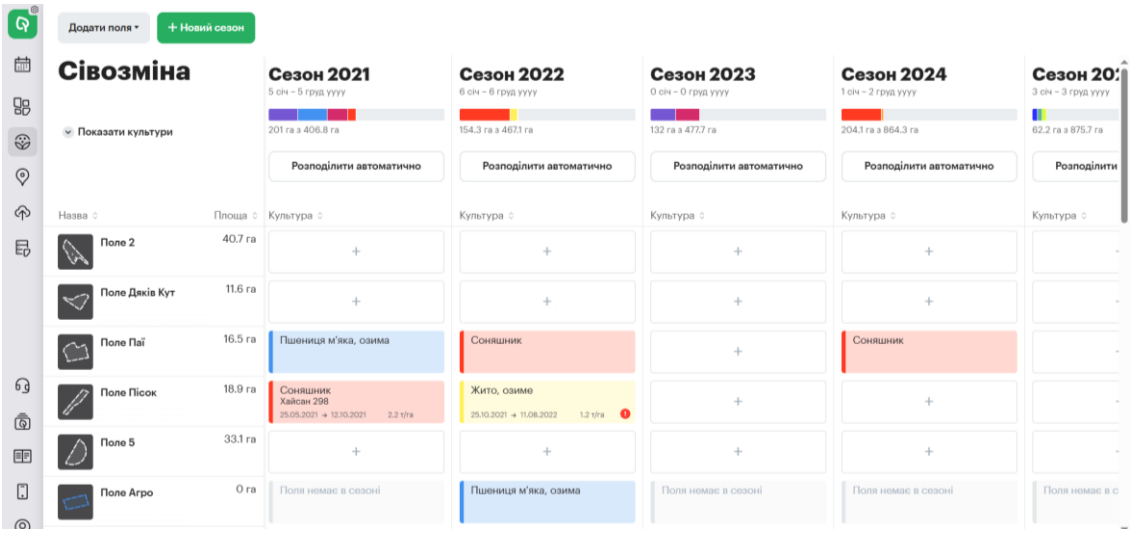
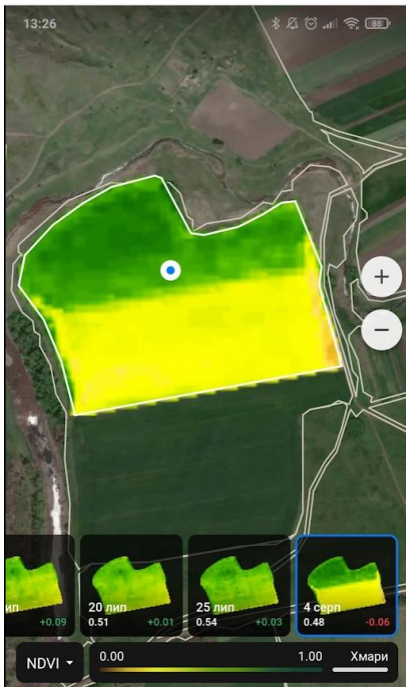


Рис. 7.5. Скріншот історії сівозміни окремих полів



Приклад. Ви знаходитеся у відрядженні. На полі триває збирання врожаю. Ви можете в режимі одного дня спостерігати за станом поля, обсягом зібраної площі, інтенсивністю вегетації (чи не вегетації) рослинної маси, тобто, контролюєте стан поля.

Ще один приклад з цього поля (рис.7.6). На полі засіяний соняшник. Уважно подивіться на кольору гаму поля.

Контрольне питання 3. Дайте коротку характеристику стану поля. Які висновки ви зараз зробили? Які технологічні операції тепер необхідно буде внести в технологію вирощування? Які технічні засоби необхідно використати?

Що відбулося по факту? На даному полі тривали збиральні роботи: зернозбиральний комбайн збирав пшеницю озиму. В той же день в другій його половині ми отримали супутниковий знімок. І могли визначити площу зібраного поля на момент зйомки.

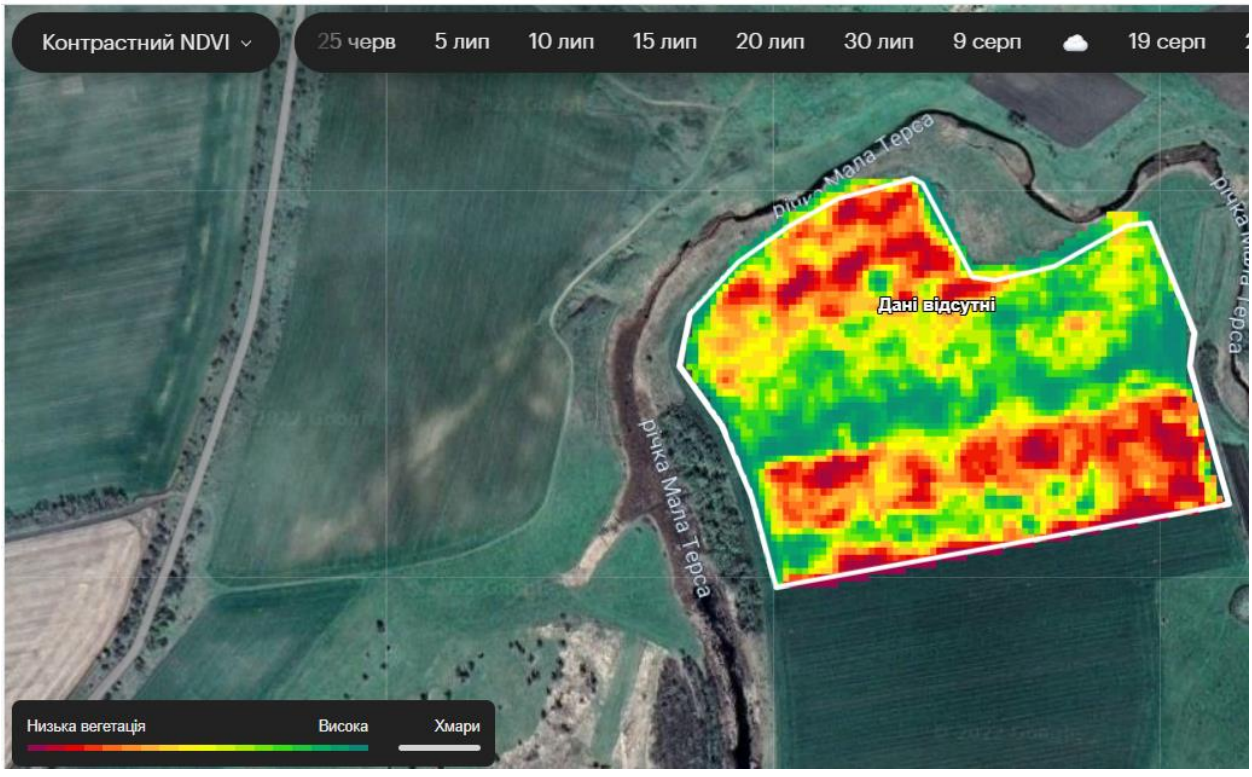


Рис. 7.6. Скрін вегетації поля соняшника станом на 29 серпня 2022 року

Завдання

Для виконання практичної роботи необхідно зробити наступне:

1. Створити власний акаунт в програмі One Soil.

2. Додати два поля та встановити рівень вегетації на поточну дату.

3. Визначити сумарну кількість ефективних температур та подати у вигляді графіка (можна скрін з посиланням).

4. За необхідності, призначити технологічну операцію, яка б виправила поточну ситуацію на полі, якщо така склалася (надмірна забур'яненість або, навпаки, посуха, мала вегетація і т.д.).

За результатами розрахунків зробити власні висновки

Основний корисний ресурс: https://guide.onesoil.ai/scouting-ru/

Важливо!

Інтеграція з John Deere Operations Center [https://help.onesoil.ai/uk/articles/8282776]

Ця інтеграція допомагає обмінюватися даними про поля, результатами робіт і картами-завданнями за кілька кліків.

Що можна імпортувати у OneSoil:

- Межі полів, культури, гібриди, добрива, препарати й насіння – для швидкого початку роботи;
- Факти робіт — для оцінки виконаних польових операцій;
- Карти врожайності — для аналізу врожайності й аналізу результатів експерименту в PRO-версії OneSoil;
- АВ лінії — для побудови експериментів у PRO-версії OneSoil ;

Що можна передавати до John Deere Operations Center:

- Карти-завдання для диференційованого внесення – звичайним файлом або як Work Plan.

- Карти-завдання для експериментів із диференційованим внесенням – звичайним файлом або як Work Plan.

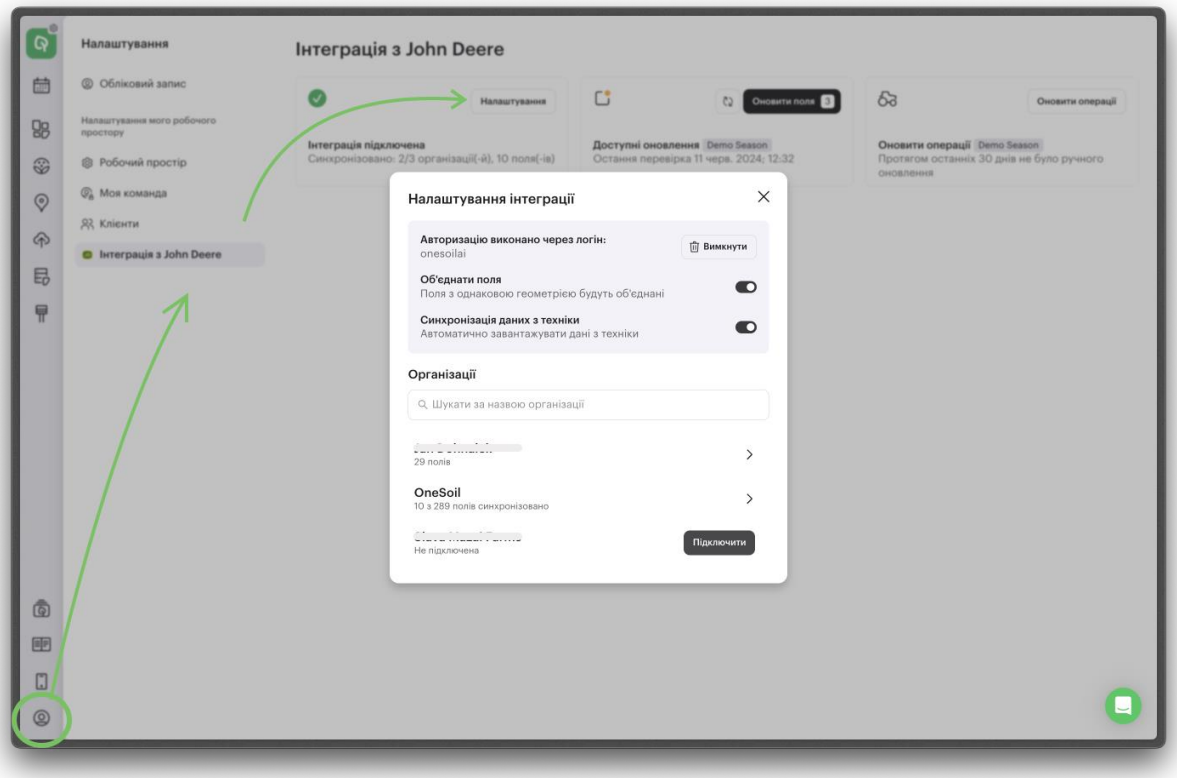
Функціонал для побудови карт-завдань і експериментів доступний у PRO-версії OneSoil.

Налаштувати інтеграцію можна наступним чином.

1. У налаштуваннях профілю виберіть розділ з інтеграцією і натисніть кнопку «Підключити».

2. У розкривному вікні введіть логін і пароль від свого облікового запису John Deere Operations Center.

3. Надайте застосунку OneSoil дозвіл на доступ до даних. Потім виберіть організації та поля, які ви хочете синхронізувати. Інтеграція підключена!



Ви інтегрували свої дані з John Deere Operations Center.

Контрольні запитання

1. Яке функціональне призначення застосунку OneSoil у системі точного та цифрового землеробства та які основні задачі він дозволяє вирішувати агровиробнику?

2. Які джерела даних використовує OneSoil для формування карт полів і вегетаційних індексів (супутники, періодичність знімків, просторове покриття)?

3. Поясніть фізичну суть вегетаційних індексів, що застосовуються в OneSoil (NDVI, NDRE або аналогічні), та їх агрономічне значення.

4. Які типи просторової мінливості посівів можна виявити за допомогою OneSoil та які управлінські рішення можуть бути прийняті на основі цих даних?

5. Як у застосунку OneSoil здійснюється зонування поля та які критерії використовуються для виділення продуктивних і проблемних ділянок?

6. У чому полягають обмеження супутникового моніторингу, реалізованого в OneSoil, та чому необхідна його валідація польовими вимірюваннями (пенетрометрія, вологість ґрунту, огляд посівів)?

7. Опишіть алгоритм практичного використання OneSoil для підготовки до диференційованого внесення насіння, добрив або засобів захисту рослин.

8. Наведіть приклад комплексного застосування OneSoil разом з GNSS-обладнанням, агронавігатором або цифровими ґрунтовими приладами та поясніть інженерну логіку такого підходу.

📌 *Методична порада:*

- питання 3, 5 і 7 — добре підходять для письмових відповідей;
- питання 6 і 8 — для усного обговорення або кейсів;
- питання 4 — для аналітичного завдання з картою поля.

Кейс: «Ретроспективний аналіз поля»

Ситуація: Ви орендували нове поле, історія обробітку якого невідома. Потрібно вирішити, яку культуру сіяти.

Завдання: за допомогою архіву OneSoil проаналізуйте сівозміну за останні 5 років. Визначте ділянки з хронічно низьким індексом NDVI та запропонуйте гіпотезу: це особливість рельєфу чи виснаження ґрунту?

Перевір себе

1. У яких формах функціонує застосунок OneSoil для забезпечення взаємозамінності в роботі?

А) Тільки як програма для стаціонарних комп'ютерів.

Б) Як веб-версія та мобільний додаток.

В) Тільки як вбудоване програмне забезпечення для бортових комп'ютерів John Deere.

Г) Як паперові карти з QR-кодами для сканування.

2. Який спосіб додавання меж полів у OneSoil вважається найбільш точним згідно з текстом?

А) Автоматичне визначення меж системою на основі супутникових знімків.

Б) Вибір поля із запропонованого списку Google Maps.

В) Фізичний об’їзд поля з використанням GNSS-обладнання (наприклад, «Геотрек Лайт»).

Г) Накреслення меж поля «мишкою» у веб-версії застосунку.

3. Яка функція OneSoil доступна ТІЛЬКИ у веб-застосунку (через комп'ютер)?

А) Вибір поля на карті.

Б) Завантаження файлів із межами полів (.kml, .shp).

В) Редагування назви поля.

Г) Перегляд індексу NDVI.

4. Який показник стану рослинності автоматично відображає застосунок після додавання поля?

А) Вологість ґрунту на глибині до 1 метра.

Б) Вміст азоту в листках.

В) Індекс вегетації NDVI.

Г) Хімічний склад рослинної маси.

5. Чому внесення інформації про культуру, дату посіву та збирання є обов'язковим?

А) Без цього неможливо зареєструвати обліковий запис.

Б) Це необхідно для побудови графіків вегетації, ефективних температур та опадів.

В) Це вимога податкової звітності для фермерів.

Г) Це потрібно лише для інтеграції з технікою Case IH.

6. Як користувач може швидко знайти свої поля в мобільному додатку, якщо він знаходиться безпосередньо біля них?

А) Ввівши кадастровий номер у пошуку.

Б) Натиснувши на значок геолокації.

В) Надіславши SMS-запит у службу підтримки.

Г) Шляхом сканування горизонту камерою смартфона.

7. Які файли НЕ підтримуються веб-програмою OneSoil для імпорту меж полів?

А) .json та .geojson.

Б) .kml.

В) .exe та .mp3.

Г) .shp (shape-файли).

8. Що дозволяє робити інтеграція OneSoil із John Deere Operations Center?

А) Дистанційно керувати трактором без водія.

Б) Обмінюватися картами-завданнями для диференційованого внесення добрив.

В) Автоматично купувати запчастини до техніки.

Г) Вимірювати тиск у шинах оприскувача.

9. У якому розділі мобільного додатка зберігається детальна інформація про культуру, дати сівби та врожайність?

А) У налаштуваннях профілю.

Б) У вкладці «Погода».

В) У картці поля (яку треба «потягнути» вгору).

Г) У розділі «Інтеграція».

10. Яка основна мета використання застосунку OneSoil?

А) Пошук найближчих елеваторів для продажу зерна.

Б) Оптимізація витрат на виробництво та підвищення його ефективності.

В) Спілкування з іншими агрономами в чаті.

Г) Реєстрація прав власності на земельну ділянку.

Відповіді на тест: 1- Б; 2 – В; 3 – Б; 4 – В; 5 – Б; 6 – Б; 7 – В; 8 – Б; 9 – В; 10-Б.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

ЦИФРОВІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА (на прикладі пенетрометра SKOK AGRO)

Мета: навчитися використовувати пенетрометр для вимірювання твердості ґрунту, обробляти дані та здійснювати їх аналіз.

Зміст роботи

Рух важкої сільгосптехніки по полю є головним чинником деградації структури ґрунту. Ступінь негативного впливу рушіїв техніки на ґрунт залежить від типу рушіїв, маси техніки, її налаштувань та організації логістики. Наприклад, коли під час збиральних робіт автомобілі виїжджають на поле для завантаження зерном від комбайнів – це спиричняє критичні ущільнення ґрунтів. Коли тиск коліс перевищує критичну межу, ґрунт втрачає здатність забезпечувати рослини необхідними умовами для росту.

Основні ризики переущільнення:

- **Для рослин:** коріння не може прорости у нижні (підорні) шари ґрунту, що робить посіви вразливими до посухи.
- **Для гідрології поля:** порушується природний дренаж. Наприклад, під час сильних злив (як це було на Дніпропетровщині протягом травня і червня у 2021 році) вода не інфільтрується в нижні шари ґрунту, а накопичується на поверхні (рис. 8.1). Цим самим спричинюється ушкодження або загибель рослин. Також присутня водна ерозія ґрунтів, вимивання гумусу та азотних добрив, які були внесені навесні.
- **Для економіки:** зростають витрати на додатковий обробіток для розпушення «підошви», а недобори врожаю через вимокання чи недорозвиненість коріння знижують прибутковість.



Рис. 8.1. Знищена частина поля: нижні шари ґрунту переущільнені

Для ілюстрації масштабів проблеми розглянемо ділянку поля на рис. 8.1, де через переущільнення загинули посіви соняшнику на площі 0,66 га. За середньої вартості насіння 18 500 грн/т, прямі втрати лише від недобору врожаю становлять близько 30 000 грн. Проте реальні збитки значно вищі, адже вони включають уже понесені витрати на оранку, насіння, пальне та засоби захисту. Крім того, виникає потреба у додаткових витратах на глибоке розпушування. Оскільки фермер не володіє точними даними про локалізацію та глибину залягання «плужної підошви» на різних ділянках, він змушений проводити суцільне розущільнення всього поля, що суттєво здорожує собівартість майбутнього врожаю.

На іншому полі, що належить цьому господарству, виявлена аналогічна картина, але у випадку, коли застояна вода вже зійшла, тобто увібралася ґрунтом. У даному випадку посіви соняшника знищені на площі близько 0,4 га (рис. 8.2). Характер таких вимокання мав системно-періодичний характер. Тобто, на полях стабільно було декілька таких ділянок. Судячи з вищенаведеного, в даному господарстві є технологічні проблеми пересування агрегатів по полю.



Рис. 8.2. На даній ділянці поля вода повільно всотувалась в ґрунт, цим самим знищивши посіви соняшника

Таким чином, можна зробити висновок, що технологія вирощування соняшника, яка запроваджена в господарстві, має значну уразливість за критерієм ущільнення ґрунту. Очевидно, вона побудована таким чином, що машинно-тракторні агрегати (МТА) виїжджають на поле велику кількість разів або здійснюють виїзд не у відповідній волого-повітряного балансу ґрунту.

Застосування цифрових методів оцінювання ущільнення ґрунту сприяє більш раціональному використанню техніки, зменшенню енергетичних витрат та підвищенню ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

Деякі відомості про твердість ґрунтів

Для оптимального розвитку рослин щільність ґрунту має знаходитись в межах 1,08…1,3 г/см^3. Користуючись довідковою літературою, встановили величину тиску рушіїв тракторів на ґрунт (табл. 8.1). Це необхідно для того, щоб ми могли планувати перспективний план механізованих процесів при вирощуванні соняшника та пшениці озимої.

Таблиця 8.1. – Величина тиску рушіїв тракторів на грунт

Трактор	Тиск на грунт, кг/см^2
ХТЗ-150К-09	1,65
ХТЗ-16131К	1,62
ЮМЗ-8070	1,2
STX 600 Quadtrack	0,4
Challenger 95E	0,28

Пріоритетним завданням для стримування деградації структури полів є впровадження системного контролю твердості ґрунту. Це передбачає не просто разові заміри, а створення детальних цифрових карт просторової неоднорідності (карт твердості), що дозволяють розробити диференційовані операційно-технологічні заходи. Такий підхід дає змогу адаптувати глибину обробітку до реальних потреб кожної ділянки, зменшуючи витрати пального та амортизацію техніки.

Варто акцентувати увагу на тому, що в польових дослідженнях та практичному агроменеджменті ми використовуємо саме параметр твердості, а не щільності.

Визначення та фізична суть параметра. Твердість ґрунту – це здатність чинити опір деформації стиснення та зсуву при спробі проникнення в нього стороннього тіла (індентора) певної форми та розміру. У польових умовах цей показник вимірюється в паскалях (Па) або мегапаскалях (МПа) за допомогою спеціальних приладів — пенетрометрів. На відміну від щільності (об’ємної маси), яку визначають методом відбору проб (ріжучими кільцями), що є надзвичайно трудомістким і тривалим процесом, вимірювання твердості дозволяє миттєво отримати вертикальний профіль ущільнення безпосередньо в полі.

Взаємозв'язок твердості та щільності. Попри різну природу цих показників, твердість і щільність перебувають у тісній кореляційній залежності. Фізико-механічна структура ґрунтового середовища побудована таким чином,

що збільшення механічного стиснення (зменшення пористості) неминуче веде до зростання сил міжагрегатного зчеплення. Відповідно, чим вища щільність ґрунту, тим більші зусилля необхідно прикласти для його деформації.

Математична залежність між цими параметрами описується прямо пропорційною функцією (рис. 8.3). Це означає, що, контролюючи твердість за допомогою цифрових пенетрометрів, ми отримуємо непряме, але високоточне уявлення про ступінь ущільнення ґрунту. Така методика є ключовою для точного землеробства, оскільки вона дозволяє:

- Визначати точну глибину залягання «плужної підошви»;
- Оцінювати опір ґрунту при проходженні робочих органів ґрунтообробних знарядь;
- Прогнозувати умови розвитку кореневої системи рослин, для якої критичне значення твердості (зазвичай понад 2,5–3,0 МПа) стає нездоланним бар'єром.

Отже, моніторинг твердості виступає надійним індикатором фізичного стану поля, дозволяючи агроному приймати обґрунтовані рішення щодо необхідності глибокого розпушування або зміни конфігурації рушіїв техніки.

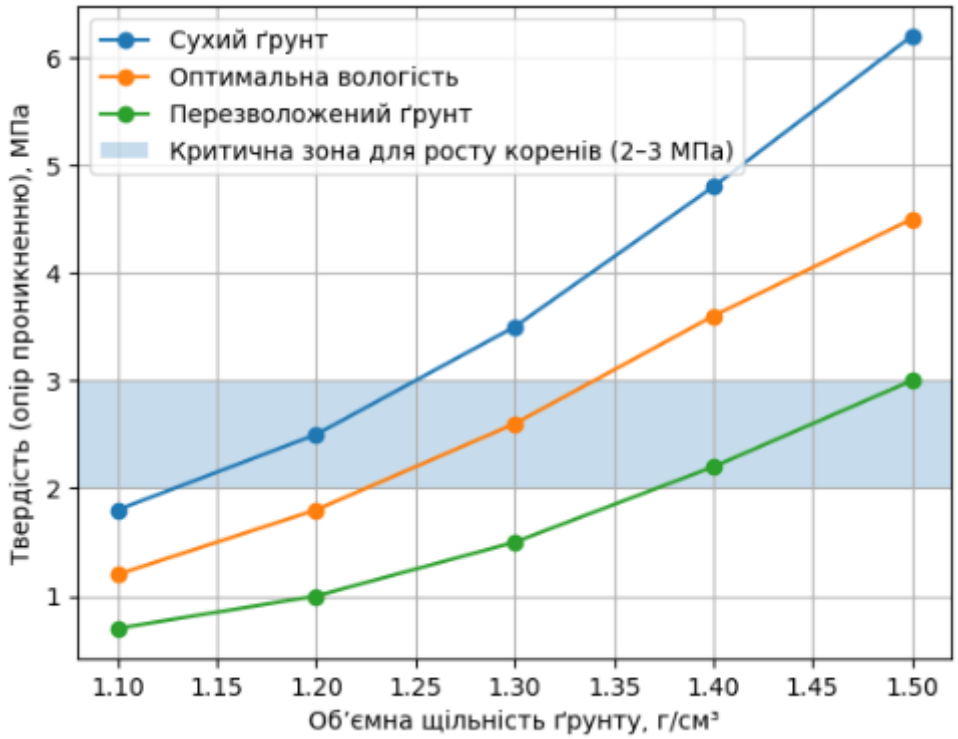


Рис. 8.3. Вплив щільності та вологості ґрунту на його твердість

Для практичного застосування використовується чітка шкала залежності стану ґрунту від його опору проникненню (твердості):

- **До 1000 кПа — Пухкий стан:** Оптимальні умови для безперешкодного розвитку кореневої системи та водно-повітряного обміну.
- **1000–2000 кПа — Відносно пухкий:** Сприятливе середовище для більшості сільськогосподарських культур.
- **2000–3000 кПа — Середня твердість:** Допустимий діапазон, у якому вирощування культур залишається можливим без значних втрат продуктивності.
- **3000–4000 кПа — Твердий стан:** Критичний поріг, що сигналізує про необхідність обмеження техногенного тиску та впровадження заходів із розущільнення.
- **Понад 4000 кПа — Дуже твердий:** Екстремальне ущільнення, що вимагає негайної глибокої меліорації (розпушування).

Взаємозв'язок фізичних параметрів Показник твердості у 3000 кПа є індикаторним: він свідчить про досягнення граничної щільності ґрунту (понад 1,3 г/см³). За таких умов агрономічна служба має переглянути стратегію обробітку, зокрема мінімізувати кількість проходів колісної техніки та впроваджувати комбіновані агрегати для поєднання кількох операцій за один виїзд.

Методологічна точність. Описаний принцип покладено в основу роботи пенетрометрів. Важливо розуміти, що цифровий пенетрометр вимірює саме механічний опір (твердість), а не об'ємну масу (щільність). Попри те, що навіть виробники обладнання іноді плутають ці поняття, фахова підготовка здобувачів передбачає чітке розмежування цих термінів. Розуміння цієї різниці є ключовим для коректної інтерпретації результатів польових досліджень та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Будова і призначення пенетрометра S600

Цифровий пенетрометр S600 (виробництва компанії Skok Agro, Україна) є спеціалізованим вимірювальним комплексом, призначеним для визначення параметрів механічного опору ґрунту.

1. Принцип вимірювання та архітектура приладу

Функціонування приладу базується на методі статичного зондування: фіксації величини зусилля, що виникає під час заглиблення металевого конуса в ґрунтовий профіль. Конструктивною особливістю є можливість одночасної реєстрації двох ключових параметрів — величини питомого опору та глибини проникнення.

Центральним елементом системи є вимірювальний блок (поз. 1, рис. 8.4), серцем якого є високоточна тензометрична станція. Вона перетворює механічну деформацію, спричинену опором ґрунту, в електричний сигнал, що підлягає подальшій цифровій обробці.

2. Геопросторова прив'язка та передача даних

Для інтеграції в системи точного землеробства пенетрометр оснащений модулем GNSS (GPS), який забезпечує точну географічну прив’язку кожної точки вимірювання. Автоматизація збору даних здійснюється за допомогою:

- GSM-модуля зі встановленою SIM-картою: забезпечує трансляцію результатів вимірювань у режимі реального часу на віддалений сервер. Це дає змогу здійснювати моніторинг польових робіт дистанційно з будь-якої точки світу.
- Внутрішнього накопичувача (карти пам’яті): розрахований на зберігання до 2000 вимірювальних циклів, що гарантує збереження даних у разі відсутності мобільного покриття.

3. Експлуатаційні особливості

Прилад спроєктований з урахуванням вимог мобільності та надійності в польових умовах:

- Модульна конструкція: розбірне виконання полегшує технічне обслуговування та транспортування.

- Захищене пакування: для захисту від механічних пошкоджень та вологи використовується спеціалізована інструментальна валіза або сумка.
- Спеціалізоване **ПЗ:** комплексне програмне забезпечення для ПК дозволяє проводити глибокий аналіз отриманих даних, візуалізувати вертикальні профілі щільності та будувати просторові карти твердості поля.

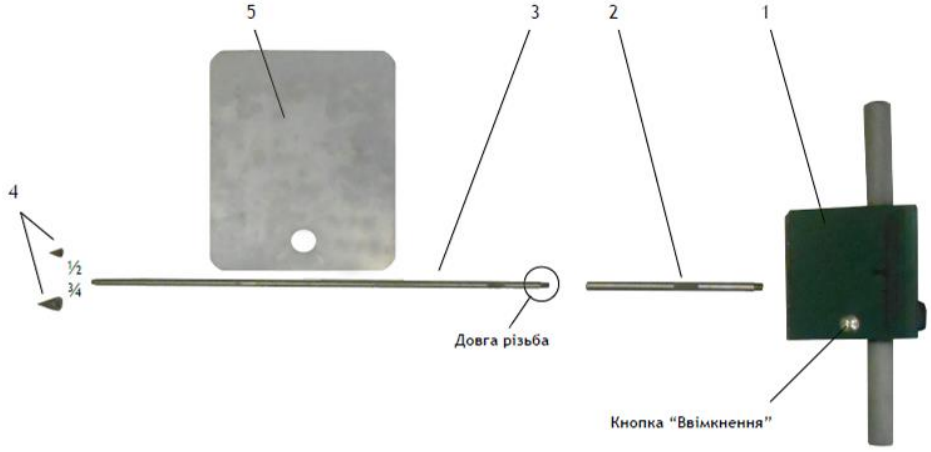


Рис. 8.4. Будова пенетрометра: 1 - вимірювальний блок; 2 - щуп для з'єднання з тензодатчиком; 3 - вимірювальний щуп; 4 - наконечники 1/2" для звичайних ґрунтів, 3/4" для піску або дуже вологого ґрунту; 5 – металева пластина для визначення глибини занурення щупа;

Пенетрометр має автономну акумуляторну батарею, яка заряджається від звичайного адаптера для мобільних телефонів або від ноутбука через USB-порт.

На вимірювальному блоці зверху розташований багатофункціональний екран (рис. 8.5.). На ньому відображаються необхідні функції, здійснюються налаштування приладу. Також на ньому відображається поточне положення за GPS-координатами, та кількість супутників (рис. 8.5.), що визначає точність фіксації Вашого положення на поверхні Землі. При першому запуску необхідно дочекатися встановлення зв’язку приладу з якомога більшою кількістю супутників – це підвищить точність положення дослідника. У нижній частині екрану з’являться координати положення – прилад фіксує координати місцеположення. В закритому приміщенні або близько біля високих споруд

визначити місцерозташування неможливо. Слід пам’ятати, що під час повітряних тривог, коли діють потужні засоби радіоелектронної боротьби система GPS не працює або працює некоректно. Тоді виконувати роботи недоцільно.

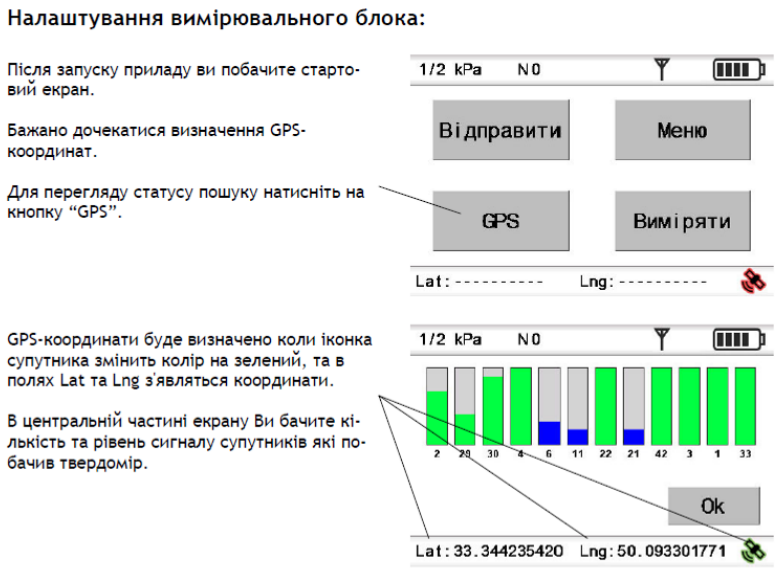


Рис. 8.5. Основне меню, яке відображається на екрані при запуску приладу в роботу

На екрані обираються функції: мова (англійська, українська, іспанська); вид конічного наконечника (1/2 дюйма або ¾ дюйма); одиниця вимірювання (кПа, кг/см^2, psi) та інші. Вид наконечника (конуса) обирається в залежності від типу ґрунту. Якщо супіски, легкі ґрунти – обираємо наконечник, розміром ¾ дюйма, якщо ґрунти тверді – то використовуємо наконечник, розміром ½ дюйма.

Після того, як встановлено зв'язок із супутниками GPS і встановлено основні параметри приладу, можна переходити до вимірювань.

Методика вимірювань

Пенетрометр знаходиться в сумці або ящику у розібраному вигляді.

Перед вимірюванням необхідно вийняти всі його складові і перевірити комплектність та цілісність приладу.

Перед початком вимірювань (ще до виходу в поле) необхідно створити особистий кабінет на сайті виробника «portal.skokagro.com». Отримати

підписку потрібно у виробника. У створеному кабінеті тепер можемо обрати поле, на якому будете працювати та скористатись функцією «Сітка» (рис. 8.6.), щоб визначити точки вимірювань. Це значно полегшить роботу оператора та скоротить час на визначення сітки взяття проб іншими методами. Поле створюється аналогічно, як і в платформах «Агропрофіль» та «One Soil».

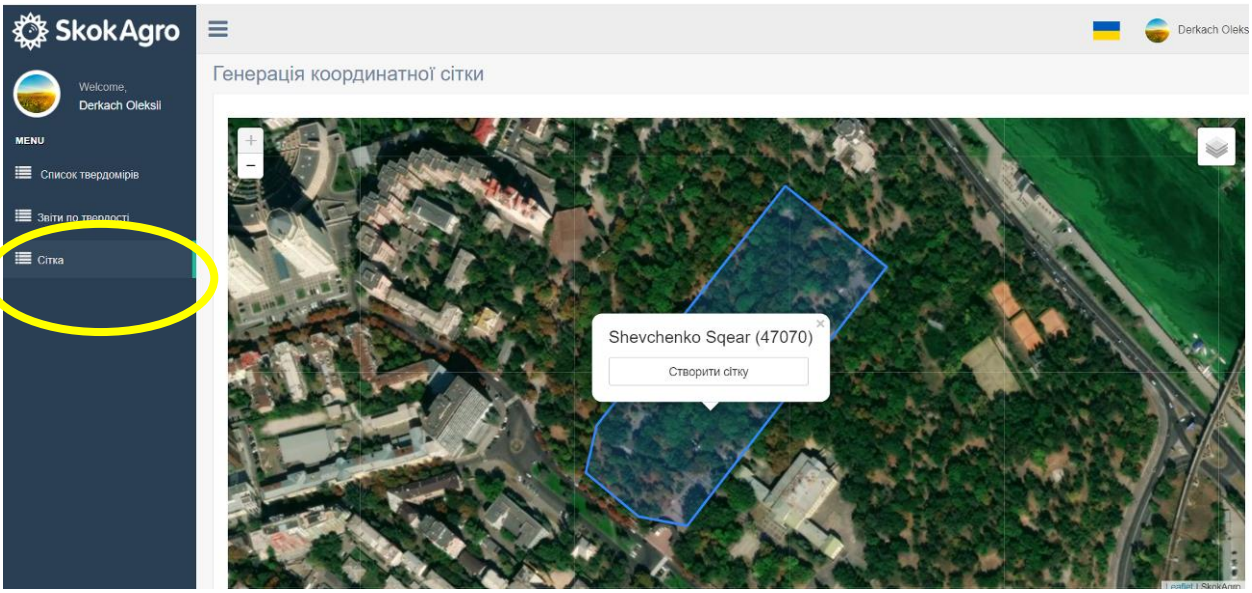


Рис. 8.6. Функція «Сітка» дозволяє генерувати точки вимірювань, що рівновіддалені одна від одної

Також при створенні сітки, програма пропонує визначити частоту вимірювань (рис. 8.7). Це може бути одне вимірювання на 15 га, на 10 га, на 5 га або інша дискретність, визначена самим оператором. Ця величина залежить від площі поля і від бажаної точності побудови майбутньої карти твердості поля. Однак, слід мати на увазі, що чим менше сітка вимірювань, тим точніші будуть результати, але тим більше часу необхідно витратити на моніторинг.

Як оператору, що проводить вимірювання на полі, сумістити своє фізичне положення з точкою вимірювання?

Отже, після того, як сітка створена, її необхідно сумістити з реальним положенням оператора в просторі. Після того, як особистому кабінеті створене поле і побудована сітка вимірювань, необхідно викачати файл, який містить інформацію про розташування сітки у форматі «KML». Для цього необхідно

натиснути кнопку «Скачати KML» (обведено овалом на рис. 8.7.). Файл необхідно відправити на власну пошту, щоб потім його викачати звідти на свій смартфон.

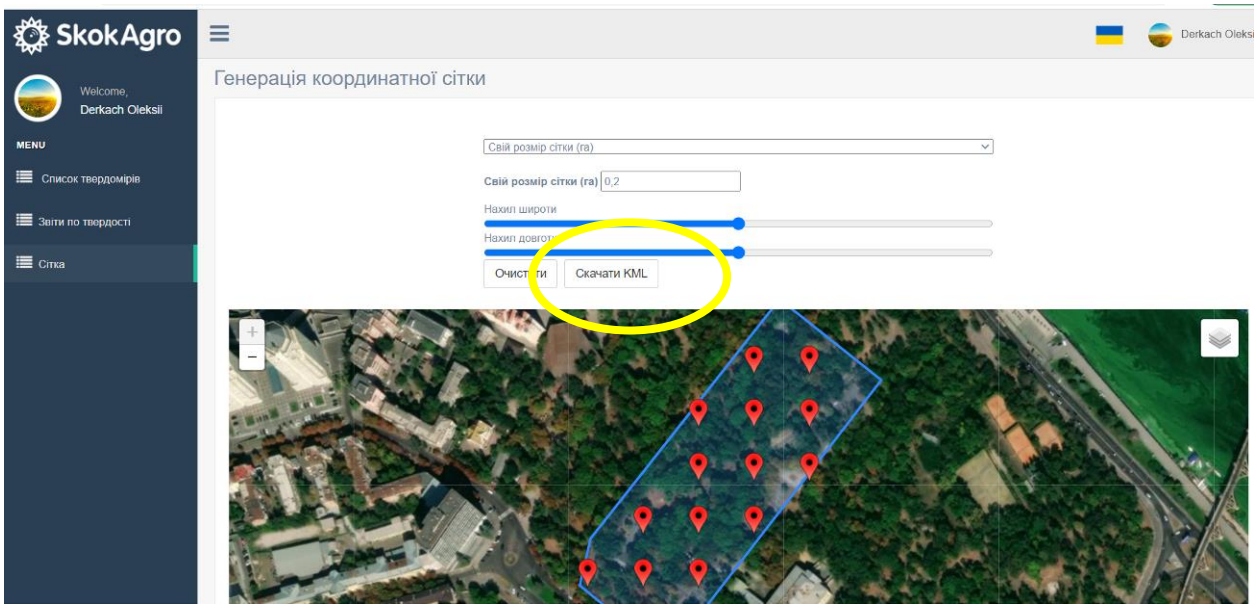


Рис. 8.7. Побудова сітки вимірювань: точки наносяться на поле автоматично при визначенні величини дискретності

Щоб оператору потрапити у точку виміру, необхідно викачати з «PlayMarket» навігаційний додаток, наприклад, Locus Map. Зі свого смартфону заходимо в електронну скриньку, викачуємо надісланий файл у форматі «KML» (цьому файлу можна дати ім'я) і зберігаємо його в смартфоні. Через цей додаток Locus Map відкрити файл з сіткою. На екрані телефону ви побачите поле з нанесеними точками вимірювання (сітка) і власне положення. Надалі, встановивши своє місцеположення, рухатись до точок, визначених сіткою.

Сумістивши точки навігації Locus Map із точкою Сітки, проводиться вимірювання твердості ґрунту. Методика вимірювання наступна.

1. Обираємо ділянку поля з рівною поверхнею і кладемо металевупластину для визначення глибини занурення щупа на поле.

Твердомір на пластину ставиться так, щоб верхня антена була над широкою частиною пластини, а наконечник був на відстані 1…2 см від отвору.

Детальніше можна ознайомитись, скачавши QR-код або перейшовши за посиланням (13 … 17 хв):
https://www.youtube.com/watch?v=mXt9gDrMqGA&t=14s

Дане відео створене випускником інженерно-технологічного факультету, а нині викладачем Olds College (Канада) Євгеном Михайлічеком.

2. Піднявши плавно твердомір від пластини під кутом 90 градусів відносно неї починаємо занурювати його через отвір в ґрунт швидкістю 2…4 см в секунду. Необхідно уникати різких рухів та нерівномірного руху твердоміра.

Між пластиною та вимірювальним блоком не повинно бути сторонніх предметів: листя, часточок ґрунту, рослинних решток. У процесі вимірювання при зануренні щупа, на екрані відобразиться зміна показників глибини та тиску (рис. 8.8).



.

Рис. 8.8. Показники тиску та глибини будуть синхронно змінюватись при вимірюванні

Провівши занурення щупа в ґрунт на глибину 60 см, отримаємо картину на екрані (рис. 8.9), де будуть відображені дані твердості у кПА через кожен

сантиметр глибини. Ці дані відображаються як у вигляді таблиці, так і у вигляді графіка. Після вимірювань, дані передаються на сервер за допомогою GSM-зв'язку. Результати вимірювань можна передавати як по окремому вимірюванні, так і по завершенню вимірювань на всьому обсязі робіт. Після кожного вимірювання отримані дані необхідно зберегти. Всього в пам'яті пенетрометра можна зберегти до 2000 результатів вимірювань. Це зручно, якщо вимірювання проводяться в зоні, де відсутній мобільний зв'язок.

Раціональну траєкторію від точки до точки будуємо за допомогою додатку Locus Map (рис. 8.10.). В цьому додатку є функція запису траєкторії руху оператора по полю. Також записується в хронометраж відстань, яку пройшов оператор, тривалість роботи, час перебування в кожній точці та ін.

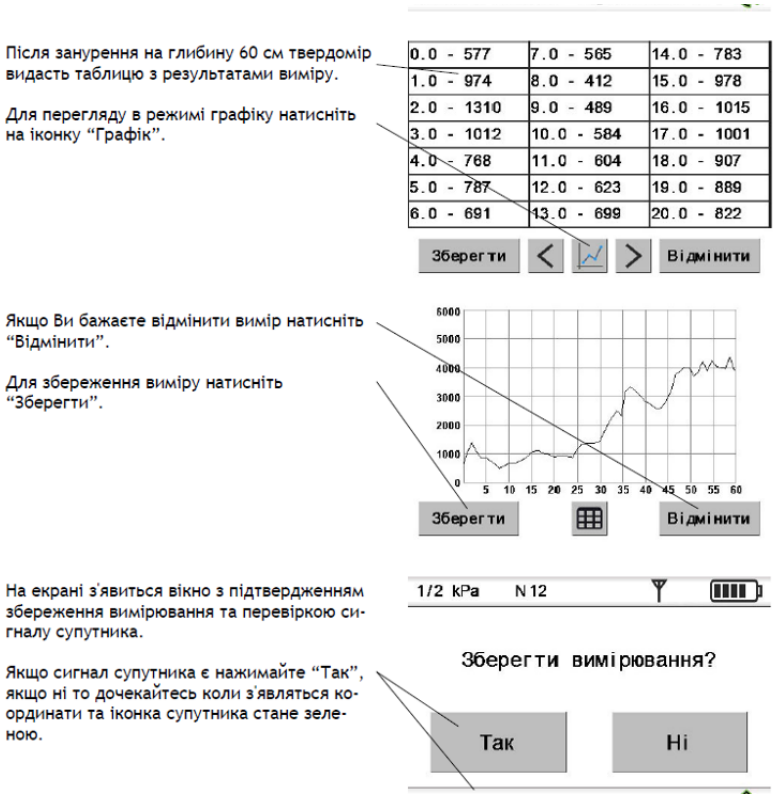


Рис. 8.9. Скріншот з інструкції користувача пенетрометра

Використання додатку Locus Map наведено у якості прикладу. Оператор може використовувати будь-який навігаційний додаток, який забезпечить його перебування в радіусі 10 м від заданої точки.

Перед виконанням робіт з пенетрометром необхідно провести (пройти) інструктаж з охорони та безпеки праці. Оператор повинен мати захищений одяг (від сонця, вітру), головний убір, окуляри, достатній запас води, заряджений мобільний телефон. В умовах ведення війни, перед роботами, необхідно переконатися в безпечному стані поля.



Рис. 8.10. Скріншот з додатку Locus Map з траєкторію руху по полю

Однією із переваг і зручностей використання додатку типу Locus Map є впевненість у проходженні всіх заданих точок, так як оператор контролює свою траєкторію проходження по полю.

Обробка даних. Передані в особистий кабінет дані вимірювань формуються в окремі звіти у вигляді PDF-файлів і зберігаються там постійно. Кожному файлу автоматично присвоюється номер ID поля, а назва поля вже може змінюватись користувачем на його розсуд. Такі дані як дата вимірювань і останніх змін, дата та час формування звіту також формуються автоматично.

Це зменшує ризик маніпулювань та умисне внесення викривлених даних. Таким чином замовник може бути впевненим у точності отриманих даних.

Недоліком такої системи є те, що дані знаходяться на зовнішньому сервері і невідомо ступінь їх захищеності. Проте, їх можна викачати в окремі файли і зберегти на робочому ноутбуці, а онлайн-дані видалити.

Загальний звіт формується на основі статистичних даних вимірювань по полю і має вигляд трьох кривих величини зусилля (рис. 8.11.): максимальних значень твердості, середньостатистичних значень твердості в мінімальних значень. Для зручності оцінки внизу надається шкала оцінювання стану ґрунту. Така картина дає розуміння стану ґрунту в загальному. Також у нижньому лівому кутку наведена карта поля та точки вимірювань. Такий звіт потребує кваліфікованого аналізу, пояснень і надання рекомендацій. А тому, неможливо без досвідченого фахівця виконати повний цикл робіт з визначення твердості ґрунту та надання рекомендацій.

Карта відображає варіацію показників твердості ґрунту (опору проникненню) у межах поля, отриманих за допомогою пенетрометричних вимірювань та подальшої цифрової обробки даних. Кольорове зонування дозволяє візуалізувати ділянки з різним ступенем ущільнення, що дає можливість локалізувати проблемні зони та обґрунтувати проведення диференційованих агротехнічних заходів у системі точного землеробства.

Наступним кроком ми розберемо дані по окремих точках. Це необхідно для виявлення локальних ущільнень на полі та прийняття технологічних заходів по усуненню цього явища.

Така інтерполяція дозволяє виявити ущільнення ґрунту не тільки на певних площах, а на різних глибинах. Таким чином, можна планувати різні технологічні заходи, направлені на розущільненя ґрунту: від зміни технологічних процесів до безпосередніх опреацій по розущільненню проблемних ділянок полів.

Цікавий факт: під час провдення вимірювання твердості ґрунту на одному з полів, виявили надмірне значення цього параметра на площі, близко

1,5 га. Як з’ясувалося, дана ділянка слугувала майданчиком для розвантаження зернозбиральних комбайнів в автомобілі. Тобто, скупчення техніки, а особливо наявність автомобілів на полі стали однією з причин значного ущільнення ґрунту.

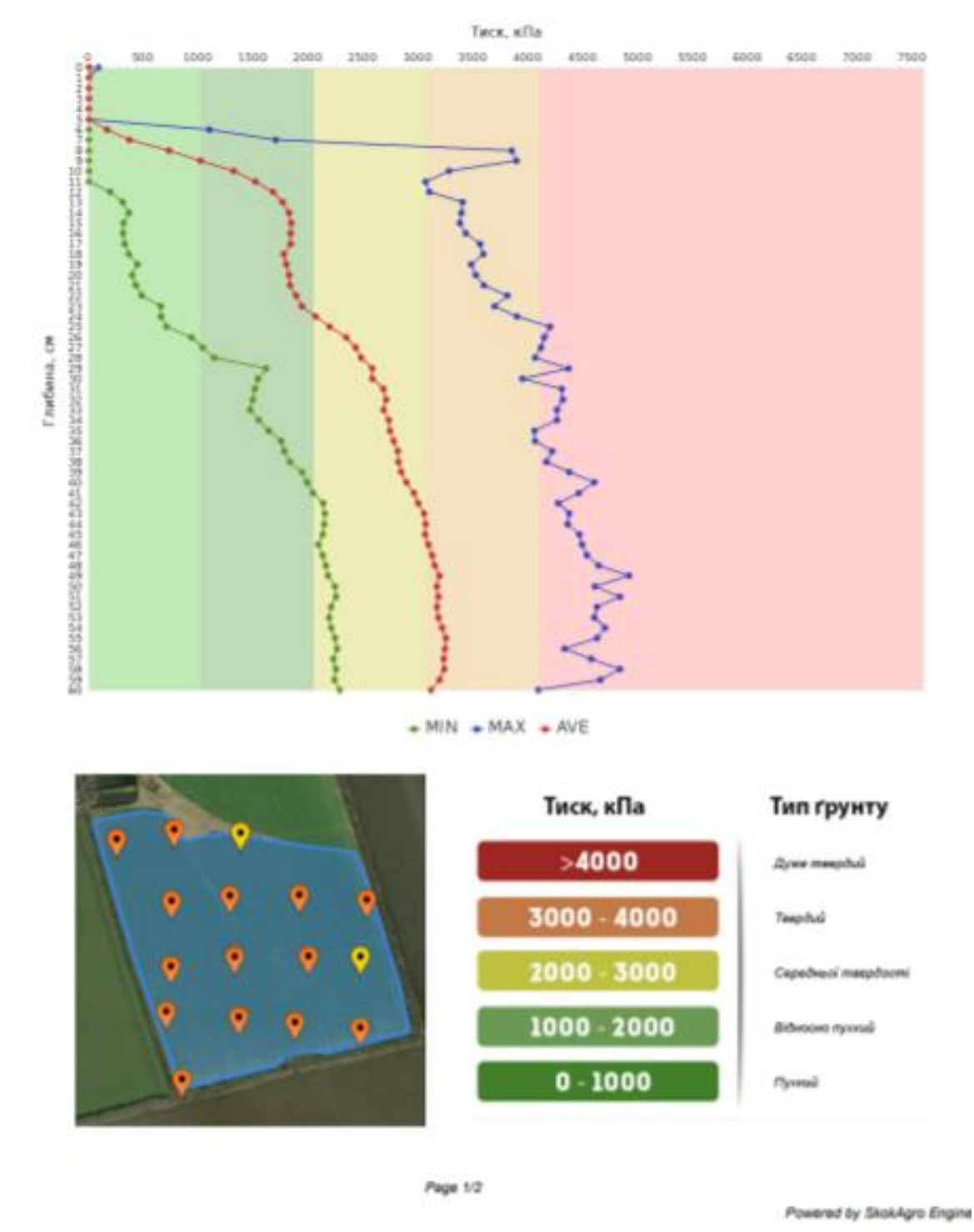


Рис. 8.11. Приклад карти просторового розподілу ущільнення ґрунту на полі, побудованої за результатами польових вимірювань

Хід роботи

Розроблена програма досліджень передбачала наступні етапи:

- вибір двох полів вирощування пшениці озимої та соняшника;
- проведення вимірювання твердості ґрунту на обраних полях;
- обробка результатів та складання карти ущільнення ґрунту по шарах;
- розробка технологічних карт на вирощування пшениці озимої та соняшника з урахуванням рекомендацій щодо розущільнення окремих ділянок ґрунту.

Вимірювання твердості та обробка результатів

Для проведення досліджень обирали два поля, на яких вирощувалося дві культури за традиційними технологіями: пшениця озима (84 га) і соняшник (110 га). Дана вибірка дозволяє порівняти вплив різних систем обробітку та попередників на фізико-механічний стан ґрунтового профілю.

Поле пшениці озимої, площа 84 га

Характеристика поля. Агрофон – стерня зернових після дискування (рис. 8.11) агрегатом МТЗ-82.1 + Хартехпром Слобода ЛТД-3. Вертикальний перепад поверхні поля – 2 м. Сітка точок відбору розроблена з дискретністю 5 га (рис. 8.12).

Така стратегія моніторингу дозволяє сформувати репрезентативну вибірку даних для всього масиву, враховуючи можливу мікрорельєфну неоднорідність. Оскільки попереднє дискування проводилося на глибину 7…9 см, очікувалося, що в межах цього горизонту значення твердості будуть мінімальними через інтенсивне розпушення та руйнування капілярних зв’язків. Проте особлива увага приділялася зоні нижче глибини обробітку, де ймовірне формування «дискової підошви», яка може критично обмежувати інфільтрацію вологи та розвиток кореневої системи в осінній період. Отримані дані стануть підґрунтям для коригування глибини наступних операцій основного обробітку ґрунту.



Рис. 8.11. Агрофон поля

Середньостатистична крива показує, що твердість ґрунту знаходиться в допустимих межах (до 3000 кПа) до глибини 46…47 см. На глибині в межах 47…60 см середньостатистичне значення твердості складає 3000…3100 кПа, що є незначним перевищенням і може носити більш природний характер, ніж наслідки системного ущільнення рушіїв техніки. Максимальні значення є строкатими, нестабільними і не перевищують в одиночних випадках 4500 кПа.

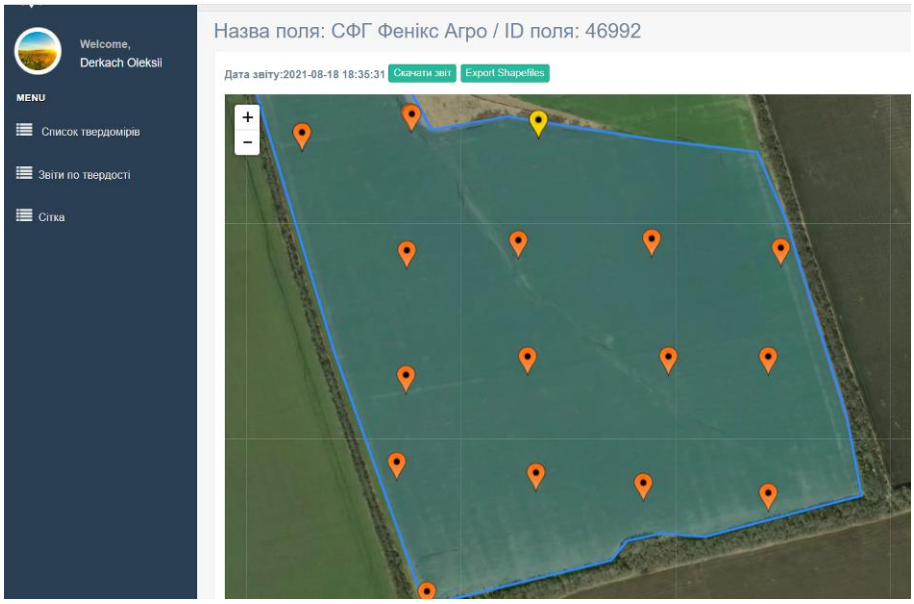


Рис. 8.12. Сітка поля. Дискретність 5 га

Детальний аналіз. Найменша твердість ґрунту коливається на глибинах 0…11 см, що пов’язано з тим, що поле було оброблене лущильником. Тиск впровадження індентора пенетрометра не перевищує 1000 кПа.

Розглянемо величину твердості ґрунту пошарово



Рис. 8.13. Картина твердості ґрунту на глибині 5 см

Як вказувалося вище, на даній глибині ґрунт є розпушеним, твердість – мінімальна.



Рис. 8.14. Картина твердості ґрунту на глибині 15 см

На даних глибинах утворюються зони незначної строкатості твердості ґрунту, однак вони не є великими чи небезпечними. Виключення складають дві точки (виділені червоними колами), де твердість перевищує 3000 кПа на глибині 20 см (рис. 8.15).



Рис. 8.15. Критичні точки ущільнення на глибині 20 см



Рис. 8.16. Картина твердості ґрунту на глибині 25 см

З досягненням глибини 25 і 30 см локально твердість зростає і знаходиться в межах 1800…3595 кПа. Максимальна твердість 3595 кПа зафіксована в точці, виділеній колом.



Рис. 8.17. Картина твердості ґрунту на глибині 40 см

Твердість у вимірюваному шарі ґрунту знаходиться в межах 1940…4500 кПа. Нагадаємо, що оптимальною і прийнятною для вирощування с.-г. культур вважається твердість ґрунту до 2500…3000 кПа.

Встановлено, що в орному шарі ґрунту – до 30 см в цілому щільність ґрунту знаходиться в сприятливих умовах для росту рослин. Окремі незначні за площею зони ущільнення локально впливають на характер стану ґрунту в цілому, однак, ці зони бажано ліквідувати поглибленим обробітком. Нижче наведемо динаміку зміни твердості ґрунту на деяких точках, яким треба приділити увагу.



Рис. 8.18. Динаміка твердості ґрунту в точці 5 (Проблемна точка)

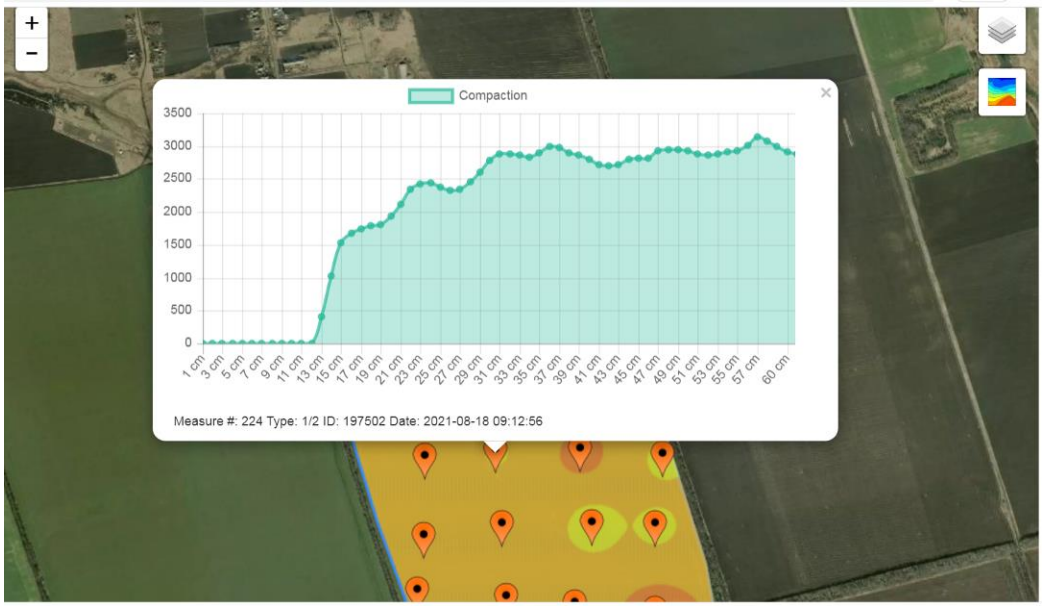


Рис. 8.19. Динаміка твердості ґрунту в точці 6

Значення 3000 кПа вказує, що ґрунт переважно твердий, однак, це значення характерне для підорного шару і має стабільний характер, тобто із глибиною твердість залишається стабільною. Це хороша ознака, так як показує певну стійкість до техногенного навантаження від техніки.



Рис. 8.20. Динаміка твердості ґрунту в точці 9

У даній точці бачимо, що вже на глибині від 13 см твердість ґрунту починає зростати, досягає значень до 3000 кПа, а з глибини 27…29 см починає перевищувати це значення.



Рис. 8.21. Динаміка твердості ґрунту в точці 12

У даному випадку основним оперативним заходом щодо розущільнення ґрунту може бути чизелювання, а стратегічним – використання техніки на гусеничному ходу або на пневматичних шинах зі зниженим тиском (наприклад, Ultraflex).

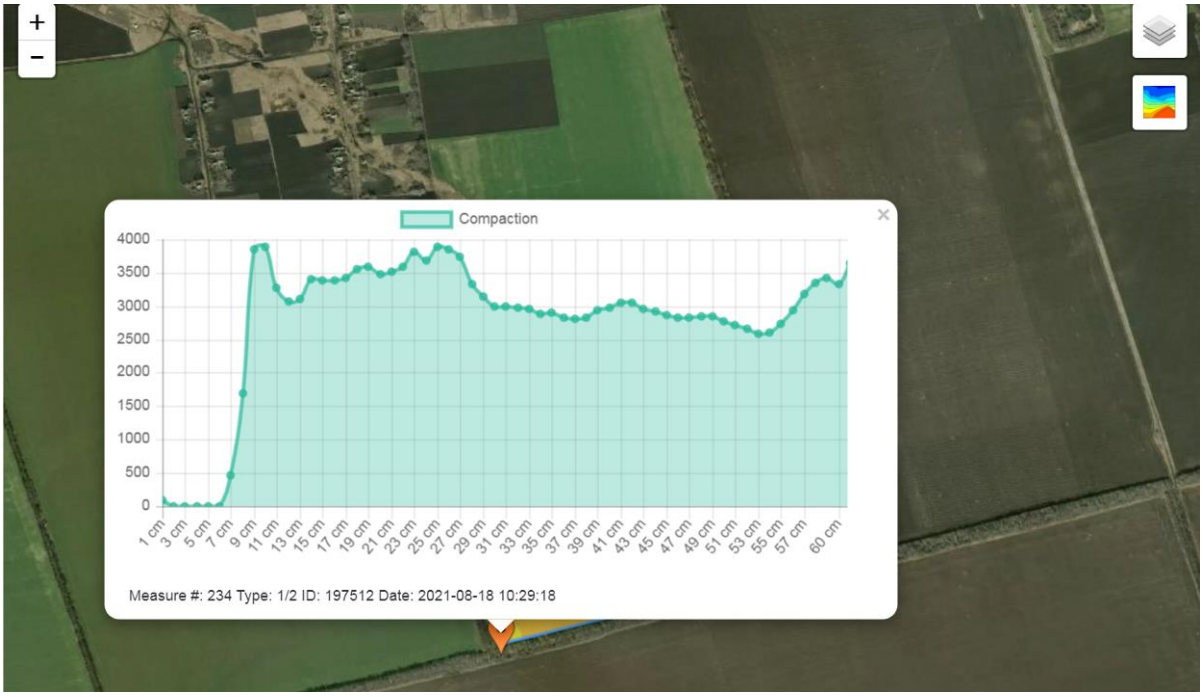


Рис. 8.22. Динаміка твердості ґрунту в точці 16 (Проблемна точка)

Висновки

Наведені результати вимірювань твердості грунту показали, що у переважній більшості агротехніка підприємства в цілому переважно забезпечує утримання щільності ґрунту в межах агротехнічних параметрів. Виявлені проблемні ділянки, на яких ґрунт переущільнений, твердість якого досягає 4500…5000 кПа. Запропоновано такі ділянки обробити глибокою оранкою (до 32 см) агрегатом МТЗ-1025 + ПОН-3-35.

Також рекомендовано не допускати виїзд техніки на перезволожений ґрунт. Не допускати виїзду автомобілів на поле під час завантаження зерном.

Завдання: дати характеристику стану ґрунту за результатами, наведеними на рис. 17 – 21; встановити передбачувані причини такого стану і дати рекомендації щодо заходів, наведених на розущільнення ґрунту.

Контрольні питання

1. Що таке твердість ґрунту та яке її інженерне й агрономічне значення в системах точного землеробства?
2. Який фізичний принцип покладено в основу роботи цифрового пенетрометра та які параметри безпосередньо вимірює прилад SKOK AGRO?
3. Чим твердість ґрунту відрізняється від щільності, і чому у виробничих умовах доцільніше контролювати саме твердість?
4. Які фактори впливають на результати пенетрометричних вимірювань (вологість, структура ґрунту, швидкість занурення зонда тощо)?
5. Які граничні значення твердості ґрунту вважаються критичними для розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур?
6. Опишіть методику польового вимірювання твердості ґрунту цифровим пенетрометром SKOK AGRO (глибина, крок вимірювань, кількість повторів).
7. Як результати вимірювання твердості ґрунту можуть бути використані для прийняття інженерних та агротехнологічних рішень (глибина обробітку, вибір агрегату, контроль ущільнення)?
8. Чому доцільно поєднувати пенетрометричні вимірювання з даними супутникового моніторингу, GNSS-прив’язки та вимірювання вологості ґрунту?

📌 *Методична порада:*
питання **3, 4 і 6** — базові (бакалавр),
питання **5, 7 і 8** — аналітичні (магістр).

Практичний кейс: «Руйнування плужної підошви»

- **Ситуація:** Вимірювання показали критичне ущільнення (3000 кПа) на глибині 25 см. Господарство зазвичай проводить дискування на 12 см.

- **Завдання:** Обґрунтуйте необхідність глибокого розпушування. Розрахуйте економічні втрати від недобору врожаю соняшнику через неможливість кореневої системи проникнути глибше 25 см. Обґрунтуйте склад агрегату для глибокого обробітку ґрунту.

Корисні посилання

1. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600. Версія 1.3. 2019. https://www.skokagro.com/index.php?lang=uk

2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: офіційний сайт. URL: https://mepr.gov.ua/ (дата звернення: 07.12.2025).

3. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. А. С. Кобець, В. Ю. Ільченко, В. Г. Бутенко; за ред. А. С. Кобця. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2007. 288 с.

4. Практикум з використання машин у рослинництві В. Ю. Ільченко, А. С. Кобець, В. П. Мельник та ін. ; Дніпропетровський держагроуніверситет. Дніпропетровськ, 2002. 212 с.

5. Машини для технології Strip-till. *Агробізнес сьогодні*. URL: http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9965-mashyny-dlia-tekhnolohii-striptill.html (дата звернення: 07.12.2025).

6. Руденко М. В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2019. Т. 30 (69), № 6. С. 30–37. DOI: https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-6-28

7. John Deere : офіційний сайт. URL: https://www.deere.ua/uk/index.html (дата звернення: 04.12.2025).

Перевір себе

1. Який показник є основним індикатором фізичного стану поля в контексті даної роботи?

А) Вологість ґрунту.

Б) Вміст гумусу.

В) Твердість ґрунту (опір проникненню).

Г) Глибина залягання ґрунтових вод.

2. Які негативні наслідки спричиняє переущільнення підорних шарів ґрунту для рослин?

А) Підвищення стійкості до шкідників.

Б) Уразливість до посухи через неможливість коріння проростити вглиб.

В) Занадто швидке поглинання азотних добрив.

Г) Зменшення тривалості вегетаційного періоду.

3. Яке значення твердості ґрунту вважається «критичним порогом», що свідчить про досягнення граничної щільності?

А) 1000 кПа.

Б) 2000 кПа.

В) 3000 кПа.

Г) 5000 кПа.

4. Яка головна перевага вимірювання твердості пенетрометром порівняно з методом відбору проб ріжучими кільцями?

А) Можливість визначити хімічний склад ґрунту.

Б) Миттєве отримання вертикального профілю ущільнення безпосередньо в полі.

В) Відсутність потреби в електроенергії.

Г) Можливість роботи під час сильного дощу.

5. За допомогою якого модуля пенетрометр S600 здійснює геопросторову прив'язку точок вимірювання?

А) Модуля Bluetooth.

Б) Модуля GNSS (GPS).

В) Датчика глибини.

Г) Тензометричної станції.

6. Від чого залежить вибір конічного наконечника (1/2 або 3/4 дюйма) при роботі з пенетрометром?

А) Від марки трактора, який працював на полі.

Б) Від типу та стану ґрунту (наприклад, ¾ дюйма для легких або дуже вологих ґрунтів).

В) Від часу доби, коли проводяться вимірювання.

Г) Від моделі смартфона оператора.

7. Для чого оператору рекомендується використовувати додаток Locus Map під час роботи в полі?

А) Для вимірювання вологості повітря.

Б) Для суміщення свого положення з точками заздалегідь створеної сітки вимірювань.

В) Для зарядки акумулятора пенетрометра.

Г) Для фотофіксації бур'янів.

8. Яка оптимальна швидкість занурення щупа пенетрометра в ґрунт згідно з методикою?

А) 10–15 см за секунду.

Б) 2–4 см за секунду.

В) 1 метр за хвилину.

Г) Швидкість не має значення.

9. Що необхідно зробити оператору в першу чергу перед виходом у поле для проведення вимірювань?

А) Розібрати пенетрометр і покласти його в сумку.

Б) Створити особистий кабінет на порталі виробника та розробити сітку точок вимірювання.

В) Нагострити наконечник (конус) пенетрометра.

Г) Видалити всі дані з карти пам’яті приладу.

10. Який оперативний технологічний захід пропонується для розущільнення ґрунту в проблемних точках?

А) Додаткове дискування на 5 см.

Б) Полив ділянки великою кількістю води.

В) Чизелювання.

Г) Збільшення норми висіву насіння.

Відповіді на тест: 1 - В; 2 - Б; 3 - В; 4 - Б; 5 - Б; 6 - Б; 7 - Б; 8 - Б; 9 - Б; 10 - В.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСУ MYJOHNDEERE

Мета роботи: засвоїти призначення, основні функції і правила раціонального використання техніки John Deere при використанні інтернет-ресурсу MyJohnDeere.

Зміст роботи

Ознайомитися з програмним забезпеченням. Адреса ресурсу: https://myjohndeere.com

(дилер створює обліковий запис клієнта при продажу техніки з JDLink):

В Україні клієнтам доступні 3 програмні забезпечення цієї серії:

-StellarSupport;

-JDLink;

- Operations Center;

Наповнення сайту технічної підтримки «Stellar Support»

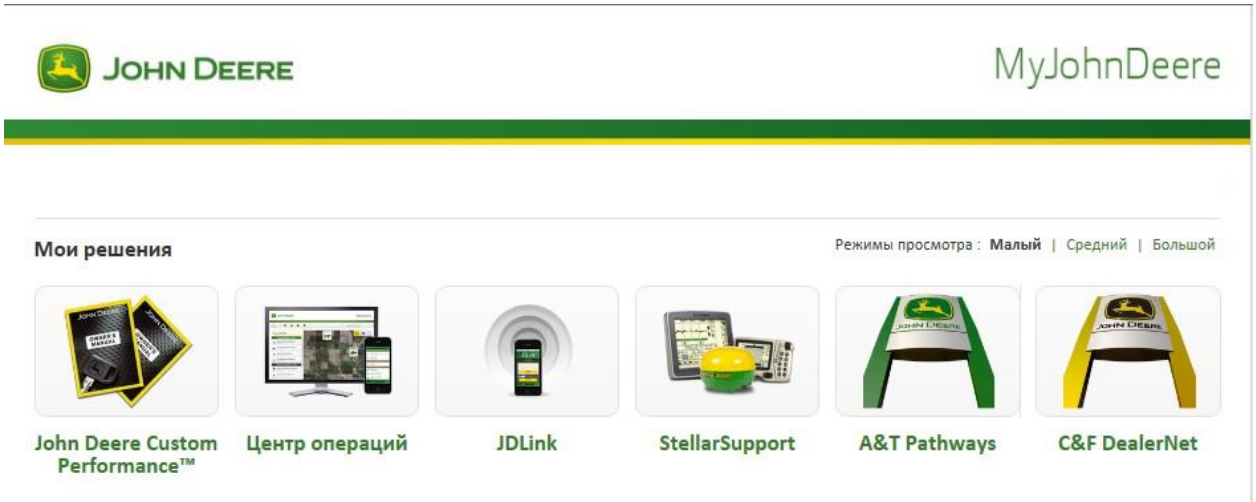


Рис. 9.1. StellarSupport – веб-сайт технічної підтримки продуктів AMS

Клієнт отримує доступ до інформації про придбані AMS продукти: термін дії ліцензій SF2 та JDLink, серійні номери AMS обладнання, посібники користувача тощо).

Також клієнт може завантажити файли для оновлення дисплеїв та приймачів.

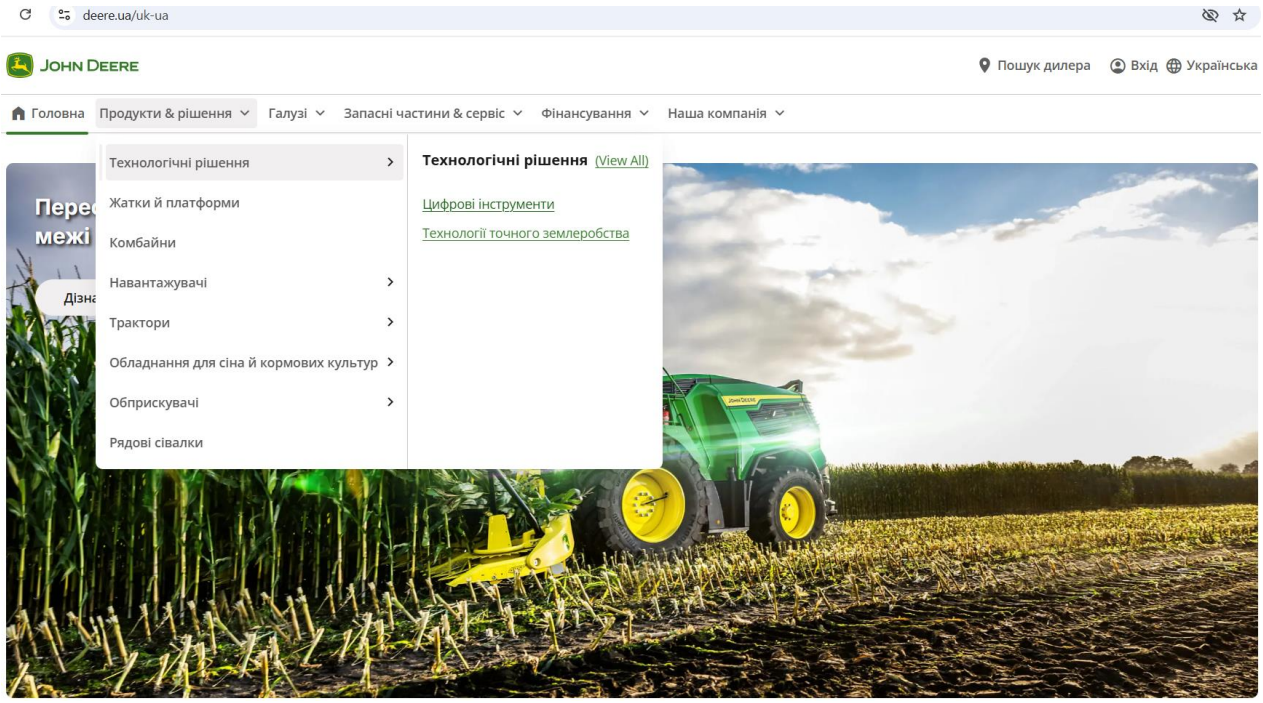


Рис. 9.2. Загальний вигляд сайту John Deere

Представлена вебсторінка є складним інформаційним інтерфейсом, інтегрованим у загальну екосистему цифрових рішень для агропромислового комплексу. Її архітектура побудована за принципом ієрархічної доступності, що забезпечує користувачеві швидкий доступ до технічних та аналітичних даних.

Верхня частина сторінки містить головне навігаційне меню, яке класифікує ресурси компанії за функціональними напрямами: виробнича номенклатура, галузеві стратегії, сервісна підтримка та логістика запасних частин. Випадаючі списки меню деталізують категорії технічного парку — від енергетичних засобів (тракторів) до вузькоспеціалізованого обладнання для кормозаготівлі та захисту рослин.

Для оптимізації взаємодії з інтерфейсом застосовано навігаційний ланцюжок (breadcrumbs). Цей інструмент не лише візуалізує шлях користувача від головної сторінки до розділу «Цифрові інструменти», а й дозволяє здійснювати швидку реверсивну навігацію між логічними рівнями сайту.

Концепція розділу «Цифрові інструменти» (рис. 9.3). Ключовим елементом сторінки є блок, присвячений інноваційним технологіям управління. Центральне місце тут посідає платформа **John Deere Operations Center**, яка функціонує як хмарна система інтегрованого менеджменту. Основні можливості системи включають:

- Телематичний контроль**:** моніторинг технічного стану та геолокації машин у реальному часі.
- Аналітичний менеджмент: ретроспективний аналіз польових операцій та оцінка їх енергоефективності.
- Агротехнологічне планування: цифрова архівація та проєктування циклів вирощування культур.

З науково-технічного погляду, дана вебсторінка ілюструє перехід від традиційного механізованого землеробства до концепції Agriculture 4.0. Інтеграція таких інструментів у виробничий процес дозволяє трансформувати розрізнені масиви даних у структуровану інформацію для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Використання подібних цифрових платформ забезпечує прецизійну оптимізацію ресурсів, знижує вплив людського фактора та підвищує загальну рентабельність агровиробництва завдяки створенню єдиного цифрового контуру управління «техніка — поле — агроном».

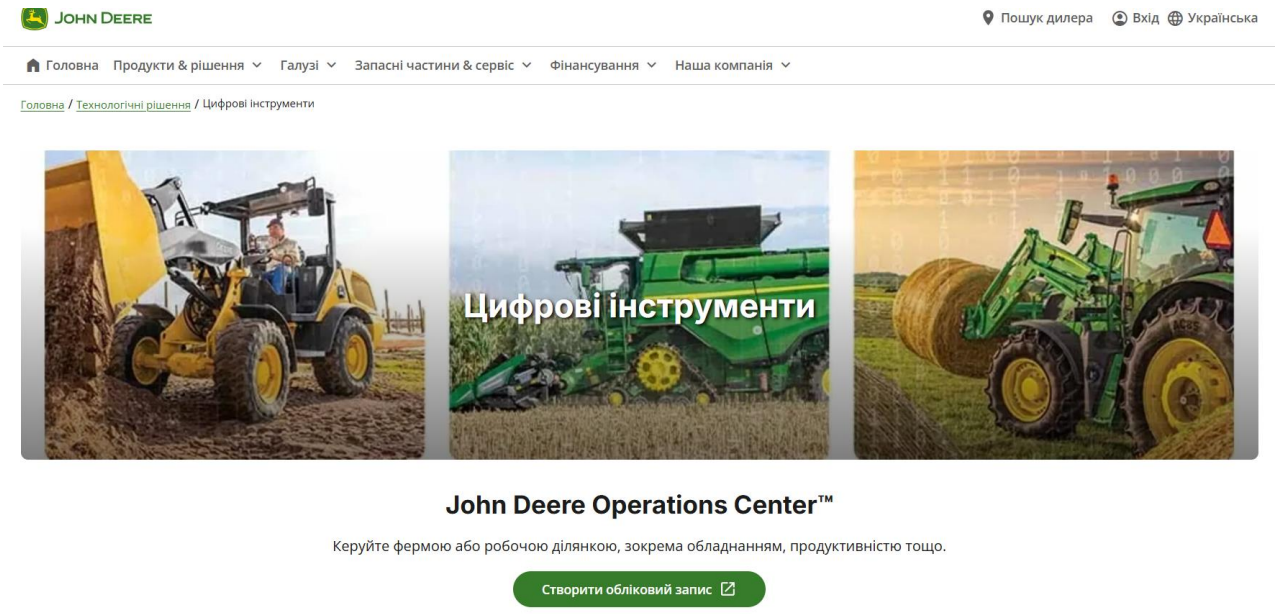
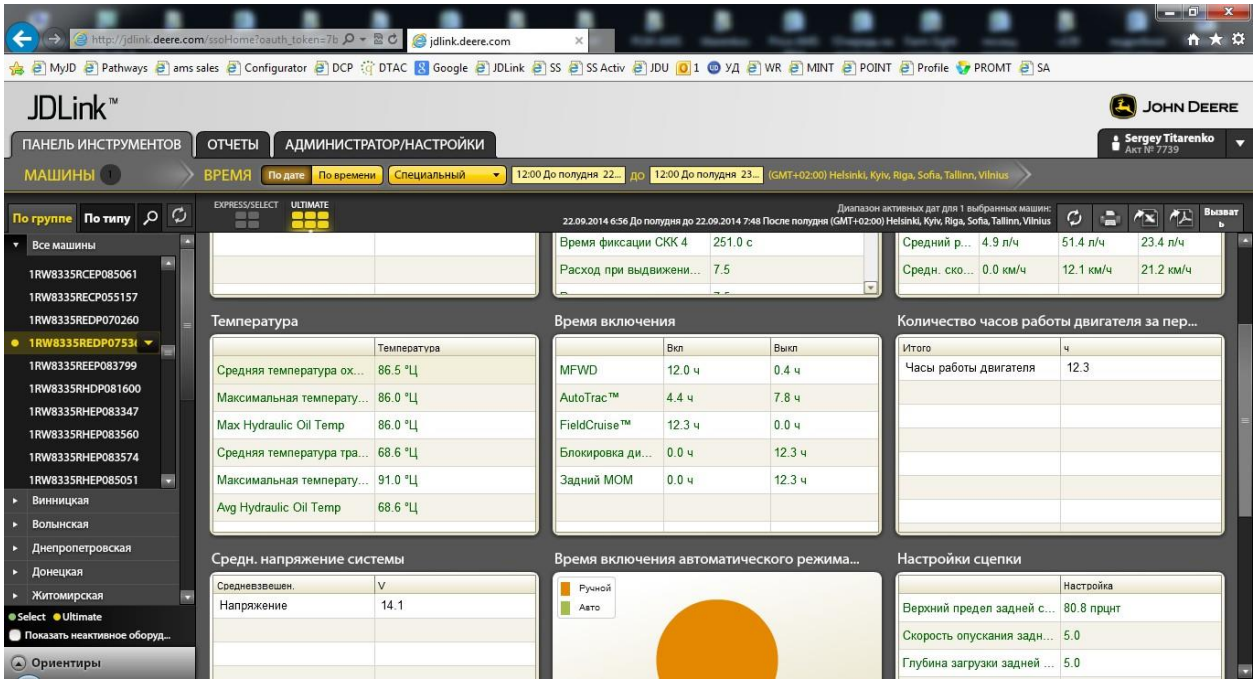
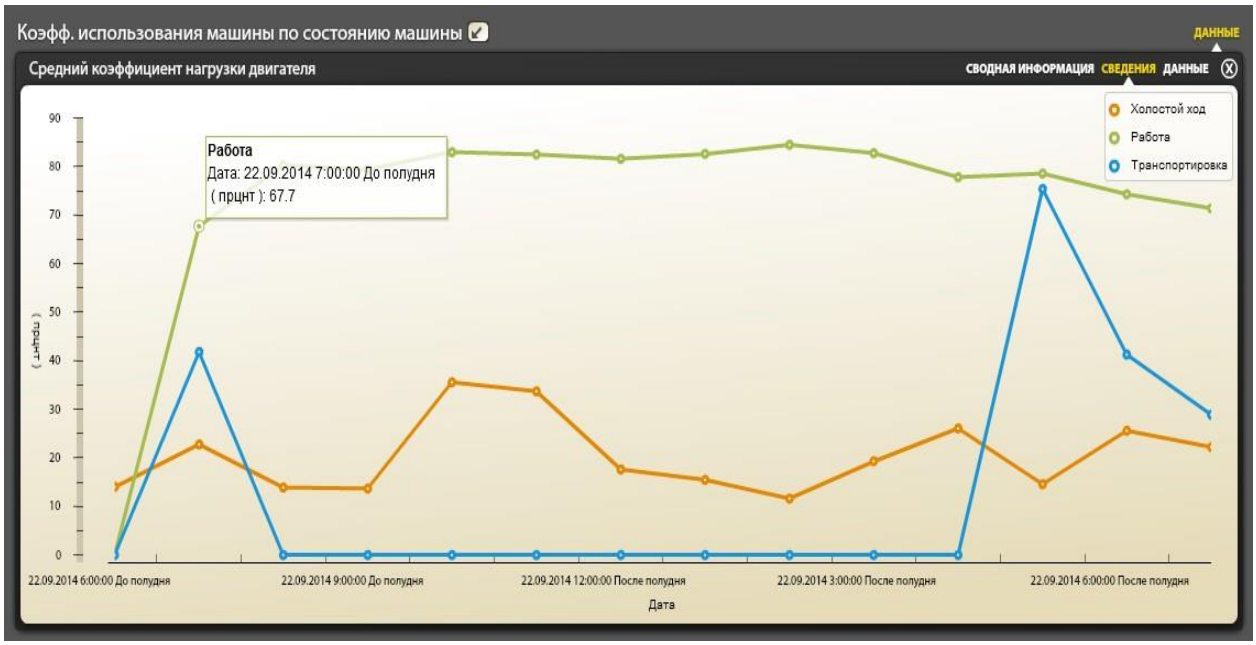


Рис. 9.3. Вигляд сторінки в розділі «Цифрові інструменти»

Інженерний ресурс JD Link

JDLink – інженерний ресурс, призначений для збору та аналізу даних по технічній експлуатації. У даному ресурсі відображається інформація про техніку, із встановленою системою JDLink (місце розташування машини, напрацювання, попередження, використане паливо, навантаження на двигун, поточний рівень мастил та інших технологічних рідин у ємностях та ін.).





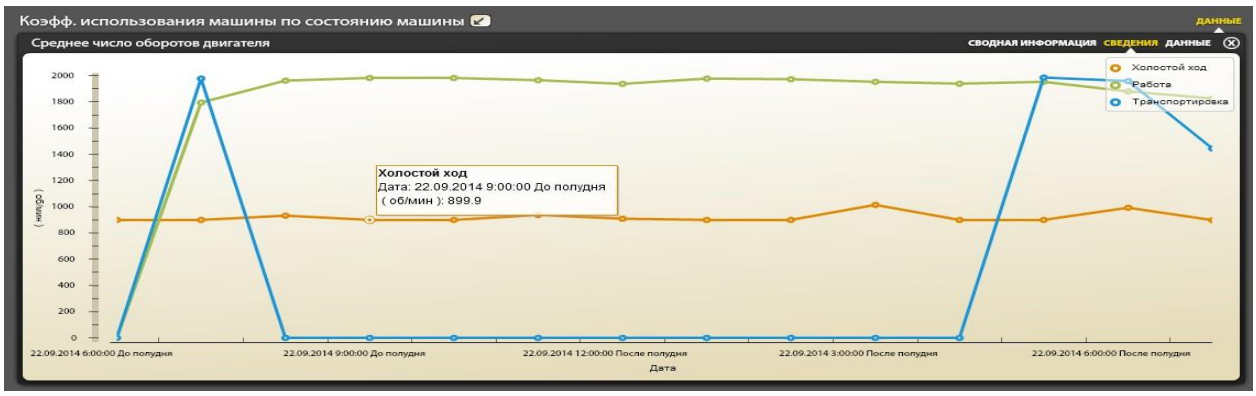
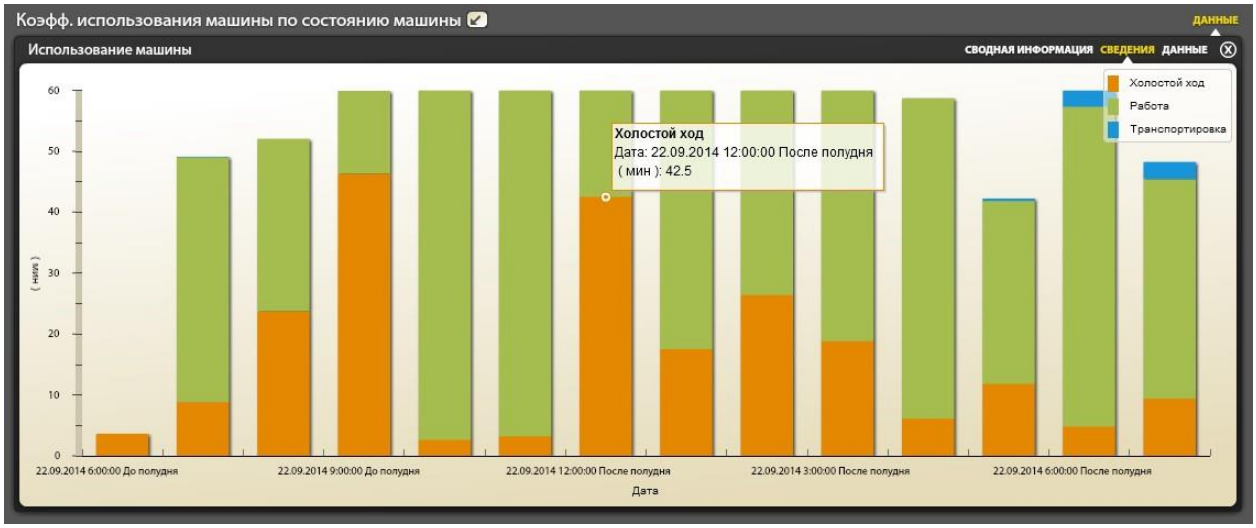


Рис. 9.4. Діаграма детального аналізу роботи агрегату за допомогою JD Link



Информация о топливе

Потребление топлива за период

Дата	Потребление топлива за период
22.09.2014 6:00:00 До полудня	0.2 л
22.09.2014 7:00:00 До полудня	29.9 л
22.09.2014 8:00:00 До полудня	26.4 л
22.09.2014 9:00:00 До полудня	14.8 л
22.09.2014 10:00:00 До полудня	52.5 л
22.09.2014 11:00:00 До полудня	51.6 л
22.09.2014 12:00:00 После полудня	19.1 л
22.09.2014 1:00:00 После полудня	39.6 л
22.09.2014 2:00:00 После полудня	32.4 л
22.09.2014 3:00:00 После полудня	39.2 л
22.09.2014 4:00:00 После полудня	45.6 л
22.09.2014 5:00:00 После полудня	26.8 л

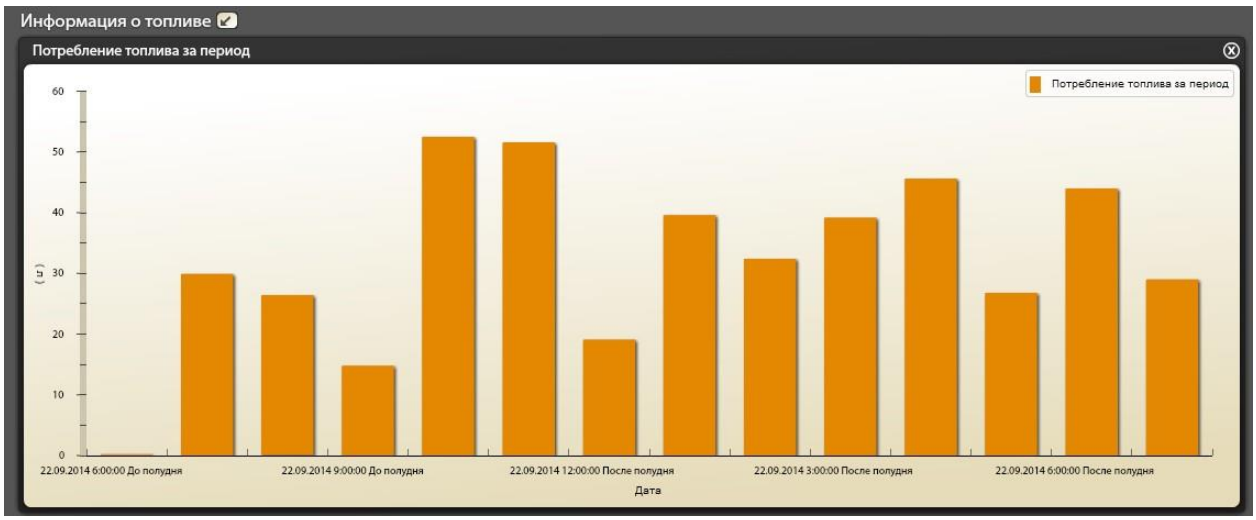
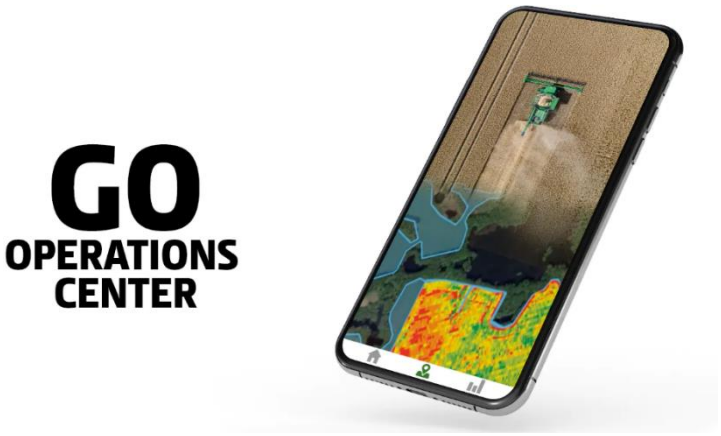


Рис. 9.5. Детальний аналіз використання техніки у вигляді графіків, таблиць і гістограм

Operations Center від John Deere – це системна онлайн платформа, яка об'єднує технічні, технологічні і економічні процеси в сільськогосподарському підприємстві.



Дані з техніки John Deere автоматично завантажуються в ресурс відповідної організації, в акаунт якої дилером призначена техніка, чи це трактори, чи це самохідні обприскувачі, комбайни, чи наприклад техніка інших виробників з відповідним встановленим обладнанням – блоками MTG, дисплеями від John Deere, та коннектом до обладнання ISOBUS. Платформа працює як на персональних комп'ютерах, так і на мобільних пристроях Android, iOS.

Для початку роботи слід провести реєстрацію акаунту. Вона безкоштовна. Відео за посиланням:

https://www.youtube.com/watch?v=-bo0l8bOZR4,

В глобальному розумінні центр операцій працює з 2-ма типами даних:

1. Тип: це дані технічного характеру – такі як показники з датчиків техніки, використання палива, режими роботи агрегатів. Ці дані можливо отримати лише з машин John Deere. Звіти про їх застосування можна отримати в Mashine Analyser в Центрі операцій, або вибравши JD Link.

2. Тип: це дані документування:

- показники врожайності/вологи при збиранні урожаю;
- показники фізичного виливу рідини обприскувачами;
- глибина рихлення систем обробітку ґрунту;
- норми висіву/внесення добрив посівними комплексами/розкидачами;
- дані документування можна завантажувати як вручну (USB носієм), так і автоматично за наявності підписок WDT, які виробник наразі надає безкоштовно;

*Але, JD Operations Center може обробляти дані також і інших виробників (наприклад Claas, Fendt, New Holland та інші).

За посиланням один з прикладів такого завантаження:

https://www.youtube.com/watch?v=jyngxtW4QTw

З даними документування слід бути обережними, так як не кожна машина їх фіксує. Для того щоб відбувався запис цих даних, необхідно щоб обладнання яке ці дані передає було в міжнародному стандарті ISOBUS або виробника John Deere, та сама техніка обладнана дисплеями JD 2600, JD 2630, JD 4600, JD 4640, JD 4240 та для онлайн передачі блоки MTG.

Відстежування робіт

Чи завершено вже посівні роботи, та чи знаходиться машина на шляху до наступного поля? За допомогою додатку Operations Center ви можете перевіряти свої машини майже в режимі реального часу, що допомагає вам уникнути тисяч



телефонних дзвінків і надає додатковий час для виконання більш важливих завдань.

Надсилання даних бездротовим шляхом

Чи можу я відмовитися від використання карти пам‘яті для збереження даних зі своїх машин? Тепер дані документації передаються в додаток Operations Center бездротовим шляхом майже в режимі реального часу — навіть для додаткового обладнання ISOBUS сторонніх виробників. Це спрощує перенесення документації без необхідності використання USB-накопичувача!



Керування машинами

Де знаходяться мої машини, і чи готові вони до роботи? Operations Center показує місцезнаходження кожної машини, історію її розташування та поточний рівень палива, а також активні діагностичні коди.

Обмін польовими даними

Чи потрібно мені знаходитися в офісі, щоб переглядати докладні карти документації? Віднині — ні. Ви можете переглядати їх в додатку практично в режимі реального часу, навіть для додаткового обладнання ISOBUS сторонніх виробників. Ви навіть можете безпосередньо експортувати дані з додатку для друку або переслати їх довіреному партнеру.

Миттєвий аналіз полів



Урожайність нового сорту пшениці підвищилася?... Як відрізняються мої врожаї від поля до поля? Operations Center автоматично сортує та відображає всю інформацію про ваші поля та

культури, як ніколи раніше полегшуючи прийняття рішень на основі фактів.

Прийняття більш зважених рішень

Наскільки добре спрацювала остання обробка азотом? Чи була ефективною нова хімічна обробка? Чи показав новий сорт насіння кращі результати, ніж торік? Ви можете порівнювати врожайність своїх полів, використовуючи функцію фільтрації, що допоможе вам приймати більш обґрунтовані рішення щодо врожаю наступного року.

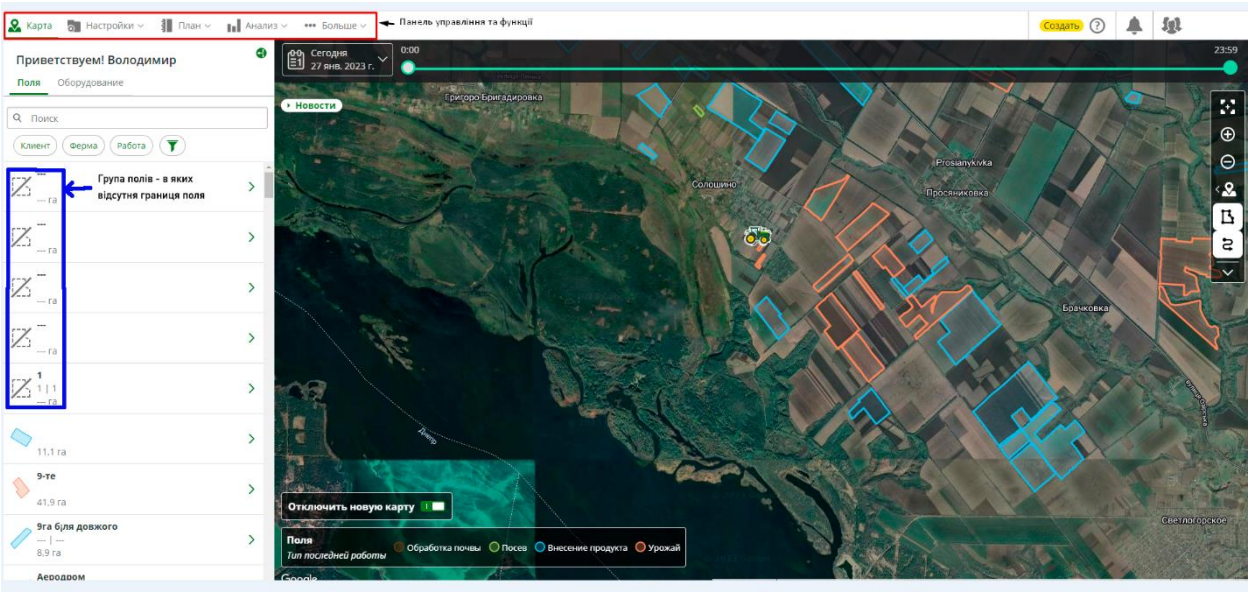


Рис. 9.5. Основний вид програми

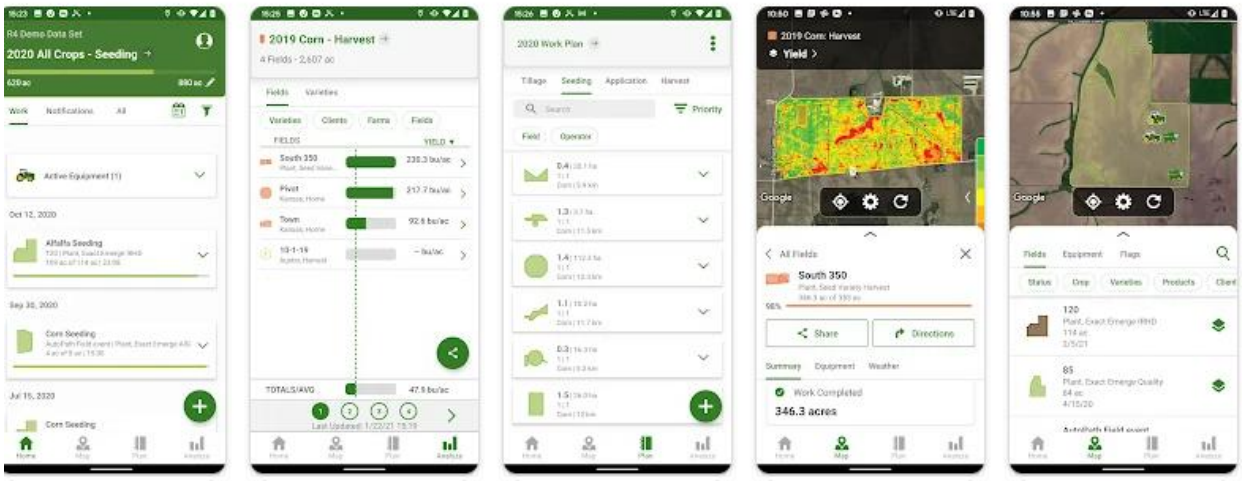
Червоним виділено – це основний вид меню, функції, налаштування, звіти і т.д.

Синім виділено – це поля без прив’язаної, створеної границі поля.

Інші поля – це поля з границями полів, та з останніми операціями документування на цих полях.

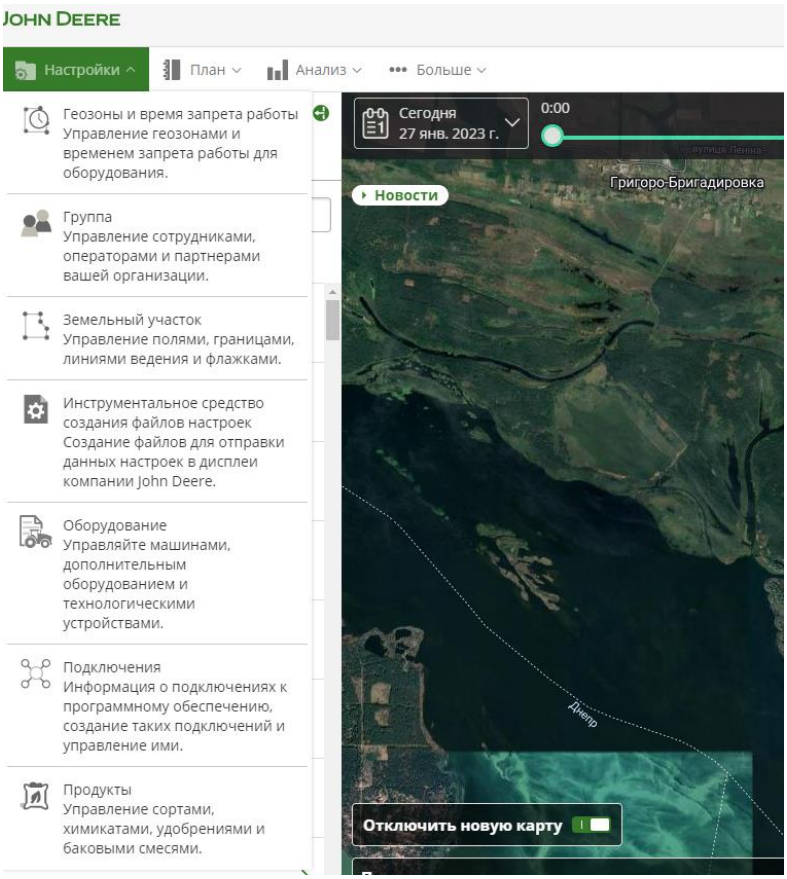
Основний екран – зображені поля, наявна техніка, при рухові - траєкторії

Operations Center Mobile



Меню – Налаштування

1. Геозони – в цьому меню налаштовують геозони для дозволів роботи техніки. При переміщення техніки за межі встановлених геозон, в залежності від налаштувань, відповідальним особам надходять повідомлення.



2. Група – в цьому меню є можливість додавати співробітників організації, партнерський доступ іншим організаціям до даних (за відповідно встановленими дозволами)

3. Земельна ділянка – в цьому меню ви зможете управляти вашими полями, додавати, редагувати ГСП контури полів, додавати лінії навігації А-Б, встановлювати геомітки на полях

4. Засіб створення налаштувань – в цьому меню ви маєте можливість формувати налаштування полів, культур, маршрутів А-Б, карт завдань на техніку, на всі типи дисплеїв John Deere

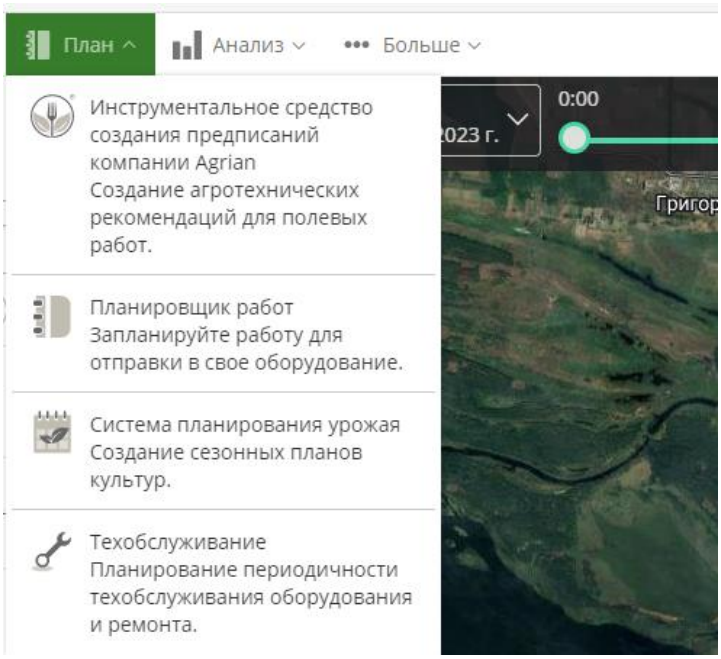
5. Обладнання – в цьому меню ви маєте змогу додавати додаткове обладнання, яке використовується в підприємстві

6. Підключення – в цьому меню ви маєте можливість вибирати сумісні з ресурсом центр операцій програмні рішення інших виробників, робити налаштування синхронізації з акаунтами виробників техніки таких наприклад як Claas та інш.

7. Продукти – в цьому меню ви можете додавати ваші сорти, культури, добрива, засоби захисту та формувати бакові суміші для обприскування/внесення добрив.

Меню – План

1. Засіб створення завдань **Agrian**.

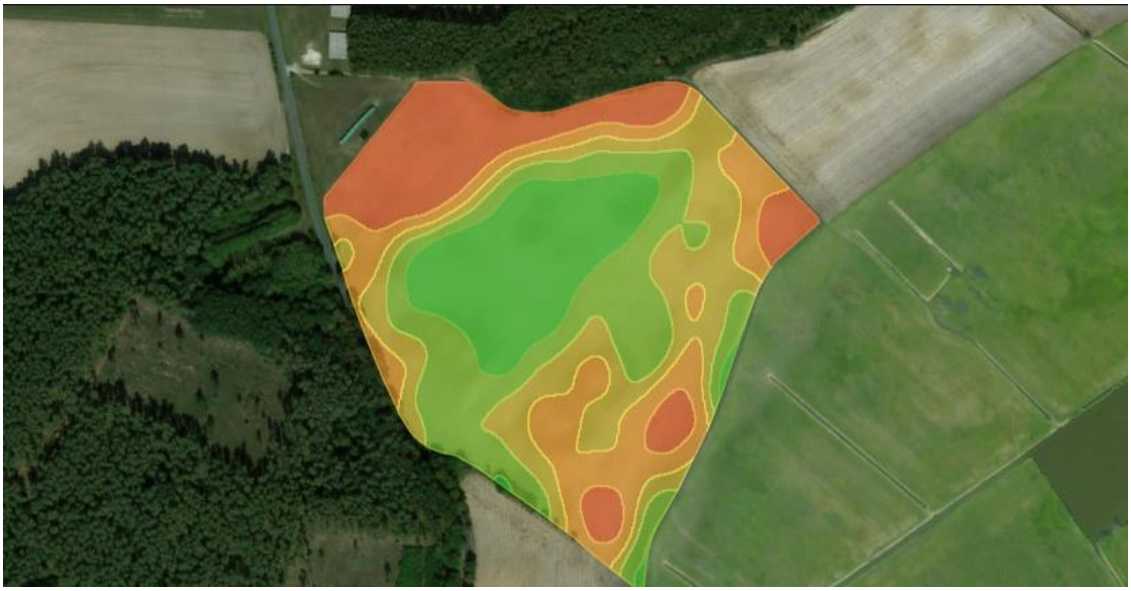


Це безкоштовний інструмент для формування карт завдань змінних норм висіву/внесення добрив від партнера John Deere. Цей засіб може брати за основу любу з карт факту документування (урожай, карта внесення, висоти) для автаматичного генерування зон з нормами. Сформоване завдання він передає в акаунт Центру операцій

2. Планувальник робіт – в цьому меню ви маєте змогу сформувати завдання-наряд на роботу (включити в нього всі машини та працівників і ресурси), та відправити це завдання співробітнику на смартфон (для цього цей співробітник має бути доданий до організації, та встановлений мобільний додаток). Виконавши роботу, співробітник фіксує це в своєму додатку, і таким чином система наповнює свою базу даних даними документування.

Система планування врожаю – в цьому меню ви можете спланувати вашу сівозміну.

Техобслуговування – в цьому меню ви можете встановити періоди технічного обслуговування вашої техніки, при настанні даного періоду, вам буде надсилатися повідомлення щодо необхідності проведення даної процедури. Поточний наробіток техніки буде завжди відображатись в даному меню.

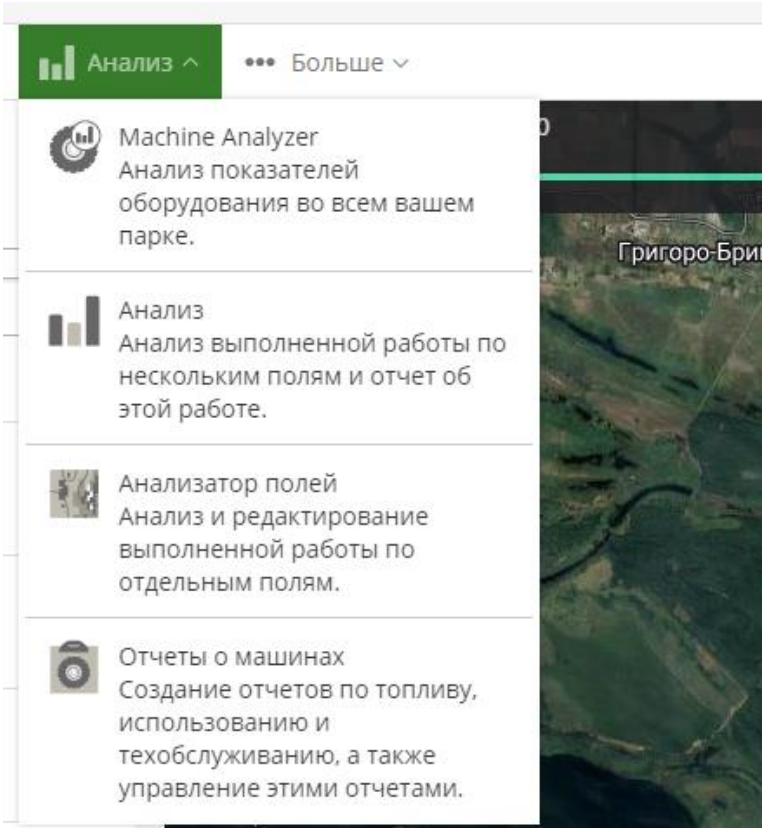


Приклад формування зон змінних норм в ресурсі Agrian

Меню – Аналіз

1. Аналіз машин – в цьому меню ви зможете отримати звіти по роботі техніки

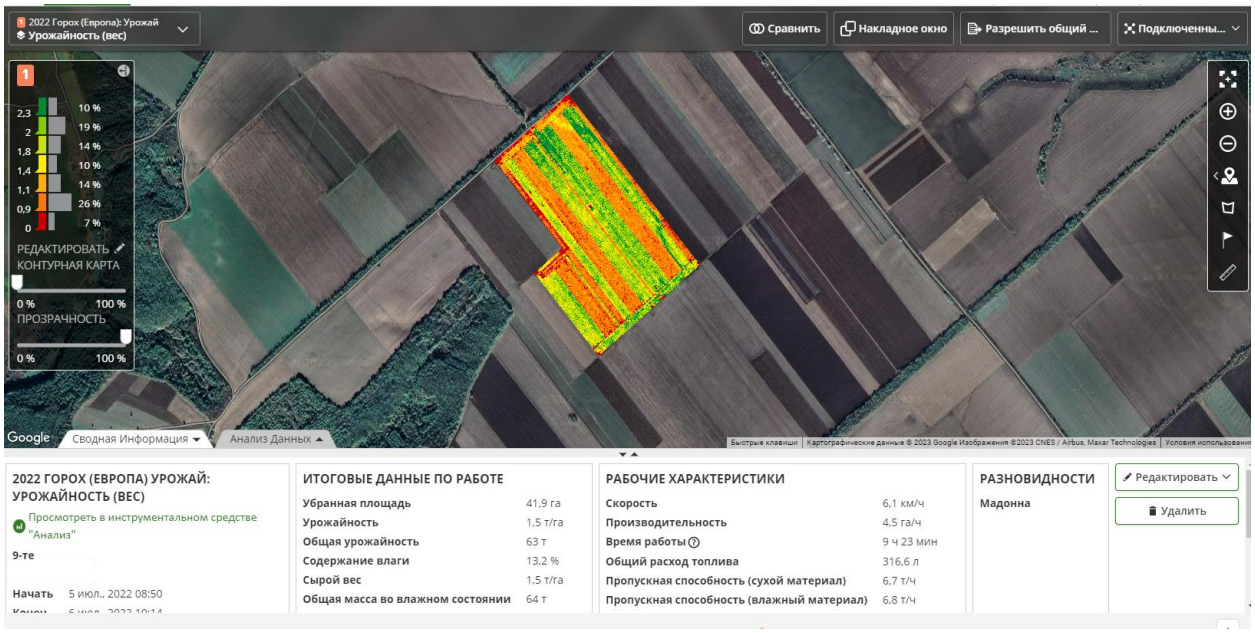
2. Аналіз – в цьому меню ви можете отримати звіти по проведеним роботам за визначеним користувацьким фільтром, що дає змогу швидко вибирати необхідні дані особливо в великих господарствах. А також ви можете сформувати звіти наприклад в ел. форматах pdf



3. Аналізатор поля – в цьому меню ви можете докладно переглянути інформацію в

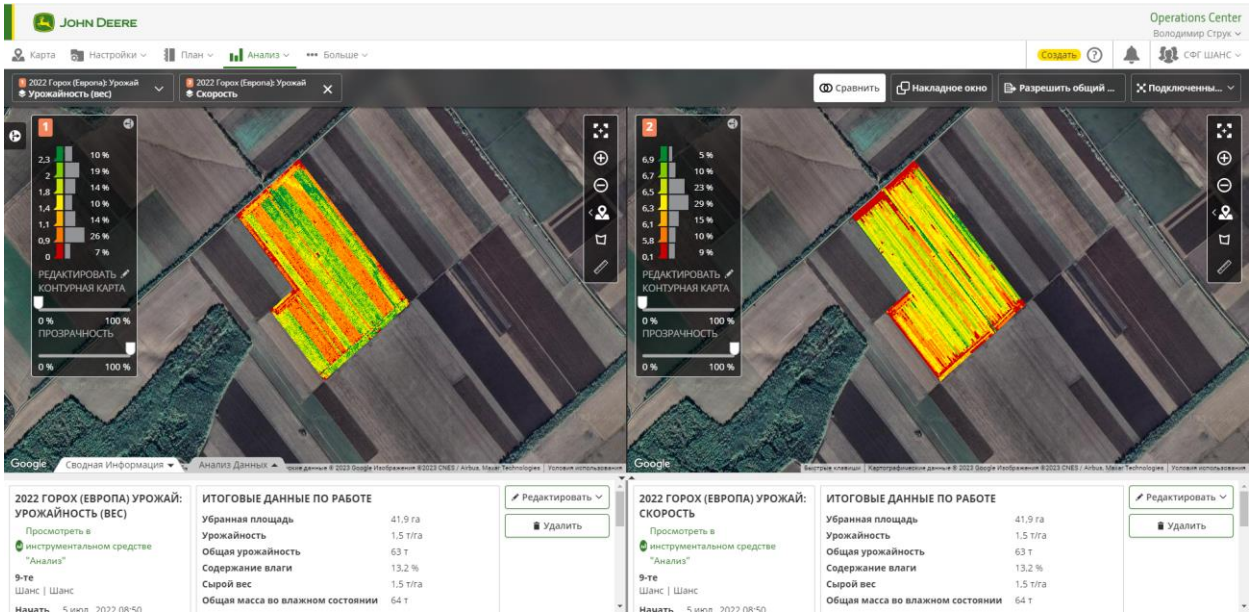
розрізі окремого поля, по всіх операціях, аналізувати і порівнювати різні дані. Вивантажити дані в формат pdf.

4. Звіти по машинах – в цьому меню ви можете формувати користувацькі звіти по використанню машинами ресурсів.



Приклад звіту Аналізатора поля та карта урожайності

Робота 2-х комбайнів. (калібрування перед збиранням не проводилося)



Аналізатор поля – режим порівняння 2-х карт

Поле: 9-те

JOHN DEERE

2022 Горох (Европа) Урожай: Урожайность (вес)

Начать: 5 июл., 2022 08:50
Конец: 6 июл., 2022 10:14

Итоговые данные по работе

Убранная площадь: 41,9 га
Общая урожайность: 63 т
Сырой вес: 1,5 т/га

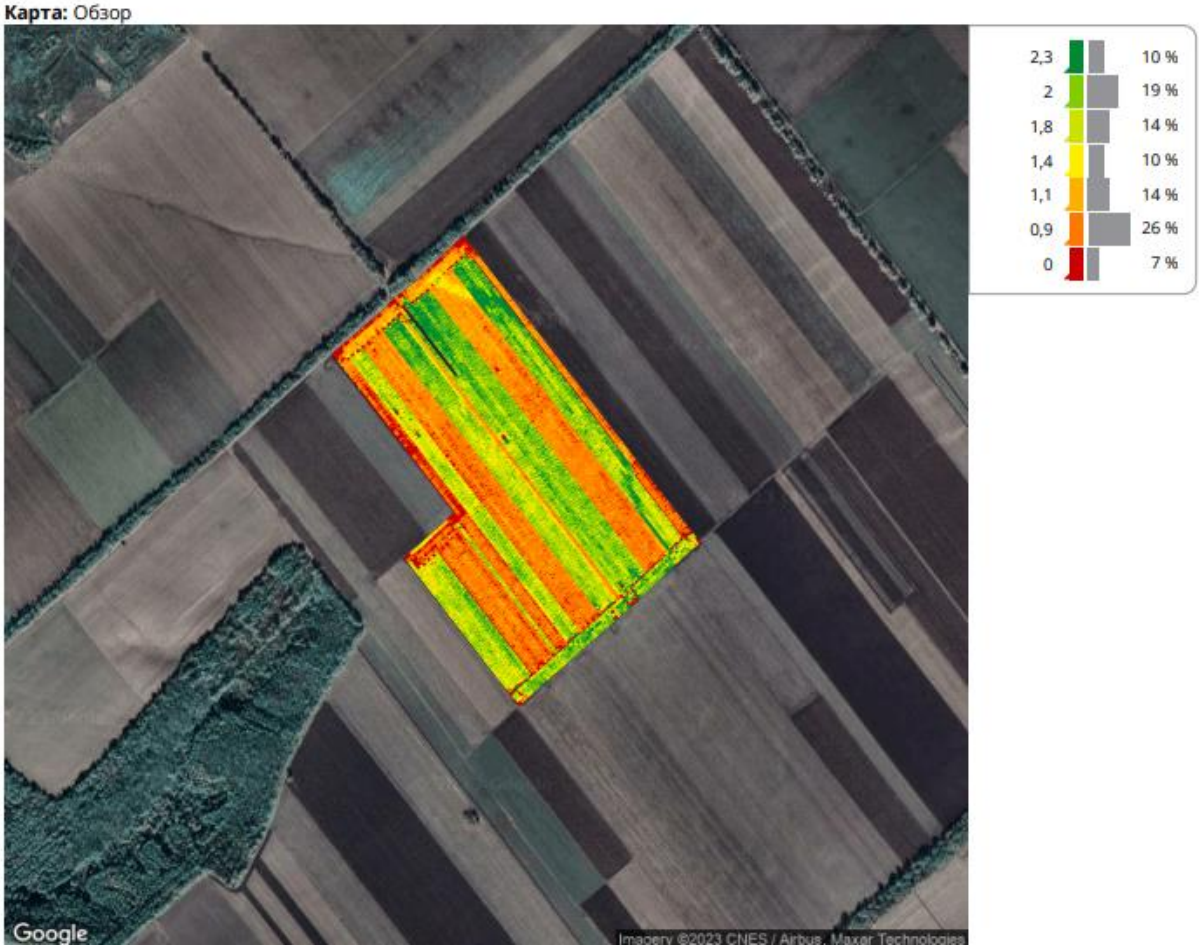
Урожайность: 1,5 т/га
Содержание влаги: 13,2 %
Общая масса во влажном состоянии: 64 т

Рабочие характеристики

Скорость: 6,1 км/ч
Время работы: 9 ч 23 мин
Пропускная способность (сухой материал): 6,7 т/ч
Эффективность использ. топлива: 0,2 т/л
Топливо: 34 л/ч

Производительность: 4,5 га/ч
Общий расход топлива: 316,6 л
Пропускная способность (влажный материал): 6,8 т/ч
Топливо: 7,5 л/га

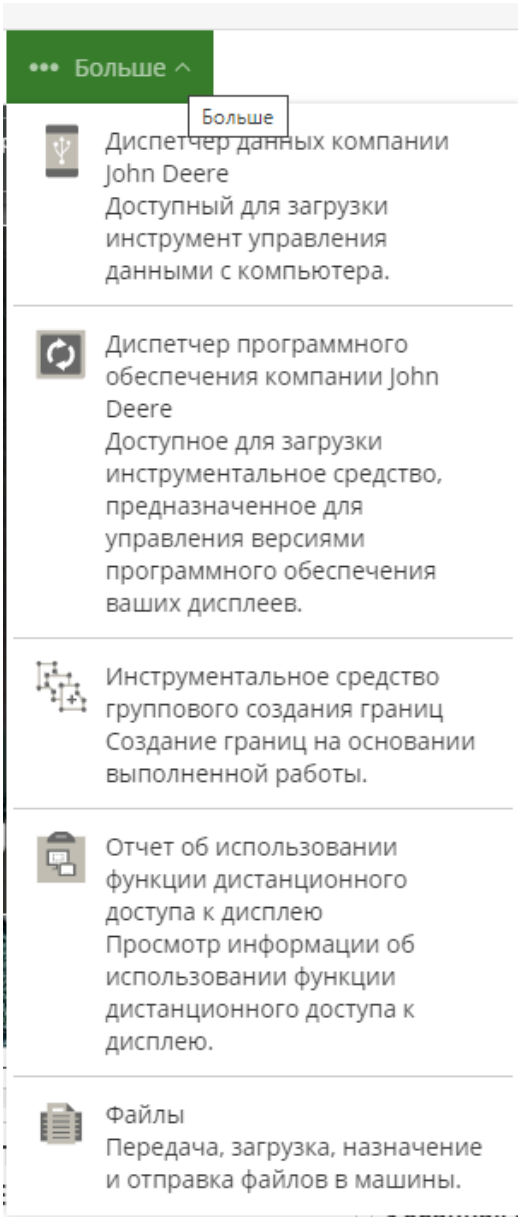
Карта: Обзор



Приклад звіту з Аналізатора у форматі pdf

Меню – Додатково

1. Диспетчер даних – в цьому меню ви можете скачати програмне забезпечення для встановлення на комп'ютер. Воно дасть вам змогу завантажувати в ваш акаунт великі обсяги даних документування з John Deere та техніки інших виробників



2. Диспетчер програмного забезпечення – в цьому меню ви можете завантажити програму для формування файлів прошивок дисплеїв та антен техніки, а також інструкції що до виконання цієї роботи.

3. Групове створення меж – це автоматичний інструмент створення меж полів на основі даних документування (дані вибираються системою по пріоритету – спочатку це посів поточного року), але з практики: Не рекомендуємо застосовувати цей інструмент.

4. Звіт про дистанційний доступ – в цьому звіті можна отримати інформацію про користувачі які підєднувались до техніки по безпроводному доступу RDA, який час вони і коли це здійснювали

5. Файли – в цьому меню ви можете онлайн завантажити дані документування, налаштувань на акаунт. Також можете відправили файли налаштувань на відповідну техніку/дисплеї.



З практики: дані документування з системи не видаляються, а автоматично переміщуються в архів, і в архіві зберігаються назавжди.

Меню файли не рекомендується використовувати, якщо розмір даних документування більше 1 GB.

Корисні посилання, за якими можна додатково вивчити відеоматеріали за роботою центру операцій:

1. Як завантажити дані документування:
https://www.youtube.com/watch?v=jyngxtW4QTw

2. Менеджер даних JD, Файли, JD Link:
https://www.youtube.com/watch?v=76RWxzRbKhI

3. Відслідковування місця положення:
https://www.youtube.com/watch?v=iYLoGJiaF1E

4. Позначення перешкод: https://www.youtube.com/watch?v=CV_pOb5zWhA

5. Технології точного землеробства це просто:
https://www.youtube.com/watch?v=4rf63OQkYRo

6. Системи точного землеробства AMC сьогодні (RU):
https://www.youtube.com/watch?v=Lak6Q5vfYlc

7. Переваги точного землеробства:
https://www.youtube.com/watch?v=KFEAlD5nOeE

8. Системи точного землеробства AMC вчора (RU):
https://www.youtube.com/watch?v=ez2dmDUxxBk

Звіт роботи

1. Створити власний акаунт .

2. Виділити поля, назвати їх і внести в створений акаунт. Додати техніку.

3. Звіт подати у форматі pdf.

Контрольні питання

1. Яке функціональне призначення інтернет-ресурсу MyJohnDeere у системі точного землеробства та які основні групи задач він дозволяє вирішувати користувачу?
2. Які типи даних збираються та обробляються в MyJohnDeere (машинні, агрономічні, навігаційні) та якими каналами вони передаються?
3. Поясніть принцип віддаленого моніторингу техніки через MyJohnDeere та його значення для підвищення ефективності машинно-тракторних агрегатів.
4. Як у MyJohnDeere реалізовано управління польовими роботами (завдання, треки, карти, звіти) та які переваги це дає у порівнянні з автономною роботою техніки?
5. Яку роль відіграє MyJohnDeere у зменшенні перекриттів і пропусків при виконанні польових операцій та як це впливає на витрати пального й матеріальних ресурсів?
6. Опишіть можливості інтеграції MyJohnDeere з іншими системами точного землеробства (GNSS, RTK-станції, сторонні GIS-платформи, агросервіси).
7. Які технічні та організаційні обмеження існують при використанні MyJohnDeere (зв'язок, сумісність обладнання, захист даних) та як вони можуть впливати на виробничий процес?
8. Наведіть приклад практичного використання MyJohnDeere для аналізу ефективності роботи агрегату або прийняття управлінського рішення в аграрному виробництві.

📌 *Методична примітка:*

- питання **2, 3 і 4** — доцільні для письмового контролю;
- питання **7 і 8** — для ситуаційних завдань і усного обговорення;
- питання **5** — добре підходить для розрахунково-аналітичної роботи.

Практичний кейс: «Дистанційна діагностика трактора»

Ситуація: Під час посівної трактор John Deere 8R зупинився в полі. На моніторі MyJohnDeere в офісі з'явився код помилки гідравлічної системи.

Завдання: Опишіть дії сервісного інженера через Operation Center. Як функція Remote Display Access (віддалений доступ до дисплея) допоможе налаштувати техніку без виїзду в поле?

Перевір себе

1. Які три основні програмні продукти серії MyJohnDeere доступні клієнтам в Україні?

А) StellarSupport, JDLink, Operations Center.

Б) Google Maps, Agrian, Locus Map.

В) WhatsApp, Telegram, StellarSupport.

Г) OneSoil, Агропрофіль, JDLink.

2. Яку основну інформацію клієнт може отримати на сайті технічної підтримки «Stellar Support»?

А) Поточну врожайність соняшнику.

Б) Термін дії ліцензій SF2 та JDLink, серійні номери обладнання та посібники.

В) Рівень палива в баку трактора в реальному часі.

Г) Маршрут руху вантажівки до елеватора.

3. Для чого призначений інженерний ресурс JDLink?

А) Для замовлення обідів механізаторам.

Б) Для збору та аналізу технічних даних (напрацювання, паливо, навантаження на двигун).

В) Виключно для малювання меж полів вручну.

Г) Для продажу вживаної техніки стороннім особам.

4. Які два типи даних опрацьовує John Deere Operations Center у глобальному розумінні?

А) Дані про погоду та ціни на зерно.

Б) Дані технічного характеру (датчики) та дані документування (врожайність, норми висіву).

В) Тільки дані з моніторів Claas та New Holland.

Г) Особисті дані працівників та їхні телефонні контакти.

5. Що означає «навігаційний ланцюжок» (breadcrumbs) в інтерфейсі сайту?

А) Список всіх тракторів господарства.

Б) Шлях переходу користувача (наприклад: Головна → Технологічні рішення → Цифрові інструменти).

В) Траєкторія руху комбайна по полю під час збирання.

Г) Черга на технічне обслуговування.

6. У якому меню Operations Center налаштовують дозволи для роботи техніки в межах певних територій?

А) Продукти.

Б) Підключення.

В) Геозони.

Г) Планувальник робіт.

7. Який інструмент дозволяє автоматично генерувати карти завдань змінних норм висіву на основі карт врожайності?

А) Mashine Analyser.

Б) Засіб створення завдань Agrian.

В) Диспетчер даних.

Г) Групове створення меж.

8. Що таке RDA (Remote Display Access) згідно з контекстом звітів про дистанційний доступ?

А) Автоматичне керування кермом трактора.

Б) Бездротовий доступ до екрана техніки для надання допомоги оператору.

В) Система обліку робочого часу в офісі.

Г) Спосіб завантаження даних через USB-флешку.

9. Чи можна видалити дані документування із системи John Deere Operations Center назавжди?

А) Так, вони видаляються щороку автоматично.

Б) Ні, вони автоматично переміщуються в архів і зберігаються там назавжди.

В) Так, якщо користувач натисне кнопку «Видалити все».

Г) Дані видаляються дилером після закінчення гарантії на техніку.

10. Яка умова є обов’язковою для автоматичної бездротової передачі даних документації (WDT) з техніки в Operations Center?

А) Наявність підключення до мережі 220В.

Б) Наявність блоків MTG та відповідних дисплеїв (наприклад, JD 2630 або JD 4600).

В) Використання лише гусеничних тракторів.

Г) Попередня роздруківка карт на папері.

Відповіді на тест: 1 - А; 2 - Б; 3 - Б; 4 - Б; 5 - Б; 6 - В; 7 - Б; 8 - Б; 9 - Б; 10 - Б.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

УПРАВЛІННЯ КВАДРОКОПТЕРОМ DJI MAVIK AIR 2

Мета роботи: ознайомитися з архітектурою БПЛА DJI Mavic Air 2, опанувати методику передпольотної підготовки, набути практичних навичок пілотування в ручному та інтелектуальних режимах, а також навчитися проводити базову аерофотозйомку сільськогосподарських угідь.

Основні відомості

Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу характеризується активним впровадженням концепції Agriculture 4.0, де ключову роль відіграють технології дистанційного зондування землі (ДЗЗ). Одним із найбільш динамічних та ефективних інструментів у цьому напрямі є безпілотні літальні апарати (БПЛА), або безпілотні літальні судна (БПЛС), які дозволяють отримувати високоточну оперативну інформацію про стан агрофітоценозів у режимі реального часу.

Безпілотні літальні судна (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs) — це складні авіаційні системи, функціонування яких здійснюється без безпосередньої присутності пілота на борту. Керування польотом реалізується двома основними способами:

1. Автономно: за допомогою програмування польотного завдання через бортові комп'ютери та системи навігації.
2. Дистанційно: пілотом-оператором за допомогою наземної станції керування (пульта) через радіоканал зв’язку.

Функціональне значення в агровиробництві

У сільському господарстві БПЛА мультироторного типу, до яких належить і DJI Mavic Air 2, стали незамінними інструментами для вирішення широкого спектра завдань:

- Оперативний моніторинг посівів: оцінка рівномірності сходів, виявлення зон пригнічення вегетації, ураження шкідниками чи хворобами.

- Інвентаризація земель: уточнення фактичних меж полів, виявлення невикористовуваних ділянок та створення високоточних ортофотопланів.
- Контроль технологічних процесів: моніторинг якості роботи сільськогосподарської техніки (якість висіву, рівномірність обприскування) та логістики.
- Агроскаутинг: точне визначення координат проблемних зон для подальшого наземного обстеження та відбору проб.

Технологічні особливості DJI Mavic Air 2

Дана модель квадрокоптера є представником сегмента портативних інтелектуальних дронів, що поєднують у собі компактність та потужні можливості збору даних. Завдяки вбудованому модулю GNSS (GPS/ГЛОНАСС) та інтелектуальним системам стабілізації, Mavic Air 2 здатний виконувати польоти за заданими траєкторіями з високою точністю утримання позиції. Наявність камери з високою роздільною здатністю та 3-осьового підвісу дозволяє отримувати стабільні відео- та фотоматеріали, які є основою для подальшого цифрового аналізу в спеціалізованому програмному забезпеченні.

Навчання навичкам управління таким пристроєм є базовою вимогою для сучасного агроінженера чи дослідника, оскільки використання БПЛА дозволяє значно знизити витрати на польові обстеження, підвищити швидкість прийняття управлінських рішень та забезпечити перехід до диференційованого управління агровиробництвом.

Ознайомтесь, будь ласка із прикладами відео, знятих БПЛС DJI Mavik Air 2: https://www.youtube.com/watch?v=3Jjft2mrOok

https://www.youtube.com/watch?v=NaHvMZGkCwU

Коротка характеристика квадрокоптера DJI Mavik Air 2.

Стандартна комплектація квадрокоптера DJI Mavik Air 2 зображена на рис. 10.1, б.



а)



б)

Рис. 10.1. Загальний вигляд базового обладнання квадрокоптера DJI Mavik Air 2:

- Mavic Air 2 × 1
- Пульт дистанційного керування × 1
- Батарея з функцією інтелектуального збереження заряду × 1

- Пропелери з низьким рівнем шуму × 3 (пари)
- RC-кабель (USB-C) × 1
- RC-кабель (Lightning) × 1
- RC-кабель (Micro-USB) × 1
- Стіки для управління × 1 (пара)
- Захист підвісу × 1
- Зарядне устаткування × 1
- Керівництво × 1
- Кабель живлення змінного току (AC) × 1
- USB 3.0 Type-C × 1

Конструкція та технології управління апаратом постійно удосконалюються, тому можуть бути відмінними від вказаних в даній роботі у бік підвищення характеристик.

Принцип керування Mavik Air 2

Для керування даним коптером необхідно завантажити застосунок «DJI Fly» з «Play Маркет». Важливо зазначити, що наразі застосунку «DJI Fly» часто немає в прямому доступі в Google Play Store (для Android). Користувачам Android зазвичай потрібно завантажувати файл інсталяції (.APK) безпосередньо з офіційного сайту DJI. Для iOS (iPhone) він залишається доступним в App Store.

Після завантаження і встановлення цього застосунку на смартфон, встановлюється зв’язок між квадрокоптером та самим застосунком. Для цього встановлюємо смартфон на пульт керування, з’єднуємо їх проводом, як показано на рис. 10.2. Контактні проводи надаються двох типів: для смартфонів Android та Apple.

Увага! Порядок увімкнення! У безпечній практиці пілотування існує правило: **спочатку вмикається пульт, а потім — квадрокоптер**. Вимикання відбувається у зворотному порядку. Це запобігає ситуаціям, коли дрон може підхопити сторонній сигнал, не маючи зв'язку з вашим пультом.



Рис. 10.2. Смартфон, встановлений на пульт керування
(фото взято з сайту «https://blog.wazza.com.ua/drony/obzory-i-sravneniya/mavic-air-2-harakteristiki-i-osobennosti-novinki-ot-dji/»)

Приводимо квадрокоптер у робоче положення, вмикаємо його натисненням на відповідну кнопку батареї (яка має бути вже встановлена в апараті). **Процес увімкнення (кнопка): на техніці DJI увімкнення виконується не просто натисканням, а за схемою: одне коротке натискання, а потім друге довге (затискання).** Це захист від випадкового ввімкнення під час транспортування. При правильній активації на екрані смартфону побачимо зображення з камери коптера – апарат активовано. Перед запуском апарату необхідно зняти захисний фіксатор підвісу камери. Якщо ввімкнути дрон із заблокованим підвісом, це може призвести до перегріву та поломки приводів камери.

Послідовність підготовки до роботи:

1. Встановлення зв’язку: смартфон надійно фіксується у тримачі пульта дистанційного керування та з’єднується з ним за допомогою відповідного кабелю (Type-C, Micro-USB або Lightning, залежно від моделі смартфона), як показано на рис. 10.2.

2. Приведення у робоче положення: необхідно розкласти промені квадрокоптера (починаючи з передніх) та обов’язково зняти захисний фіксатор підвісу камери.

3. Активація системи: спочатку вмикається пульт керування, після чого — сам квадрокоптер. Увімкнення здійснюється подвійним натисканням кнопки живлення (коротке, а потім тривале затискання до появи звукового сигналу та світлової індикації).

4. Перевірка з’єднання: при успішній синхронізації пристроїв на екрані смартфона в інтерфейсі застосунку DJI Fly з’явиться відеопотік із камери коптера в реальному часі.

Для забезпечення точності позиціонування та стабільності польоту обов’язковим етапом є калібрування компаса та інерційного вимірювального модуля (IMU), особливо при зміні локації польотів. Детальна відеоінструкція щодо процесу калібрування та базових навичок пілотування доступна за посиланням: https://www.youtube.com/watch?v=zAttRuvKHC4.

Хід роботи

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ТА ПРАВОВИЙ РЕЖИМ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА

Перед початком будь-яких польотних операцій студент зобов’язаний переконатися у законності та безпеці використання повітряного простору.

1. Перевірка заборонених зон (No-Fly Zones)

Компанія DJI вбудовує в програмне забезпечення систему GEO 2.0, яка автоматично обмежує польоти поблизу аеропортів, стратегічних об'єктів та державних кордонів. Проте, окрім вбудованих обмежень виробника, існують державні зони обмеження:

- Постійні обмеження: польоти заборонені над військовими об'єктами, електростанціями, об’єктами Укрзалізниці, мостами та державними установами.
- Перевірка: перед вильотом рекомендується перевіряти актуальну карту заборонених зон на ресурсах Державної авіаційної служби України (хоча під час війни доступ до деяких публічних мап може бути обмежений з міркувань безпеки).

2. Використання БПЛА в умовах воєнного стану

Відповідно до чинного законодавства України, використання цивільних БПЛА під час воєнного стану суворо регламентовано:

- Загальна заборона: на період дії воєнного стану польоти цивільних БПЛА (дронів) для приватних потреб (дозвілля, розваг, аматорської зйомки) заборонені по всій території України.
- Спеціальні дозволи: польоти з метою агромоніторингу, геодезії або наукових досліджень дозволяються лише за умови письмового погодження з відповідною обласною військовою адміністрацією (ОВА) та Службою безпеки України (СБУ).
- Ризики РЕБ: Слід пам’ятати, що під час роботи засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) сигнали GPS та зв’язок із пультом можуть бути повністю заблоковані або підмінені. Це часто призводить до втрати керування або неконтрольованого падіння апарата.
- Військова безпека: Будь-який дрон у небі може бути ідентифікований силами ППО як ворожий об’єкт і знищений без попередження.

3. Положення, що діють (законодавча база)

Польоти регулюються наступними документами (зі змінами на 2024-2026 рр.):

1. Повітряний кодекс України.
2. Авіаційні правила України (зокрема Розділ II, що стосується безпілотних повітряних суден).
3. Постанова Кабінету Міністрів України №1147 «Про прикордонний режим» (заборона польотів у прикордонній смузі без дозволу ДПСУ).
4. Накази Головнокомандувача ЗСУ та начальника відповідної військової адміністрації щодо заборони використання повітряного простору цивільною авіацією.

Після того, як переконаємося у безпечності польотів, переходимо до практичної реалізації роботи.

1. Попереднє планування та розвідка

- Вибір об'єкта: чітко визначте межі об’єкта (контур поля, логістичний вузол).
- Оцінка дистанції: хоча Mavic Air 2 має великий радіус дії (до 7 км), за правилами безпеки та в умовах можливих перешкод (РЕБ), рекомендується тримати апарат у межах прямої видимості. Переконайтеся, що прогнозована траєкторія не перетинає зони з високими деревами або лініями електропередач.
- Перевірка ресурсів: перевірте рівень заряду АКБ (не менше 90%) та наявність вільного місця на microSD-карті (клас швидкості не нижче U3).

2. Передпольотна підготовка та калібрування.

- Розгортання: встановіть дрон на рівну горизонтальну поверхню. Бажано використовувати спеціальний злітно-посадковий майданчик, щоб уникнути потрапляння пилу в двигуни.
- Калібрування компаса: виконуйте процедуру при кожній зміні локації (далі ніж на 50 км) або за запитом системи. Це критично для коректної роботи GPS-навігації.
- Прогрів: дайте апарату 1–2 хвилини після ввімкнення для самодіагностики та встановлення стабільного зв’язку з супутниками (мінімум 10–12 супутників).

3. Фіксація точки зльоту (Home Point)

- Оновлення координат: Дочекайтеся повідомлення в інтерфейсі програми: *"The Home Point has been updated"*.
- Налаштування RTH (Return to Home): Встановіть висоту повернення додому (RTH Altitude). Вона має бути на 10–15 метрів вищою за найвищу перешкоду в радіусі польоту (наприклад, 60 метрів, якщо навколо є дерева).

4. Зліт та переміщення до об’єкта

- Вертикальний зліт: Підніміть коптер на висоту 2–3 метри та зачекайте 10 секунд (контроль стабільності зависання).

- Маршрут: наберіть встановлену висоту 49 метрів. Це оптимальна висота для агромоніторингу, що забезпечує достатню деталізацію і безпеку.
- Контроль: під час руху стежте за рівнем сигналу та напрямком вітру. Пам’ятайте, що повернення проти вітру потребує значно більше енергії.

5. Фото- та відеофіксація (Збір даних)

- Фотозйомка: Виконайте серію знімків об’єкта під кутом 90° для картографування та під кутом 45° (перспективні фото) для візуальної оцінки.
- Відеофіксація: почніть запис відео (рекомендовано 4K або 2.7K). Рух камери має бути плавним, без різких поворотів. Для агромоніторингу важливо зафіксувати загальний план поля та окремі зони неоднорідності вегетації. Тривалість ролика від 1 хв забезпечує можливість подальшого вибору якісних кадрів.

6. Повернення та посадка

- Автоматичне/Ручне повернення: при залишку заряду батареї близько 30% ініціюйте повернення. Рекомендується здійснювати посадку в ручному режимі для відпрацювання навичок прецизійного пілотування.
- Вимкнення: після повної зупинки пропелерів вимкніть дрон, а потім пульт. Встановіть захисний фіксатор на підвіс камери.

7. Камеральна обробка та звітність

- Відбір матеріалів: перенесіть дані на ПК. Оберіть найбільш інформативні кадри (чіткі, без розмиття, з правильним освітленням).
- Формування фотозвіту: кожне фото має бути підписане (координати, висота зйомки, опис об’єкта). Додайте короткий аналіз: стан вегетації, виявлені проблеми, наявність техніки на полі тощо.



Під час ведення воєнних дій робота супутникових навігаційних систем часто порушується через застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Зокрема, сигнал системи Global Positioning System може блокуватися

або спотворюватися під впливом потужних засобів радіопридушення, таких як комплекс РЕБ Lima electronic warfare system, розроблений в Україні.

У подібних умовах стабільний прийом навігаційного сигналу стає неможливим, а ефективних альтернативних систем, здатних повністю замінити сигнал GPS під час активної дії РЕБ, фактично не існує. Унаслідок цього використання безпілотних літальних апаратів цивільного призначення може бути пов’язане з підвищеним ризиком. Зокрема, коптер може втратити навігацію та не повернутися в точку зльоту через відсутність стабільного супутникового позиціонування.

Тому під час використання дронів у районах можливого застосування засобів РЕБ необхідно враховувати ризик втрати зв’язку з навігаційною системою та можливість неконтрольованого польоту апарата.

Під час дії РЕБ Lima electronic warfare system змінюється часовий пояс на 7 годин назад і користувач умовно опиняється в м. Ліма у країні Чилі.

ПРИКЛАДИ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА

Використання БПЛА мультироторного типу дозволяє трансформувати візуальні дані у цифрову основу для прийняття управлінських рішень. Нижче наведено детальний аналіз прикладних завдань, вирішених за допомогою аерофотозйомки.

Приклад 1. Компаративний аналіз ефективності систем живлення пшениці озимої

Період спостереження: травень – червень.

Опис об'єкта: На аерофотознімку представлена ділянка поля, розмежована на два контрольних сектори. Дослідження базується на порівнянні агрофітоценозу, де застосовувалася диференційована система підживлення мінеральними добривами, та контрольної ділянки без внесення азотних компонентів.



Науковий аналіз:

- **Травневий моніторинг:** чітко візуалізується різниця в інтенсивності фотосинтетичної активності. Ділянка з внесеними добривами має насичений темно-зелений колір, що свідчить про високий вміст хлорофілу в листках. Також на знімку зафіксовано технологічні колії машинно-тракторних агрегатів (МТА), що дозволяє оцінити рівномірність руху техніки та дотримання ширини захвату.
- **Червневий моніторинг:** при переході до фази молочно-воскової стиглості спостерігається значна варіація у спектральній відбивній здатності посівів. Очевидна різниця у щільності стеблостою та біомасі дозволяє методами візуальної оцінки (або за допомогою індексів типу VARI/NDVI) прогнозувати біологічну врожайність.

Висновок: Дистанційний контроль дозволяє виявляти зони стресу рослин на ранніх етапах, що дає можливість оперативно коригувати дози внесення ЗЗР та добрив.

Те ж поле станом на початок червня.



Висновок. Очевидна різниця в кольоровому спектрі (фоні) посівів. Це дозволяє планувати очікувану урожайність, також є можливість виявляти уражені хворобами або шкідниками площі і приймати швидкі ефективні рішення.

Приклад 2. Діагностика порушень гідрологічного режиму та деградації структури ґрунту

Об'єкт дослідження: ділянки з ознаками анорексії (вимокання) посівів соняшнику.



Технічний аналіз: Аерофотозйомка зафіксувала численні локальні вогнища знищення посівів (зони вимокання), які мають системний характер. Основним чинником виникнення подібних аномалій є критичне зниження коефіцієнта інфільтрації ґрунту.

Причинно-наслідковий зв'язок: утворення так званої «плужної підошви» (переущільненого прошарку на межі обробітку) блокує природний вертикальний дренаж. За умови надмірних опадів, дані з яких верифікуються за допомогою локальних метеостанцій або метеорологічних сервісів, вода акумулюється у мікропониженнях рельєфу, спричиняючи асфіксію кореневої системи.

Практичні рекомендації: На основі ортофотоплану необхідно провести просторове накладання точок для подальшого інструментального дослідження цифровим пенетрометром. Отримані фотоматеріали слугують основою для побудови цифрової карти завдань для глибокорозпушувача, що дозволяє застосовувати обробіток диференційовано — виключно у проблемних зонах, забезпечуючи економію палива та зниження собівартості робіт.

Висновок. Рекомендується провести дослідження твердості ґрунтів цифровим пенетрометром. Також фото даного поля в проекції може бути використане при проектуванні роботи глибокорозпушувача саме на уражених ділянках. Це зекономить пальне.

Приклад 3. Верифікація дотримання технологічних регламентів та операційний аудит

Об'єкт дослідження: контроль виконання виробничих операцій у режимі реального часу.

Застосування БПЛА дозволяє здійснювати незалежний технічний аудит безпосередньо під час польових робіт. На представленому знімку зафіксовано процес збирання врожаю або транспортування продукції.



Аналітичні висновки:

- **Дотримання логістичних схем:** аналіз траєкторій руху підтверджує, що вантажні транспортні засоби знаходяться за межами посівної площі, пересуваючись виключно по технологічних дорогах або краях поля. Це свідчить про високий рівень організації праці та запобігає неконтрольованому переущільненню ґрунту рушіями важкої техніки.
- **Контроль якості:** аерофотофіксація дозволяє перевірити повноту збору врожаю, відсутність «огріхів» та дотримання швидкісних режимів техніки.

Резюме: Використання квадрокоптера DJI Mavic Air 2 трансформує процес контролю з пасивного спостереження у високоточний інструмент управління якістю, що є невід’ємною частиною інтелектуальних систем землеробства.

КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

1. Програмне забезпечення для управління

- **Офіційний сайт DJI (Завантаження DJI Fly)** — основне джерело для завантаження актуальної версії застосунку для Android (через APK) та iOS.

2. Відеоінструкції та навчальні матеріали

- **Відеоурок: Калібрування та базове пілотування** — детальний розбір процесу активації, налаштування IMU, компаса та виконання першого польоту.
- **Приклад аерозйомки поля (№1)** — візуалізація роботи дрона під час моніторингу сільськогосподарських угідь.
- **Приклад аерозйомки поля (№2)** — демонстрація можливостей камери Mavic Air 2 для фіксації вегетації.

3. Правове регулювання та безпека

- **Державна авіаційна служба України** — нормативні акти щодо використання повітряного простору безпілотними суднами.
- **Повітряний кодекс України** — законодавча база, що регулює статус БПЛА.

Контрольні запитання

1. Яка максимальна дальність дії сигналу пульта керування DJI Mavic Air 2 згідно з технічними характеристиками?

2. У чому полягає основна відмінність між автономним та дистанційним способами керування БПЛА?

3. Опишіть функціональне значення агроскаутингу: які саме завдання він дозволяє вирішити агроному?

4. Чому перед увімкненням квадрокоптера необхідно обов’язково зняти захисний фіксатор підвісу камери?

5. Яка послідовність увімкнення пульта та самого дрона є правильною згідно з правилами безпечної експлуатації?

6. Опишіть механіку натискання кнопки живлення для активації пристроїв DJI (схема «коротке + довге» натискання).

7. З якою метою та в яких випадках проводиться калібрування компаса та інерційного модуля (IMU)?

8. Що таке система GEO 2.0 і які обмеження вона накладає на польоти в автоматичному режимі?

9. Які законодавчі обмеження діють щодо використання цивільних БПЛА в Україні в умовах воєнного стану?

10. Який порядок погодження польотів для агромоніторингу чи наукових досліджень діє під час війни?

11. Як засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ) впливають на роботу навігаційної системи GPS та безпеку польоту?

12. Що означає функція «Home Point» і чому важливо дочекатися її оновлення перед зльотом?

13. Яка висота польоту вважається оптимальною для проведення агромоніторингу та чому?

14. Як за допомогою аерофотозйомки можна виявити проблеми з гідрологічним режимом ґрунту (утворення «озер» вимокання)?

15. Які переваги дає контроль логістичних процесів (руху техніки по полю) за допомогою БПЛА для збереження структури ґрунту?

Кейс: «Оцінка якості сівби з повітря»

Ситуація: Після появи сходів сої потрібно перевірити рівномірність розкладання насіння сівалкою Precision Planting.

Завдання: Розрахуйте висоту польоту дрона DJI Mavik Air 2 для отримання достатньої роздільної здатності, яка дозволить порахувати кількість рослин на 1 погонний метр. Які ознаки на фото вкажуть на несправність висівного модуля (двійники або пропуски)? Як за основними та побічними ознаками визначити тип сівалки?

Перевір себе

1. До якого типу БПЛА за конструкцією крил належить модель DJI Mavic Air 2?

А) Із нерухомими крилами.

Б) Мультироторного типу (квадрокоптер).

В) Гібридного типу.

Г) Планерного типу.

2. Яка особливість встановлення застосунку DJI Fly для користувачів Android?

А) Застосунок доступний лише в Play Маркет.

Б) Застосунок потрібно завантажувати як .APK файл із сайту DJI.

В) Для Android цей застосунок взагалі не існує.

Г) Його можна встановити лише через кабель USB-C.

3. Якого «золотого правила» щодо черговості увімкнення обладнання слід дотримуватися?

А) Спочатку вмикається квадрокоптер, потім пульт.

Б) Обидва пристрої вмикаються одночасно.

В) Спочатку вмикається пульт, потім квадрокоптер.

Г) Черговість не має значення.

4. Що може статися, якщо ввімкнути дрон, не знявши захисний фіксатор підвісу камери?

А) Дрон не зможе злетіти.

Б) Погіршиться сигнал GPS.

В) Це призведе до перегріву та поломки приводів камери.

Г) Зміниться часовий пояс на смартфоні.

5. Яка мінімальна кількість супутників необхідна для встановлення стабільного зв'язку перед вильотом?

А) 3–5 супутників.

Б) 6–8 супутників.

В) 10–12 супутників.

Г) 24 супутники.

6. Яка висота польоту вважається оптимальною для агромоніторингу згідно з методикою?

А) 10 метрів.

Б) 49 метрів.

В) 150 метрів.

Г) 500 метрів.

7. У яких випадках польоти цивільних БПЛА для приватних потреб в Україні дозволені під час воєнного стану?

А) У вихідні та святкові дні.

Б) Якщо дрон важить менше ніж 250 грамів.

В) Вони суворо заборонені по всій території України.

Г) Тільки в сільській місцевості подалі від міст.

8. Який вплив на роботу дрона має український комплекс РЕБ «Lima»?

А) Збільшує швидкість польоту дрона.

Б) Блокує або спотворює сигнал GPS (час може зміститися на 7 годин назад).

В) Автоматично заряджає батарею коптера.

Г) Дозволяє бачити крізь хмари.

9. Що таке «Home Point» у контексті керування БПЛА?

А) Назва домашньої Wi-Fi мережі.

Б) Точка зльоту, куди апарат автоматично повернеться в разі потреби.

В) Офіс компанії DJI в Україні.

Г) Максимальна висота польоту.

10. Який рівень заряду акумулятора (АКБ) є рекомендованим мінімумом для початку польотного завдання?

А) Не менше 30%.

Б) Не менше 50%.

В) Не менше 70%.

Г) Не менше 90%.

Відповіді на тест: 1 - Б; 2 - Б; 3 - В; 4 - В; 5 - В; 6 - Б; 7 - В; 8 - Б; 9 - Б; 10 - Г.

ПІСЛЯМОВА

Завершуючи роботу з матеріалами практикуму «Основи точного землеробства», ми підбиваємо підсумок важливому етапу підготовки сучасного фахівця з агроінженерії. Цей навчальний посібник став результатом синергії наукових напрацювань кафедри експлуатації машинно-тракторного парку Дніпровського державного аграрно-економічного університету та практичного досвіду провідних експертів галузі. Опрацьовані теми відображають фундаментальну зміну парадигми в аграрному секторі — перехід від традиційних методів господарювання до стратегії, що базується на високоточних даних, цифровому моніторингу та інтелектуальному управлінні ресурсами.

Сьогодні точне землеробство вже не є «технологією майбутнього», це безальтернативний стандарт ефективного виробництва. Виконання десяти практичних робіт дозволило здобувачам освіти пройти шлях від базової діагностики фізичних параметрів ґрунту до комплексного управління високотехнологічними екосистемами.

Фундамент ефективності: контроль середовища та навігація. Перші кроки практикуму були присвячені моніторингу ключових біометричних параметрів — температури та вологості ґрунту. Ми переконалися, що використання цифрових термометрів та вологомірів (таких як МГ-44) дозволяє замінити календарне планування науково обґрунтованими рішеннями. Знання температурних порогів проростання культур та точний контроль глибини загортання насіння є критично важливими для мінімізації кліматичних ризиків і забезпечення дружніх сходів.

Розділи, присвячені навігаційному обладнанню «ГеоМетр Україна» та «ГеоТрек Лайт», розкрили практичну сторону застосування GNSS-технологій. Студенти опанували методику просторової прив’язки агротехнологічних операцій, що є основою для паралельного водіння та уникнення перекриттів або пропусків під час обробітку полів.

Цифрові платформи та інтелектуальні системи. Особливу увагу в практикумі приділено сучасним цифровим екосистемам, таким як OneSoil та

MyJohnDeere. Робота з цими інструментами продемонструвала можливості дистанційного аналізу вегетації за індексами NDVI, картографування неоднорідності угідь та телематичного контролю роботи техніки в режимі реального часу. Це інтелектуальне ядро точного землеробства, яке дозволяє агроінженеру бачити повну картину господарства та оперативно реагувати на виробничі виклики.

Вивчення методів оцінки ущільнення ґрунту за допомогою пенетрометрів Skok Agro підкреслило важливість контролю фізичного стану орного шару. Усвідомлення впливу «плужної підошви» на розвиток кореневої системи є ключем до збереження родючості та підвищення врожайності.

Нові горизонти: дрони та автоматизація. Завершальна частина практикуму, присвячена управлінню квадрокоптером DJI Mavic Air 2, відкрила перед майбутніми фахівцями можливості аерофотозйомки та оперативного моніторингу стану посівів. Безпілотні літальні судна стають незамінними помічниками в аналізі пошкоджень, оцінці якості виконання робіт та створенні картзавдань для диференційованого внесення ресурсів.

Висновок: матеріали цього практикуму адаптовані до сучасних вимог дистанційної та змішаної освіти, що робить їх універсальним інструментом для саморозвитку. Проте справжнє оволодіння фахом відбувається лише тоді, коли теоретичні знання перетворюються на практичні навички роботи з реальним обладнанням.

Майбутнє українського агропромислового комплексу залежить від фахівців, які вміють поєднувати інженерну інтуїцію з точністю алгоритмів. Сподіваємося, що набуті знання стануть для вас надійним фундаментом у професійній діяльності та допоможуть трансформувати вітчизняне сільське господарство у високоефективну цифрову галузь.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієнко О. О. Ефективність агродронів в системі точного землеробства. *Аграрні інновації. № 1 Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2023. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.2.

2. Ворох В., Глоба О. Методи та технології цифрового моніторингу в землеробстві. *Технічні науки та технології*. 2025. № 3(41). С. 506–524.

3. Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Мельниченко В.І. Інтегрування web та мобільних застосунків при використанні цифрового пенетрометра S600. *Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці» (TechEnergy 2023)*, 18–19 травня 2023 р., м. Київ. Київ: НУБіП України, 2023. ISBN 978-617-8102-06-7.

4. Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз): навч. посіб. Дніпро: *Журфонд*, 2025. 128 с. Режим доступу: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/13210.

5. Мазур В. В. Особливості використання цифрових технологій в аграрному секторі України. *Агросвіт*. 2025. № 9. С. 109–117. DOI: 10.32702/2306-6792.2025.9.109.

6. Побігайло, Д. П., Іськов, С. С. Сучасні методи покращення точності GPS-позиціонування. *Технічна інженерія.* 2024. № 1 (93). С. 415–419. DOI: https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-415-419;
URI: http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/8619.

7. Руденко М. В. Вплив цифрових технологій на аграрне виробництво: методичний аспект. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2019. Т. 30 (69), № 6. С. 30–37. DOI: https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-6-28.

8. Холодюк О., Диня В., Бонякевич О., Мовчан Д. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. Herald of Khmelnytskyi National University. *Technical Sciences*. 2024. № 1(331). С. 330–338.

9. Шевчук С. М., Домашенко Г. Т., Рожі Т. А. Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. *Просторовий розвиток*. 2024. № 8. С. 506–517. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517.

10. Dvali R., Batrakova A.H. Analysis of methods and means of soil moisture assessment. Proceedings of the Kharkiv National Automobile and Highway University. 2024. p. 199–204.

11. Kobets, A., Derkach O., Volovyk, I., & Nor., K. (2023). Investigation of the influence of crop cultivation technologies on soil compaction in the steppe zone of Ukraine. International scientific journal Mechanization in agriculture & Conserving of the resources, 60–63. https://stumejournals.com/journals/am/2023/5/158.full.pdf.

12. Kurtyev, K. K., & Rudenko, V. A. (2026). Peculiarities of the formation of the root system and productivity of sunflower depending on soil cultivation and growing technologies. Bulletin of Agrarian Science, Vol. 104, No. 3, 13–20. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202603-02 [In Ukrainian].

13. Mykhaylichenko Y. Digital Farming: tutorial / Y. Mykhaylichenko, O. Derkach, I. Volovyk. Dnipro State Agrarian and Economic University. Dnipro: Zhurfond, 2023. p. 103. Режим доступу: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9822.

14. Nikonenko V., Solokha M., Chubur V., Batsenko L. Organizational and problematic issues of online monitoring of soil temperature and moisture based on information technologies as the basis of modern management. *Balanced use and reproduction of soil fertility under global climate change*: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2023. Pp. 44–48.

15. Voitovyk, M. V., Barannyk, A. V., Harbar, V. V., & Lisovskyi, A. C. (2024). Practical monitoring of soil fertility with the implementation of soil-conserving farming systems (based on No-till technology). Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics, 45, 7–15. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.1 [In Ukrainian].

ДЛЯ НОТАТОК

Навчальне видання

Деркач Олексій Дмитрович
Пугач Андрій Миколайович
Вітер Віталій Андрійович

ОСНОВИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
ПРАКТИКУМ

Друкується в авторській редакції