

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**АПАРАТНЕ І МАШИННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**
Частина 1

Конспект лекцій

СУМИ – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінжинірингу

АПАРАТНЕ І МАШИННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
Частина 1

Конспект лекцій

**для студентів 1м курсу напряму підготовки 208 «Агроінженерія»,
денної форми навчання
освітнього ступеня «магістр»**

СУМИ - 2024

УДК 631.3.01-82(075)
М55

Укладач: Соколік С.П., ст. викладач кафедри агроінжинірингу

М 55 **Науково-методичне забезпечення навчального процесу :**
конспект лекцій з дисципліни «Апаратне і машинне забезпечення
в системах точного землеробства» для студентів 1м курсу
напрямку підготовки 208 «Агроінженерія», денної форми навчання
освітнього ступеня «магістр» / укл.: С.П. Соколік. - Суми, 2024. –
60 с.

В конспекті лекцій розглянуто теми, які необхідні для вивчення
лекційних занять з дисципліни. Розглядаються питання призначення,
будови та експлуатації обладнання, що застосовується в точному
землеробстві. Описано конструкції окремих засобів, їх
налаштування, регулювання та технічне обслуговування.

Рецензенти:

Лебедєв А.Т., д.т.н., професор кафедри агроінжинірингу СНАУ;
Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент кафедри технічного сервісу СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Шуляк М.Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінжинірингу СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-
технологічного факультету. Протокол № 6 від « 22 » 05 2024 року

© С.П. Соколік.- 2024
© Сумський національний
аграрний університет, 2024

Зміст

1. Знайомство з системою точного землеробства.	5
2. Супутникові система глобального позиціонування.	11
3. Моніторинг стану ґрунтів та посівів у системі точного землеробства.	17
4. Технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.	28
5. Методи збору даних урожайності культур. Складання карт врожайності.	32
6. Прилади та обладнання для одержання інформації в системі точного землеробства.	39
7. Прилади та обладнання для керування МТА в системі точного землеробства.	51

Тема 1. Знайомство з системою точного землеробства.

План:

1. Суть застосування СТЗ. Стан СТЗ в Україні та у світі.
2. Основні поняття елементів точного землеробства.

1. Суть застосування СТЗ. Стан СТЗ в Україні та у світі.

Одна з головних рис сучасного стану землеробства в Україні – реструктуризація форм власності на землю та засоби виробництва сільськогосподарської продукції. Процес реструктуризації характеризується підвищенням відповідальності господаря землі за результати своєї діяльності як в аспекті фінансово–виробничої діяльності, так і в аспекті збереження родючості ґрунтів і оточуючого середовища. Це вимагає застосування нових систем ведення сільськогосподарського виробництва. Сучасний стан землеробства в більшості країн з високим рівнем розвитку сільського господарства (США, Канада, Німеччина та ін.) свідчить про стійку тенденцію застосування системи точного землеробства (СТЗ) – високоінтегрованої системи аналізу і синтезу технологій вирощування с.–г. культур та їх керуванням.

Суть застосування СТЗ полягає в тому, що кожен рік з сільськогосподарського поля збираються два врожаї – біологічний та інформаційний. Обидва “врожаї” пов’язані між собою в часі та просторі.

СТЗ зародилася в США близько 20 років тому після того, як уряд дозволив використовувати геовизначену інформацію з 24 військових супутників (супутники були спроектовані і виготовлені фірмою Rockwell) у цивільних цілях. Для цивільного користувача відкрився доступ до Глобальної Системи Позиціонування – ГСП. Клієнт такої системи має можливість зв’язатися з супутником і отримати інформацію з географічних координат свого місцезнаходження, швидкості переміщення і точного часу. Основна проблема точної навігації мобільних сільськогосподарських агрегатів

пов'язана з тим, що дані про координати, що їх надають радіонавігаційні ГСП-супутники в трьох вимірах (широта, довгота і висота) в реальному часі і реальних світових координатах, несуть в собі декласифікаційні викривлення, які знижують точність визначення місцезнаходження до величини близько ± 50 метрів. Такий діапазон похибки визначення координат МТА в полі для ведення точного землеробства неприйнятний. Тому, використовують технологію диференційної ГСП, яка включає в себе систему наземних стаціонарних станції, які обчислюють різницю між реальною (відомою для даної станції) і визначеною з супутників позиціями і передають цей сигнал корекції в ефір. Система ДГСП рухомого об'єкту приймає цей сигнал і декласифікаційні викривлення знімаються. ДГСП може забезпечити точність позиціонування в межах декількох сантиметрів, що достатньо для цілей точного землеробства.

Наявність геовизначеної інформації про стан поля дозволяє знайти точні шляхи по зниженню витрат на виробництво сільськогосподарської продукції та збільшенню прибутків. СТЗ дозволяє “бачити” окремі рівні картограм поля, а також аналізувати їх комбінації і таким чином визначати коротко- та довгострокову стратегію організації землеробства на даному конкретному полі. Така система організації землеробства забезпечує економію технологічних матеріалів (органічних та мінеральних добрив, насіння, пестицидів тощо) та енерговитрат на усіх технологічних операціях. Таким чином, за рахунок докорінного вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур система точного землеробства забезпечує оптимізацію процесів виробництва продукції рослинництва.

Система точного землеробства – це нова форма управління сільськогосподарським виробництвом, яка включає в себе використання нових ресурсозберігаючих технологій, використання сучасних засобів отримання і обробки інформації в формі, що дозволяють точніше і якісніше вести роботи підприємству.

Основні завдання, які вирішуються систематично:

Контроль використання високопродуктивної сучасної техніки (з допомогою системи GPRS – Global Positioning System – Система Глобального Позіціонування)

Автоматизація процесів водіння техніки при виконанні технологічних операцій. Виключаються перекриття і прошуки між проходами агрегатів (використовується система GPRS.)

Перехід до „прецезійного” землеробства. З’являється можливість вносити строго визначену кількість добрив, насіння на різні участки одного і того ж поля.

Мінімальним „квантом” території, з яким має справу агроном стає не поле, а його окремих ділянок.

Автоматичний моніторинг врожайності, складання карт урожайності поля.

Складання ґрунтових карт господарств з використанням автоматичних ґрунтозбірників, що використовують GPRS прийомники.

Автоматичний моніторинг прогнозування погодних умов в господарстві. Складання прогнозів появи шкідників, хвороб і бур’янів на основі даних автоматичних метеостанцій і програмного забезпечення.

Підготовка звітів для керівників господарств автоматична, на основі зібраних і нетрадиційними методами даних, що різко підвищує їх достовірність, виключає вплив людського фактору.

Накопичення і зберігання даних, що дозволяє відслідковувати динаміку процесів, а електронний формат – наглядність їх представлення.

Відслідковування зміни стану поля і посівів на різних ділянках, що дозволяє визначити послідовності їх обробки.

Моніторинги попередження надзвичайних ситуацій (пожарів, повеней і др.)

Багатофакторний аналіз і наглядне представлення зібраних даних, що дає можливість їх легко і швидко інтерпретувати.

Контроль за використанням прийнятих рішень.

1.2. Основні поняття елементів точного землеробства.

1. Глобальна Позиційна Система (GPRS) включає в себе 24 космічних супутники, що рухаються навколо Землі, яка дозволяє при наявності спеціальних приймаючих пристроїв (антени і ресивера) з високою точністю (до 5 – 10 см) визначити місцезнаходження будь-якого об'єкту. Для отримання цієї інформації необхідно встановити прилади на техніку, що експлуатується і підключитись до системи GPRS. Система супутників дозволяє отримати точну інформацію про координати, а відповідно і швидкості об'єкта. Еквівалентом даної системи є розробка колишнього Радянського Союзу ГЛОНАС. В теперішній час ця система центром управління СН . Вона складається з 24 супутників, які забезпечують обхват земної кулі.

2. Друга складова включає в себе датчики, або сенсори, що служать для визначення різних матеріалів. Їх дія основана на дії електромагнітних, інфрачервоних хвиль, ультразвуку, та використанні мультиспектральних камер, вони дають можливість визначити шаги параметрів як врожайність зернових, склад азоту в ґрунті і, її вологість, біомасу і види бур'янів.



Рис. 1 – Робота агрегату за координатами GPS

Одним з найбільш поширених і вже використовуваних на практиці є сенсор врожайності.

Врожайність сільськогосподарської культури на різних участках поля не буває однаковою. Тому така величина, як врожайність в ц/га, на несе

достатньої інформації для виявлення причин варіабельності врожаю в межах одного поля. Для цього необхідний прилад, для визначення врожайності культури в режимі безпосередньої роботи комбайна (режим ON-Лайн).

Важливим питанням в с.-ч. є внесення азотних добрив, при неправильному внесенні їх в ґрунт в рослині накопуються нітрати.

Для внесення дійсно необхідної норми азотних добрив в режимі „ON-лайн” використовується N-сектор. Принцип дії цього приладу в розпізнаванні ультрафіолетових хвиль, які поглинаються рослинами. Чим більший вміст азоту, тим ступінь поглинання вища. Світло, що не поглинулось, а відбилося фіксується світловими сенсорами, якими обладнаний агрегат, вони визначають кількість азоту в рослинах. Інформація поступає на бортовий комп'ютер, що управляє розкиданням добрив.

Третя складова – GIS – Географічна інформаційна система яка слугує для перетворення зібраної інформації з допомогою сенсорів на бортовому комп'ютері в форму прийнятну для читання.

Географічна інформаційна система – це сукупність технічних засобів, програмного забезпечення і інформації, які дозволяють зберігати, обробляти отримані дані і видавати їх в більш прийнятній формі – у вигляді таблиць і апплікаційних карт. З допомогою GIS можна отримати карти врожайності культур, в яких наглядно видно, на якому участку поля високий врожай, а на якому низький. Маючи такі карти поживних речовин, вологості, води ґрунтів, біомаси фермеру легше прослідити причини зміни.

Четверта складова – Інформаційно-обчислювальний центр. Завдання якого збір інформації, що фіксується сенсорами. Дані необхідні для створення карти пам'яті, з якої дані переносяться в бортовий комп'ютер. На бортовому комп'ютері фермери встановлюється норми висіву і автоматично вводиться користування в залежності від вологості ґрунту. Тобто на участках поля, де вологість достатня, посів буде виконуватись при встановленні норми висіву, а це значення вологості відрізняється від допустимої, норма висіву буде змінена автоматично.

Етапи впровадження системи точного землеробства

Створення високоточних електронних карт господарства з виконанням спеціального програмного забезпечення і системи супутникових навігаційних приймачів.

Роботи по відборі і аналізу ґрунтових проб з GPRS прив'язкою і створення електронного шару

Ґрунтової карти господарства;

Адаптація і впровадження системи паралельного водіння техніки. Організація прийому диференційованих поправок супутникового регіону. Впровадження системи автопілотування сільськогосподарських агрегатів.

Впровадження системи моніторингу рухомих об'єктів (авто і сільськогосподарської техніки) з використанням GPRS сигналів.

Впровадження системи моніторингу врожайності на комбайнах з визначенням маси, вологості зібраного зерна в кожному сегменті поля в режимі реального часу.

Створення електронного шару – карти врожайності полів господарства на основі моніторинга врожайності.

Адаптація програмного забезпечення по прогнозуванню появи бур'янів і шкідників і хвороб сільськогосподарських культур.

Впровадження систем диференційного внесення добрив і засобів захисту рослин.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 2. Супутникові система глобального позиціонування.

План:

1. Супутникова система глобального позиціонування. Диференційна система глобального позиціонування.

1. Супутникова система глобального позиціонування. Диференційна система глобального позиціонування.

Загальновідомо, що кінцевою метою сільськогосподарського виробника є отримання максимального урожаю при належному збереженні родючості ґрунту та екологічного стану середовища. При цьому урожай є результат дії цілого ряду факторів, таких як світло, тепло, повітря, волога, стан ґрунту (твердість, щільність), рівень наявності поживних речовин тощо, а також дії механізованих операцій з обробітку ґрунту, внесення добрив, пестицидів, сівки тощо.

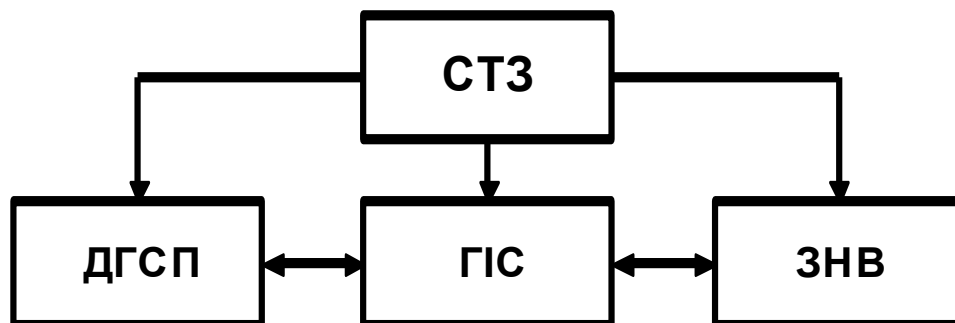
Якщо взяти окреме поле, то кількісна оцінка вищеназваних факторів є змінною величиною і вона залежить від конкретної точки (місця) на полі. Тобто в одних місцях поля умови для росту і розвитку рослин кращі, в інших - гірші. Оскільки рослина не може сама для себе вибирати краще місце на полі, то виникає потреба створити для неї штучні оптимальні умови. Для створення таких умов необхідно знати кількісну оцінку названих факторів в конкретній точці поля. Існують різні методи визначення кількісної оцінки фізико-механічних властивостей ґрунту – вологості, твердості, поживних речовин та ін. Більшість з цих методів пов'язана з відбором проб ґрунту у вузлах решітки, якою «накривають» поле. Разом з тим такі методи не можуть забезпечити необхідну достовірність показників в конкретній точці поля, оскільки визначається середнє значення по обмеженій кількості точок на полі. Побудувати карту поля з вищеназваних факторів існуючими методами практично неможливо через велику трудомісткість цих операцій і, відповідно, великих фінансових витрат (витрати на одну пробу визначення рівня

поживних речовин становлять біля 60 гривень).

Для комплексного вирішення вищеназваної проблеми доцільно застосовувати місцевизначені технології вирощування сільськогосподарських культур, які дозволяють здійснювати кількісну оцінку природних факторів в кожній точці поля, записувати цю геовизначену інформацію на магнітні носії, аналізувати її і після цього змінювати параметри факторів в кожній конкретній точці. Все це дає можливість створювати оптимальні умови розвитку рослин на такому полі і, відповідно, отримувати максимальний урожай.

Завдяки застосуванню таких технологій, з року в рік буде накопичуватись інформація про стан поля і з'являтиметься можливість встановлювати «діагноз» стану поля і приймати правильні, обґрунтовані рішення щодо ефективного його використання.

Для забезпечення функціонування СТЗ застосовують Глобальну Систему Позиціонування (ГСП) та Географічну Інформаційну Систему (ГІС). Структурна схема СТЗ зображена на рисунку.



Традиційно, керування урожаєм базується на понятті «ціле поле». Такий підхід означає, що норма внесення всіх технологічних матеріалів, що вносяться (насіння, добрива, пестициди тощо), застосовуються як «однорідна ковдра» до всього поля.

При великих розмірах поля, чинники, що впливають на рівень урожаю (тип ґрунту, рівень поживних речовин, мікроелементи) варіюють великою мірою. Це приводить до «витратного» ведення сільського господарства особливо тоді, коли вносяться дорогі технологічні матеріали з метою

підвищення урожаю, наприклад стимулятори росту або концентровані поживні речовини. Спеціалізоване обладнання для ТЗ дозволяє планово змінювати норми технологічних матеріалів, що вносяться, відповідно до умов кожної конкретної ділянки поля.

Природно, що введення нових елементів в сільськогосподарське виробництво вимагає додаткових витрат. Однак, гармонізація взаємодії сільськогосподарської техніки з робочим та навколишнім середовищем, а також оптимізація витрат технологічних матеріалів, що вносяться та додатковий урожай дозволяють отримати вигоду від точного землеробства. За даними компанії Crop Technology, Inc. (USA) застосування технології змінних норм внесення дозволяє збільшити на \$35-120 чистий прибуток з гектару площі зернового поля щорічно. [Мета точного землеробства](#) – максимізувати прибутки від виробництва продукції рільництва і, отже, отримати максимальну продуктивність при найменших витратах.

Система точного землеробства – є новим індустріальним кроком в землеробстві.

Аналіз наукової та виробничої сфер діяльності суспільства свідчить про безперервний процес удосконалення засобів і знарядь виробництва та умов праці виробника. Цей процес підпорядковується законам розвитку живої і неживої матерії.

Таким чином розвиток (як поняття), передбачає цілеспрямовані, незворотні зміни на краще в техніці та технології виробництва продукції взагалі і сільськогосподарської зокрема. Саме тому сучасний рівень розвитку суспільства характеризується чіткою тенденцією зрушень в бік так званих високих технологій.

Для тих, хто живуть і працюють в високорозвинених країнах і зайняті в сфері сільського господарства, СТЗ стала філософією їх професійної діяльності та сходиною до нового, більш високого рівня культури землеробства.

Для правильного розуміння мети, задач і проблем ТЗ, необхідно знати

тлумачення основних термінів СТЗ. Нижче наведені терміни та їх тлумачення в порядку, що відповідає частоті їх вживання в літературних джерелах.

Таблиця – Основні терміни з точного землеробства

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
Precision Farming, Precision Agriculture	Точне землеробство	Практичне застосування норм (доз) внесення технологічних матеріалів у відповідності до унікальних особливостей кожної елементарної ділянки поля
Site-Specific Farming	Місцевизначене землеробство	Поняття дуже близьке до значення точного землеробства; підкреслює специфічну визначеність кожної елементарної ділянки поля в СТЗ
GPS (Global Positioning System)	ГСП (Глобальна система позиціонування)	Радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в трьох світових координатах: довготі, широті та висоті з точністю в межах декількох десятків метрів. ГСП допомагає знайти необхідну точку з визначеною точністю. (Звернути увагу, що термін "GPS" (ГСП) часто використовується неправильно і часто, щоб ідентифікувати Точне землеробство. GPS - тільки один з елементів СТЗ)
DGPS (Differential Global Positioning System)	ДГСП (Диференційна Глобальна система позиціонування)	Скоригована за спеціальною методикою радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в світових координатах з точністю в межах декількох десятків сантиметрів
GIS (Geographic information system)	ГІС (Географічна інформаційна система)	Система комп'ютерних апаратних засобів, програмного забезпечення і заходів, розроблених для аналізу і просторового відображення місцевизначених даних з певних характеристик полів для планування і керування сільським господарством

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
VRT (Variable rate technology) *	ЗНВ (Технологія змінних норм внесення)	Технологія, що реалізується за допомогою спеціального обладнання для зміни норм внесення технологічних матеріалів (добрив, насіння, пестицидів і т.д.) у відповідності до особливостей кожної елементарної ділянки поля
Base Map	Базова карта	Геовизначена карта поля з необхідними даними, що використовується як основа для розміщення даних з місцевизначених характеристик.
Thematic map	Тематична карта	Геовизначена карта, що побудована за конкретними даними з місцевизначених характеристик поля. Ці карти містять в собі інформацію з урожаю, типу ґрунту, внесення добрив, пестицидів тощо.
Layer	Рівень	Логічний розподіл загальної інформації карти поля на тематичні рівні, наприклад, рельєф, шляхи, урожайність, тип ґрунту, поживні речовини тощо.
Map Merge	Об'єднання карт	Перетворення двох і більше карт поля в одну, узгоджену в координатах
Map Stacking**	Пошарове розташування карт	Розташування карт одна над другою з метою розробки стратегії однопрохідного багатофункціонального внесення технологічних матеріалів із змінною нормою
Database	База даних	Логічна сукупність даних з місцевизначених характеристик поля, що керується як модуль характеристик поля
Grid	Сітка	Організація розміщення даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, якою «накривається» поле
Soil Sampling	Збір проб ґрунту	Процес взяття проб ґрунту на елементарних ділянках поля або в осередках комірок сітки, якою «накривається» поле

Термін:		Тлумачення терміну
міжнародної практики	вітчизняний	
Grid Mapping	Зображення карти з сіткою	Відображення структури даних, що містяться в елементарних ділянках поля або осередках комірок сітки, як карти з певних характеристик поля
Yield Monitoring	Контроль урожаю	Визначення урожаю в кожній елементарній ділянці поля
Crop Scouting	Полева розвідка	Точні оцінки наявного місцевизначеного урожаю та місцевизначеної популяції шкідників і хвороб.
Aerial photography	Аерофотозйомка	Фотографування поверхні землі з літаків з метою визначення змін в області, наприклад, полі.
Lat/lon (Latitude and Longitude)	Широта та довгота	Широта та довгота описують позицію об'єкта на земній кулі. Широта - з півночі до південної позиції. Довгота - зі сходу до західної позиції. Точні позиції описані в градусах, хвилинах і секундах.
Remote sensing	Дистанційний контроль	Ідентифікація об'єкту або ряду об'єктів без прямого контакту датчика з ними.

*, ** - патентовані технології

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 3. Моніторинг стану ґрунтів та посівів у системі точного землеробства.

План:

1. Моніторинг агрохімічного стану ґрунтів у системі точного землеробства
2. Моніторинг угідь за допомогою БПЛА.

1. Моніторинг агрохімічного стану ґрунтів у системі точного землеробства.

Використовують два основних методи вибірки ґрунту на аналіз:

- метод "сітки";
- метод "типу ґрунту";

Метод сітки.

Здійснення методу сітки засновано на розподілі поля на прямокутники чи квадрати розміром 0,3 - 1 га. Фермер робить вибірку з кожного осередку і посилає проби в лабораторію для аналізу.

Ціль цього підходу - оцінити потребу в питомих речовинах ґрунту в масштабі менше ніж усі поле. Можна використовувати два способи для здійснення методу сітки:

Спосіб Центру Сітки

Спосіб Осередку Сітки

Ціль методу центра сітки полягає в тому, щоб вимірити рівні питомих речовин у центрі осередку сітки. При здійсненні вибірки, використовують Гсп-системи, щоб точно визначити центр кожної комірки сітки при проході через поле. Після досягнення центра осередку сітки береться проба ґрунту і записуються координати.

Метод осередку сітки дуже подібний попередньому за винятком того, що кожна комірка сітки розбивається на набагато менші частини, де беруться проби ґрунту і після їх лабораторного аналізу дані усереднюються. Тобто,

кілька вибірок зсередини кожного осередку об'єднані в одну складену вибірку осередку. Таким чином, обробляється весь осередок сітки в припущенні однакових властивостей ґрунту.

Здійснення методу "тип ґрунту". Основою до цього методу є вибірки відповідно до типу ґрунту. Фермер робить ті ж самі процедури вибірки, що описані вище, однак, замість сліпого використання однорідної сітки, він використовує оглядові карти ґрунту, щоб вибрати розташування вибірок. Кілька вибірок об'єднані з кожної області різного типу ґрунту. Цей метод здійснюється по вибірках з різних областей поля.

Визначення вмісту поживних елементів в ґрунті. Місце визначеними параметрами ґрунту вважаються ті фактори, які впливають на його родючість і урожайність даної культури. До них слід віднести агрохімічні: наявність в ґрунті поживних речовин азоту (n), фосфору (p_2O_5) і калію (K_2O) кислотність ґрунту pH та інші, а також фізико-механічні характеристики ґрунту: вологість, щільність, твердість. Особливістю цих параметрів являється те, що їх величини на одному і тому ж полі є змінними величинами.

Для визначення рівня поживних елементів проводиться відбір зразків ґрунту. Перед взяттям зразків ґрунту поле розподіляється на ділянки площею близько 2500 м² (50х50 м). Відбір зразків ґрунту проводиться, наприклад, в міжряддях, по осі ділянки вздовж гону.

Для взяття зразків ґрунту використовуються бури-щупи з об'ємом зразка ґрунту 10 см³.



Рис. 1. Бури-щупи для взяття зразків ґрунту.

Зразки ґрунту після висушування та подрібнення піддаються аналізу. Мінеральні сполуки азоту в ґрунті, що засвоюються рослинами, існують у вигляді амонію NH_4^+ та нітратів NO_3^- . Амонійний азот у ґрунті визначається калориметричним методом з допомогою реактиву Несслера після витяжки з ґрунту нейтральною сіллю KCl при співвідношенні маси ґрунту до розчину, як 1:2,5. Визначивши амоній перераховують його на азот.

Нітрати визначають, як правило, потенціометричним способом за допомогою іонметра з використанням іоноселективного електроду ЭМ-NO_3 на РН-340 в суспензії алюмокалієвих галунів при співвідношенні ґрунту до алюмокалієвих галунів, як 1:2,5. Вміст нітратів також перераховують на азот (N). Мінеральний азот в сполуках NH_4^+ і NO_3^- складають і розраховують в мг на 100 г ґрунту.

Рухомий фосфор визначають за методом Чирікова в модифікації ЦІНАО фотоколориметричним способом у витяжці $0,5\text{H}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ при співвідношенні ґрунту до кислоти, як 1:25 по Деніже в модифікації Левицького.

Вміст рухомого (обмінного) калію (K_2O) визначають у витяжці $0,5\text{H}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ (по Чирикову) при співвідношенні ґрунту до оцтової кислоти, як 1:25 полум'яневофотометричним методом на Flafo-4. Калій при досліді виділяє промені з певною довжиною хвилі. Ці хвилі проходять через інтерфераційні світлофільтри і потрапляють на фотоелемент, який перетворює світлову енергію в електричну. Інтенсивність випромінювання зв'язана з величиною струму. Вміст сполуки K_2O у ґрунті вираховується шляхом порівняння з шкалою зразкових розчинників. Розрахунки проводяться в мг на 100 г ґрунту.

Побудова картограм місцевизначених параметрів ґрунту.

Побудова картограм місцевизначених параметрів, в тому числі і параметрів ґрунту, пов'язана з підготовкою і наступним аналізом масивів

експериментальних даних. Після проведення лабораторно-польових досліджень, маємо числові характеристики агрохімічних параметрів поля, кількісна та якісна оцінка яких прив'язана до штучної координатної сітки поля, або до світових координат.

Прив'язка до світових координат дає можливість визначати агротехнологічні та агрохімічні властивості полів, як місцевизначену інформацію. За певних умов інформаційні дані кожної проби ґрунту можуть бути розподіленими по площі поля нерівномірно. Наприклад, маємо умовне поле розміром 1000 на 1000 метрів з величини умовного параметру ґрунту в експериментальних точках.

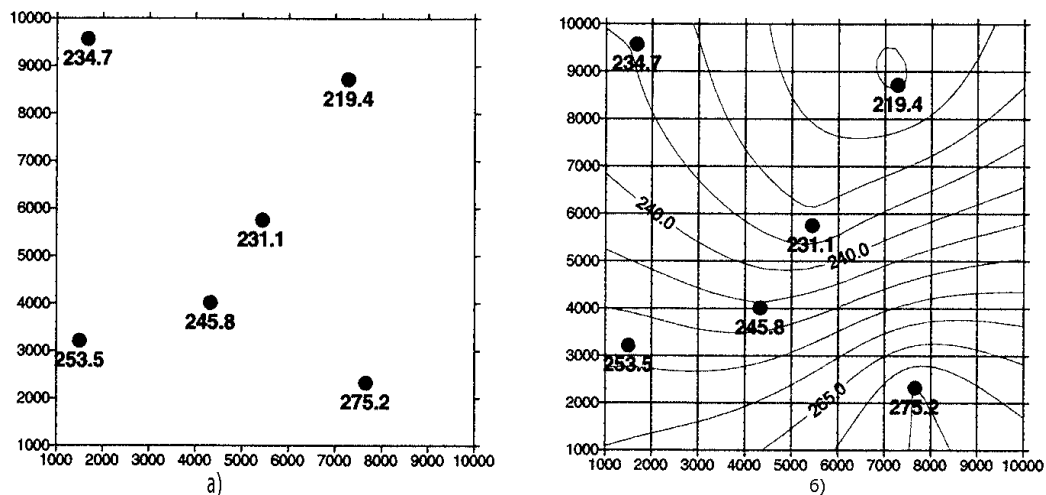


Рис. 2. Схема утворення рівномірно розподілених даних при побудові картограм параметрів поля:

- а) – експериментальні точки і величини параметрів в них;
- б) – вузли координатної решітки поля.

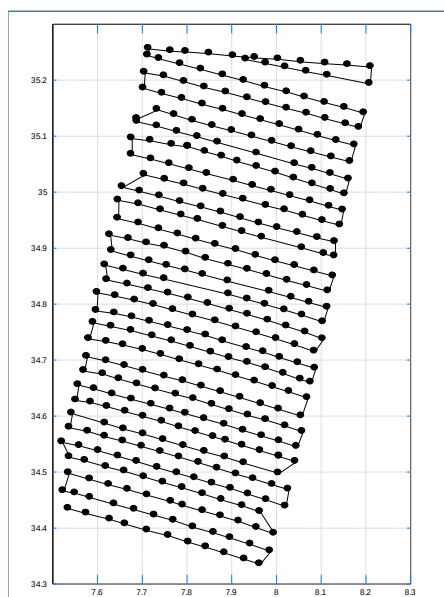
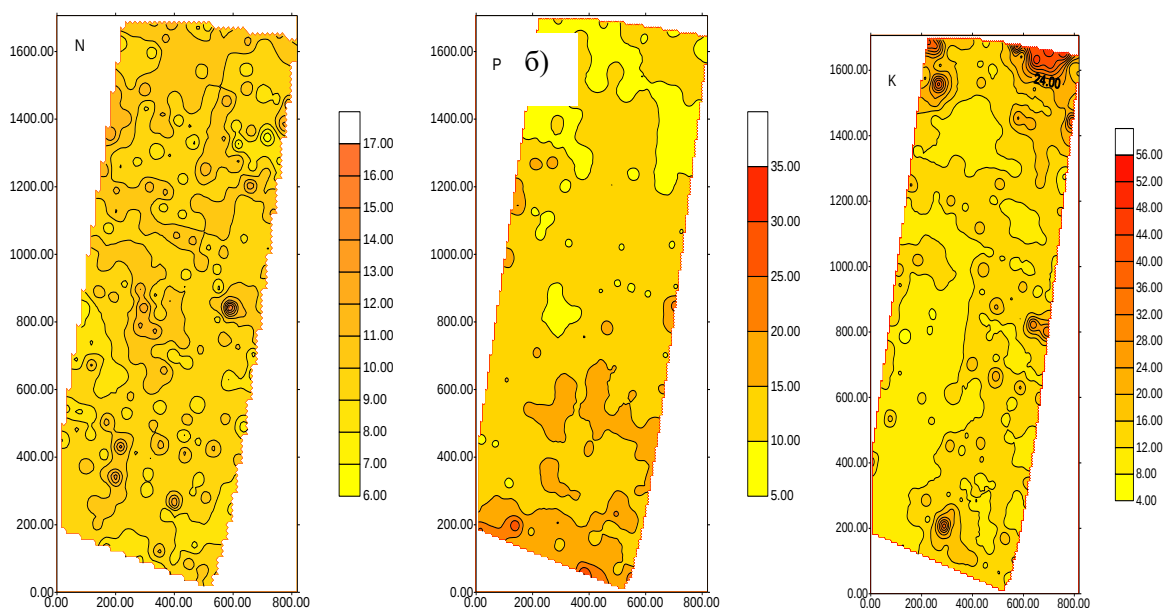


Рис. 3. - Схема реальних точок місцевизначеного взяття проб ґрунту на полі.

Для того, щоб побудувати картограму умовного параметру поля, необхідно розподілити інформацію експериментальних точок між вузлами рівномірної решітки, якою "накривають" поле (б), тобто провести інтерполяцію даних. Після операції інтерполяції можливо переходити до побудови картограми. На рисунку нижче показані, як приклад, картограми рівня поживних речовин в ґрунті поля № 4 корпорації "Інтерагросистема" с. Данилівка, Менського р-ну, Чернігівської обл.



Картограми рівня поживних речовин в ґрунті (азот, фосфор, калій –

відповідно), в мг/100 г. ґрунту. Поле № 4 корпорації "Інтерагросистема" с. Данилівка, Менського р-ну, Чернігівської обл.

Відбір проб, для отримання інформації щодо потенційного рівня родючості ґрунту, на кожній елементарній ділянці поля, має бути першим і основним елементом в системі точного землеробства. Для автоматизації та прискорення відбору ґрунтових зразків, на елементарних ділянках поля, створено мобільні пробовідбірники, які встановлюються на рамних транспортних засобах.

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення створюється карта-завдання для відбору проб за оптимальним маршрутом із GPS-прив'язкою.



Рис. 5. – Мобільний пробовідбірник.

Зібрані проби нумеруються та передаються до агрохімлабораторії для аналізу. Результати аналізу заносяться до програмного забезпечення, у процесі обробітку в якому, створюються карти розподілу елементів живлення на елементарних ділянках поля.



Рис. 6. – Відібрані ґрунтові зразки.

У подальшому, отриману карту можна використовувати для прийняття необхідних управлінських рішень та створення карт-завдань для

диференційованого внесення добрив.

Традиційні методи відбору ґрунтових проб, за допомогою ручних бурів і т.п., є надзвичайно трудомісткі, не оперативні та вартісні.



Рис. 7. – Карта кислотності ґрунту.

Параметри відбору ґрунтових зразків:

Автоматичний збір зразків ґрунту гарантує якість забору кожної міні-проби та геопривязку до сектора відбору.

Глибина відбору зразків від 10 до 30 см.

Загальна проба ґрунту складається з 15 міні-проб та має вагу ~500 г.

Продуктивність в середньому 50 загальних зразків в день в залежності від розміру сітки загальної проби.

Кожен зразок має свій унікальний код який складається з назви поля та номера сектора: «pole.007_3»

Ціни на відбір зразків залежать від кількості полів, розміру сітки відбору, складності рельєфу та типу ґрунтообробітку.

3. Моніторинг угідь за допомогою БПЛА.

БПЛА або дрон — літальний механізм, що може виконувати всі свої функції без фізичної присутності пілота всередині. Найчастіше, оператор управляє дроном через пульт дистанційного керування з землі або задає траєкторію і апарат летить сам на автопілоті. Дрони, в залежності від моделі, можуть літати зі швидкістю до 10 м/с.

За допомогою БПЛА в сільському господарстві можна:

- проводити моніторинг полів;
- прораховувати кількість сходів (як рослин на га так і по всьому полю)
- формувати карти внесення азота, гербіцидів;
- створювати NDVI карти поля;
- проводити обмір полів;
- вносити СЗР та трихограму;
- виконувати охоронні функції.

Наприклад, на практиці регулярно зустрічаються випадки, коли за допомогою дронів ганяють крадіїв кукурудзи або шукають стада кабанів в полях. Тож спектр застосування може бути дуже різним.

В сільському господарстві зазвичай використовуються два типи безпілотних літальних апаратів: коптери та апарати літакового типу (крило).

Коптер — БПЛА, який в повітрі утримують гвинти за принципом роботи вертоліт. Найчастіше, цих гвинтів чотири (квадрокоптер), шість (гексакоптер) та вісім (октокоптер). Від їх кількості та потужності залежить вантажопідйомність апарата.

Літак (крило) — власне, представляє собою невеликий літачок, який тримається у повітрі за рахунок потоків повітря та плоского крила.

Яка ж ще різниця між коптером та крилом, окрім конструкції? Коптер може зависнути в повітрі і зробити більш детальну фото- або відеозйомку в контексті моніторингу ділянки. З іншого боку крило може закривати більші площі, але керувати ним значно складніше.



Рис. 8. – БПЛА типу «крило».

БПЛА, який купують для моніторингу посівів, обміру полів та охоронних функцій повинен бути оснащений камерою високої якості.

Але при виборі камери також завжди потрібно виходити з конкретної задачі. Якщо задача дрона — обмір полів, то для цього достатньо звичайної камери. Для дронів з охоронною функцією варто придбати камеру з тепловізором і хорошим зумом.

Програмне забезпечення для БПЛА можна розділити на два типи за функціональністю:

1. Первинна обробка інформації з дронів, тобто зшивання ортофотопланів і формування єдиної карти.
2. Робота з даними, побудова індексів, прорахунок сходів, забур'яненості, ідентифікація неоднорідностей і т.д.

AgroOnline — інноваційний сервіс для сучасного управління аграрним бізнесом. Це онлайн-платформа призначена для комплексної автоматизації менеджменту та охоплює практично всі напрямки роботи в режимі реального часу.

Отже, все залежить від ваших задач і товщини гаманця, адже можна купити і ПЗ для створення 3D-моделей ландшафту в режимі реального часу.

Дрони при моніторингу посівів можна використовувати для різних цілей і на різних стадіях.

Якщо тільки йде підготовка до сівби, то дронами можна промоніторити забур'яненість поля і зрозуміти чи варто використовувати гербіциди, зробити дискування і т.д..

У фазі 4-5 листків за допомогою дронів можна порахувати густоту посівів і побачити, як спрацювала сівалка, чи були якісь пропуски. Програмне забезпечення дозволяє досить точно визначити кількість рослин на полі на 1 га.

Навесні за допомогою дрона можна визначити ще й площу посівів озимини, що не перезимувала. Отже, БПЛА стане в нагоді на всіх етапах вирощування культури.

Хто кращий в обмірі полів — дрон чи наземна техніка? Звичайно ж, це залежить від конкретних моделей. Якщо наземна техніка з підключеним **RTK** або **RTX** сигналом, то вона може зробити обміри з похибкою в 2-5 см на піксель. Це та сама похибка, що у дрона з RTK антеною. Без RTK антени похибка буде більшою і поле може бути «зсунутим» по координатам на мапі: площа буде точною, але розміщення — неточним.

Потрібно також враховувати економіку. Технікою просто так їздити не вигідно, і ефективно проводити обміри тільки якщо машина виконує якусь операцію по точному треку. Якщо йде обмір дроном, то враховується оплата праці пілотам, і це дає теж певні витрати.

За словами фахівця, приблизно 40% клієнтів AgroOnline застосовують дрони для обміру полів в ПЗ.

Внесення ЗЗР дронами зараз є дуже популярним серед українських аграріїв. Але головна проблема такого способу обробки посівів — малий досвід такої роботи, як у компаній, що надають послуги, так і у агрономів на місцях. Тому ефект буває досить «плаваючим» — можна як отримати добрий результат, так і змарнувати гроші та пестициди.

Варто зазначити, що використання БПЛА для обприскування дуже ефективно при точковій обробці, а не тоді, коли потрібно закривати все поле.

В дрон можна завантажити карту завдання, і працювати тільки в певних зонах, де є спалахи хвороби чи розповсюдження шкідника.



Рис. 8. – Робота коптера в полі.

Можна створювати карти для обприскування і диференційованого внесення. Економічний ефект буде високим, якщо підібрати правильний підхід.

Дрони, звичайно, коштують менше за трактори та обприскувачі, але професійна техніка також обійдеться в копійчку. Тому при відповіді на це питання варто зважити дуже багато «за та проти».

Регулярно БПЛА в господарствах використовують не тільки для агрономічних операцій, а і для контролю якості виконуваної роботи. Це є доволі ефективним інструментом контролю та стимуляції персоналу, адже механізатори завжди знають, що зненацька може прилетіти дрон і відправити керівництву компроментуючі фото/відео.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 4. Технології змінних норм внесення технологічних матеріалів.

План:

1. Огляд технологій варіабельного внесення. Сфери застосування технологій варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів
2. Компоненти системи варіабельного внесення.

1. Огляд технологій варіабельного внесення. Сфери застосування технологій варіабельного внесення сільськогосподарських матеріалів

Технології ЗНВ добрив, пестицидів, висіву насіння реалізуються під час руху агрегату по полю. Роботи із змінними нормами проводяться, як правило, відповідно до спеціального плану (карти) технологічних внесень, що складається на підставі місцевизначеної інформації про стан поля і даних з моніторингу урожайності попередніх сільськогосподарських сезонів.

Розглянемо сутність застосування технологій ЗНВ на прикладі роботи посівних машин.

Посівні машини відносяться до класу машин-реалізаторів. Одночасно з традиційними задачами виконання агротехнічних вимог до сівби тієї або іншої культури, сівалки, у разі їх застосування в ТЗ, повинні ще виконувати задачі реалізації електронних картограм (планів) сівби, які синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між агробіологічним потенціалом елементарних ділянок поля і нормою сівби. Схеми формування і реалізації картограм сівби представлені нижче.

З схем видно, що при застосуванні СГМ в СТЗ, обов'язковим елементом додаткового обладнання є система визначення положення машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі.

Для утворення регульованої щільності $\lambda(S)$ розподілу насіння по площі поля, а разом з цим і інтенсивності потоку $\lambda(t)$ необхідно мати апаратно-програмний комплекс спеціалізованого обладнання. Наприклад, для зернової сівалки (типу СЗ-3,6А) регулювання норми сівби під час робочого процесу

можливо здійснювати зміною частоти обертання вала котушок висівних апаратів або за рахунок зміни робочої довжини котушок.

Останнє є більш простішим варіантом реалізації змінних норм сівби, тому що в цьому випадку базова конструкція сівалки потребує мінімальних змін.

2. Компоненти системи варіабельного внесення.

Функції обчислення інформації, що надходить від приймача ГСП, картограми сівби, датчиків кінематичного режиму руху МТА та зворотного зв'язку бере на себе бортовий комп'ютер, що має слот для магнітної картки з електронною картою сівби та можливість передачі інформації на дисплей для її графічного представлення. Дисплей дозволяє оперативно контролювати перебіг виконання технологічної операції сівби при робочому процесі.

Якщо для реалізації технології застосовується ГСП, то з'являється можливість користуватися обчисленою інформацією не тільки про координати місцезнаходження МТА в полі, але і про швидкість його руху.

Деякі приймачі ГСП (з субметровою точністю позиціонування) можуть дати точність визначення швидкості в межах 0.15-0.2 м/с. Практика використання обладнання ГСП на сільськогосподарських рухомих об'єктах свідчить, що досить часто виникає ситуація з втратою сигналів з супутників.

Пов'язано це з багатьма факторами, але основними з них є непередбачені атмосферні явища, викривлення радіосигналів за рахунок прийому відбитих променів, а також попадання МТА разом з приймальною антеною в зони "радіотіней" від ліній електропередач, лісосмуг тощо. Втрата інформації про швидкість переміщення МТА може привести до зміни заданої норми сівби в недозволених межах. Тому досить широко використовується практика визначення швидкості руху МТА (пройденого шляху) за рахунок установки на мостах ведучих (ведених) коліс МТА відповідних датчиків.

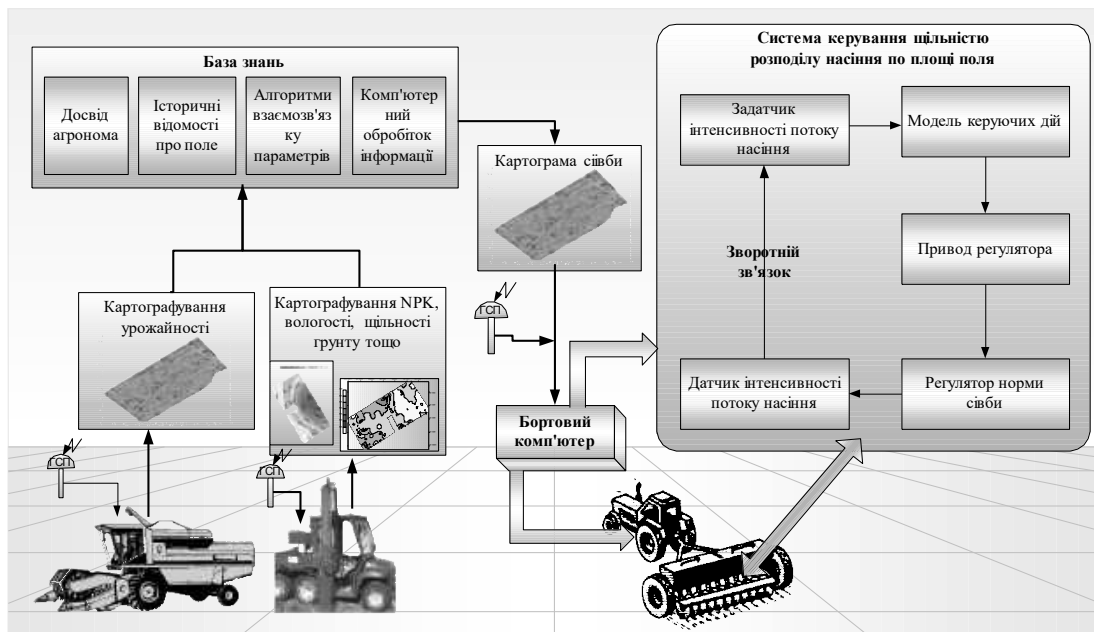


Рис. 1. Схема формування і реалізації картограми сіви

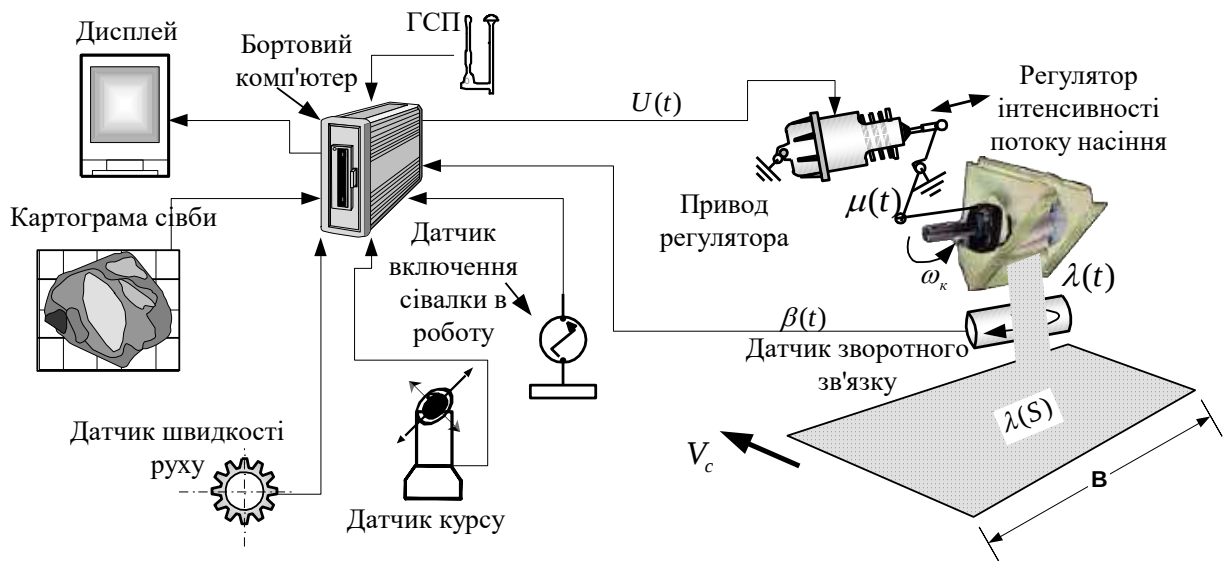


Рис.2. Схема обладнання для керування щільністю розподілу насіння по площі поля

Недоліками такого вимірювання є такі фактори, як зміна радіусу кочення колеса під час роботи машини, а також пробуксовка та ковзання коліс по поверхні ґрунту. З метою визначення швидкості руху МТА використовуються, також, сенсори радарного типу. Точність роботи навіть добре відкаліброваного радарного сенсора великою мірою залежить від кількості і

стану решток на поверхні поля і стану самої поверхні, що є обмежуючим моментом в його застосуванні. Наприклад, сенсор RSS (Raven Industries, США) має діапазон вимірювань від 0,22 до 31,1 м/с і похибку вимірювань близько 3 %. В загальному, на етапах розробки спеціалізованого обладнання для існуючих сівалок, варто розглядати варіант визначення швидкості руху МТА в полі за рахунок опорного або додаткового ("п'ятого") колеса, як найбільш доцільний.

Літературні джерела:

4. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
5. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
6. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 5. Методи збору даних урожайності культур. Складання карт врожайності.

План:

- 1 Основні компоненти системи моніторингу врожайності.
2. Збір даних про врожайність культур.
3. Складання карт врожайності.

1. Основні компоненти системи моніторингу врожайності.

При проведенні картографування урожайності сільськогосподарських культур, виходять з умови, що центрами окремих невеликих (елементарних) ділянок поля приймають прямокутники, одна сторона яких являє собою ширину захвату жатки комбайна, а друга- шлях, пройдений комбайном за 1,2 с.

Світові координати цих точок поля, тобто центрів ділянок (широта і довгота) визначались за допомогою комплекту обладнання ГСП .

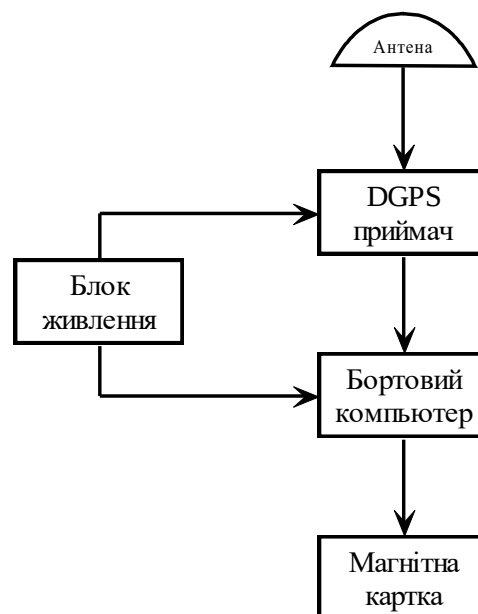


Рис. 1. - Схема комплекту обладнання для запису координат МТА в польових умовах

Урожайність на елементарній ділянці поля визначається шляхом ділення маси зібраного зерна на площу цієї ділянки. Дані про масу зерна, зібраного з

елементарної ділянки, фіксуються датчиком маси зерна і разом з даними про розмір ділянок надходять до бортового комп'ютера комбайна.

2 Збір даних про врожайність культур.

Моніторинг урожайності зернових культур – це система заходів, спрямованих на формування масивів місцевизначених даних урожайності на елементарних ділянках полів і побудову на базі цієї інформації картограм урожайності.

Для формування таких масивів місцевизначених даних необхідно мати наступну інформацію:

про точне місцезнаходження (в світових координатах) зернозбирального комбайна в кожний момент часу його роботи,

про урожайність на елементарних ділянках поля площею

$$S = BL,$$

де B – ширина захвату жатки комбайна,

L – відстань (по ходу комбайна) між двома послідовними точками, в яких фіксується місцезнаходження комбайна.

Отже, для проведення досліджень з моніторингу урожайності зернових культур необхідно мати обладнання, до складу якого входить апаратура для визначення місцезнаходження комбайна в полі і визначення урожайності на елементарних ділянках поля.

Розглянемо структуру подібного обладнання на прикладі системи Field Star, яка встановлюється на комбайнах Massey Ferguson.

Комплект апаратури Field Star для визначення місцезнаходження комбайна в полі включає в себе приймальну антену ДГСП – сигналу, що встановлюється на кабіні комбайна.



Рис. 2. - Установка приймальної антени ДГСП-сигналу на зернозбиральному комбайні MF-38

ДГСП - сигнали, прийняті антеною, обробляються бортовим комп'ютером комбайна у складі контрольного дисплея і системного блока. Інформація про місцезнаходження комбайна в полі у світових координатах (широта, довгота) виводиться на екран контрольного дисплею, а також записується на магнітний носій – флешкарту.

Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовується датчик маси зерна, який складається з джерела γ -випромінювання 1 і детектора 2 .

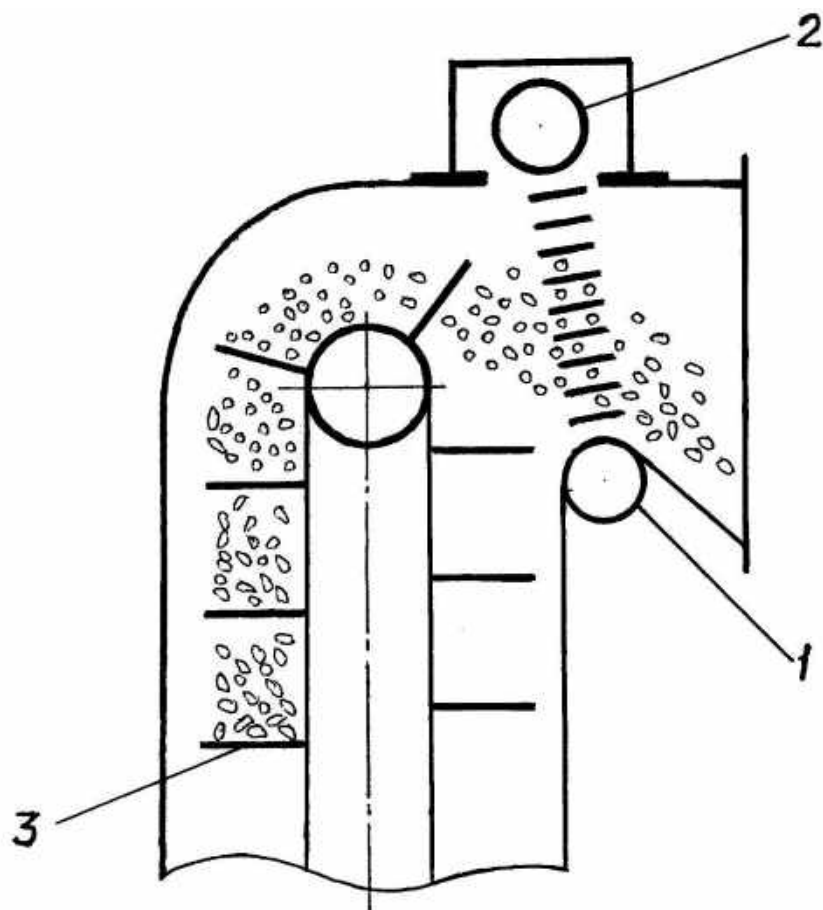


Рис. 3. - Схема функціонування датчика маси зерна Massey Ferguson .

1 – джерело γ -випромінювання; 2 – детектор ;

3 – зерновий елеватор.

Джерелом γ -випромінювання є контейнер з радіоактивним елементом Америцій-241. Контейнер має екран, який дає змогу утворювати нормальний потік γ -променів тільки в напрямку детектора. Випромінювання в усіх інших напрямках заекрановане. Рівень радіаційного випромінювання при застосуванні такого датчика не становить загрози здоров'ю людини.

Детектор реєструє потік радіаційного випромінювання, який проходить через горловину зернового елеватора.

Визначення маси зерна базується на вимірюванні величини потоку радіоактивного випромінювання з урахуванням того, що ослаблення цього потоку пропорційне масі зерна, яка проходить між джерелом γ -випромінювання і детектором.

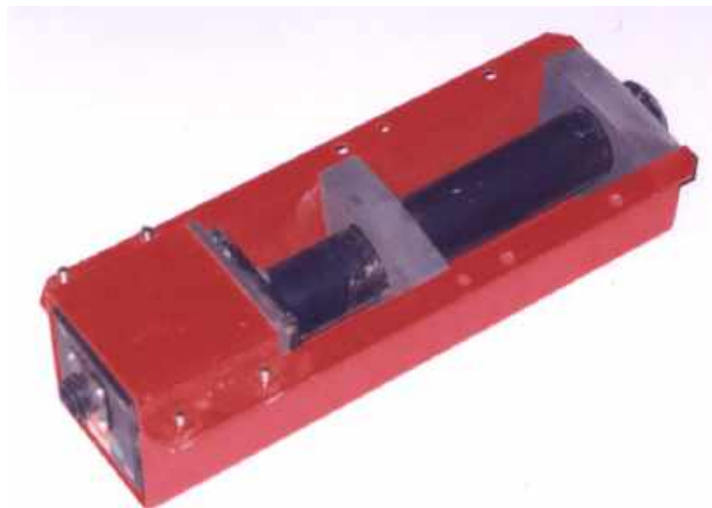


Рис. 4. - Детектор датчика маси зерна.

Точність визначення маси зерна датчиком становить $+ 0,5\%$.

Швидкість руху комбайна контролюється по спідометру, який зв'язаний з вихідним валом КПП комбайна.

Положення жатки комбайна по висоті контролюється датчиком підйому жатки. При піднятті жатки вище 50 см над поверхнею ґрунту, тобто коли процес збирання припинено, система Field Star не працює .

3. Складання карт врожайності.

Числові значення урожайності на елементарних ділянках поля, що зафіксовані комп'ютером, складають масиви даних для побудови картограм урожайності на полі. Обробка та аналіз масивів урожайності зернових здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Введення даних в цю програму здійснюється, в свою чергу, у стандартному форматі представлення даних NMEA. Цей формат включає дані про час, місце знаходження (фіксовані дані для ГСП приймача), параметри технологічної операції.

На прикладі нижче, показана картограма урожайності озимої пшениці. Як бачимо, рівень врожаю цього поля змінюється від 3,9 т/га до 8,6 т/га - варіація в 62% щодо середньої врожайності. Внесення технологічних матеріалів (далі просте внесення) проводилося в традиційній формі (з сталою

нормою).

Результати картографування врожаю, що виражені у вигляді гістограми, показують, що тільки 20 % поля лежать в межах середньої урожайності 7.5 т/га. Це дає привід до роздумів, як розподіляти внесені матеріали відповідно до отриманої карти врожаю.

Як бачимо, карти технологічного стану поля являються зв'язуючими ланками в ланцюгу механізованих технологічних операцій, що складають технологічний процес. Кожна карта технологічного стану поля подається у вигляді контурних (або спектральних) кольорових графіків. Таке графічне подання даних полегшує сприйняття інформації, але водночас ускладнює математичний аналіз карт поля. Тому спектральні карти технологічного стану поля трансформують у трьохмірні поверхні:

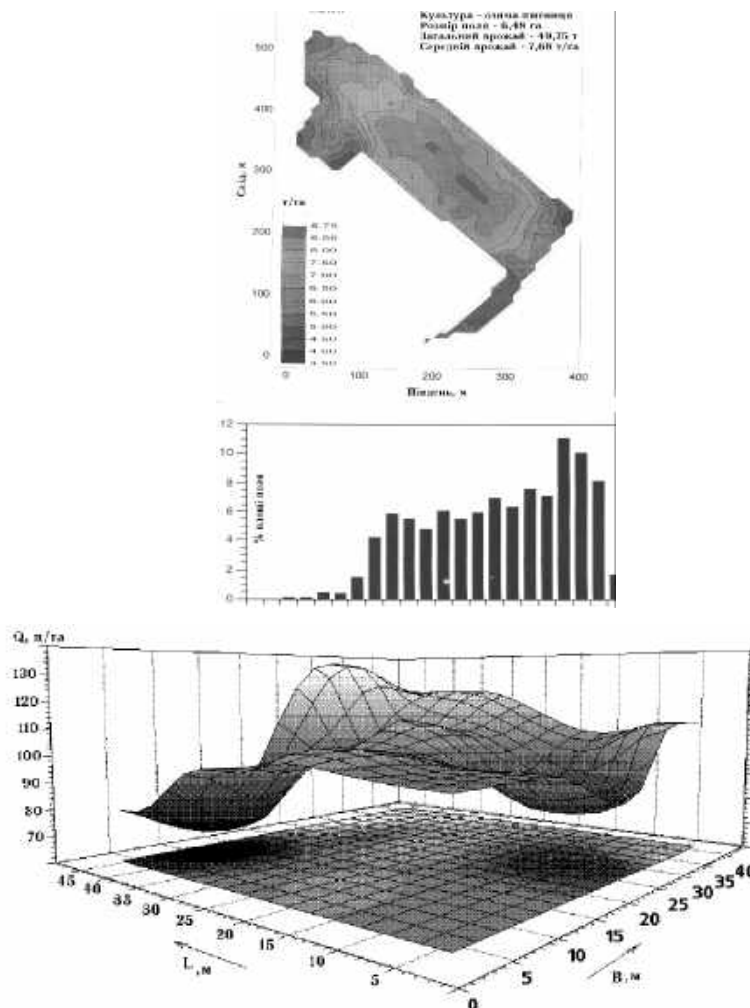


Рис. 5. - Величина врожаю кукурудзи на зерно, як функція площі поля

Трансформація карт технологічного стану поля у трьохмірні поверхні

дає можливість застосувати певний математичний апарат для аналізу зв'язків між різними картами технологічного стану поля та їх взаємного впливу.

Літературні джерела:

1. Wilson A. (2023). Precision Farming: Using Precision Agriculture to Improve Crop Yields. 53p.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 6. Прилади та обладнання для одержання інформації в системі точного землеробства.

План:

1. Датчик вологи ґрунту Hunter Soil-Clik
2. Система TrueView
3. Хлорофіло-метр meteobot® nitro
4. Датчик Smart Firmer система SmartDepth фірми Precision Planting
5. Електромагнітний сканер topsoil mapper

1. Датчик вологи ґрунту Hunter Soil-Clik

Hunter Soil-Clik спрощує контроль за вологістю ґрунту. Сенсор Soil-Clik використовує перевірену технологію для того, щоб виміряти вологу у кореневій зоні. Коли датчик фіксує бажане значення вологи ґрунту, полив автоматично вимикається.

У **Soil-Clik** є два компоненти: сенсор вологи, який встановлюється в ґрунт, і електронний модуль, який передає інформацію на контролер. Сенсор вологи простий в установці: закопайте його в кореневу зону рослин та підключіть до модуля. Сенсор можна встановлювати на відстані до 300 м від контролера. Налаштування модуля здійснюється через простий і зручний інтерфейс, результати вимірювань вологи доступні практично одразу після завершення налаштування та установки.

Модуль підключається до контролерів Hunter і буде працювати з більшістю контролерів інших виробників. Soil-Clik можна запрограмувати на відключення поливу при досягненні певної вологості ґрунту. П'ятирічна гарантія на Soil-Clik робить його надійним і ефективним засобом контролю використання води як в парі з Solar Sync, так і без нього.

Особливості:

- Дозволяє легко перевірити рівень вологості.
- Вимикає полив при досягненні заданого рівня вологості.

- Байпас сенсора одним дотиком для особливих умов.
- Зовнішній датчик з низькою напругою, живиться від контролера.
- Проста установка сенсора до 300 м від контролера.
- Підключіть до терміналів для сенсора або для переривання ланцюга будь-якого 24В контролера для поливу.
- Ідеальний компаньйон для Solar Sync.
- Гарантійний період: 5 років.

Технічні характеристики:

- Максимальна дистанція від модуля до контролера 2 м.
- Максимальна дистанція від сенсора до контролера 300 м.
- Живлення: 24В, 1000мА максимально.
- Підключення: стандартне сухе.
- Корпус: NEMA 3R, внутрішній/зовнішній.
- Розміри модуля, см: 11,4 x 8,9 x 3,2.
- Розміри контактного датчика, см: 8,25 x 2,22 см.

Вибір місця для контактного датчика (рис. 1)

Виберіть ділянку з найбільшим сонячним освітленням, що знаходиться в швидко просихаючій частині поливаної території. При використанні у дерені датчик слід розташовувати в кореневій зоні на глибині приблизно 15 см (це значення може бути змінено відповідно до стану дерену). При використанні на ділянці з деревами і кущами виберіть більш глибоке розташування відповідно до кореневої зони. У зоні з тільки що висадженими саджанцями розміщуйте датчик в рідному ґрунті на глибині приблизно половини кореневої грудки.



Рисунок 1.- Вибір місця для контактного датчика

Цифровий датчик вологості ґрунту (рис. 2), на виході видає 1 або 0 в залежності від того, наскільки вологий ґрунт. Використовується для контролю за домашніми квітами, в теплицях та ін., Може служити датчиком для

автоматичних систем поливу. У комплекті йде плата, що перетворює аналоговий сигнал датчика в цифровий сигнал (нуль - одиниця), побудована на основі мікросхеми LM393 та потенціометра, яким регулюється поріг спрацьовування датчика.

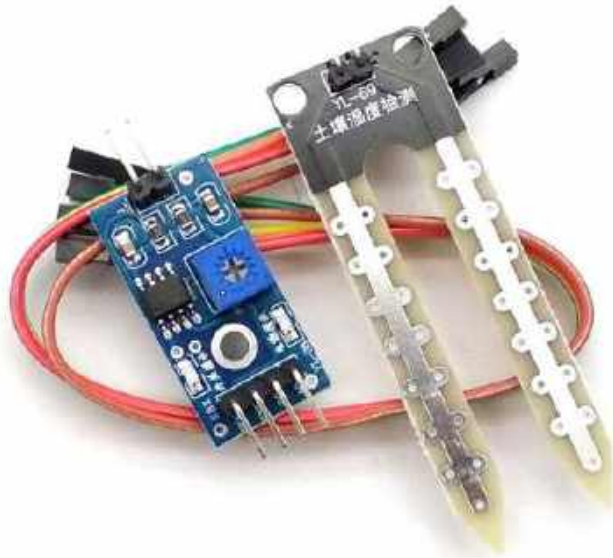


Рисунок 2. - Цифровий датчик вологості ґрунту

Для використання датчика потрібно зібрати на його основі макет (підключити живлення, підключити до контролера, помістити датчик в середовище вимірювання). Потім потрібно записати на контролер спеціальну програму, яка дозволяє працювати з датчиком. Після цього можна починати роботу. На платі є синій світлодіод, який горить, коли на датчик підключений до джерела живлення. На платі є червоний світлодіод, який горить, коли датчик передає дані в контролер.

Управління датчиком здійснюється або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесорного пристрою за допомогою спеціальних програм. На платі розташований змінний резистор, який використовується для налаштування порогу спрацьовування датчика (чутливості).

Датчик вологості ґрунту має два інтерфейси для підключення до живлення та до мікроконтролера, для підключення чутливого елемента:

- для підключення до живлення та до мікроконтролера використовується 4-контактний штирьовий інтерфейс. Позначення контактів: VCC - напруга живлення; GND - загальний контакт; D0 - цифровий вихід; A0 - аналоговий вихід;
- для підключення чутливого елемента використовується 2-контактний штирьовий інтерфейс.

Живлення датчика здійснюється або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесорного пристрою, або зовнішнього джерела живлення (блоку живлення, батареї). Напруга живлення датчика 3,3 - 5В.

Характеристики:

- вимірювальний елемент: металізований щуп (окремий)
- виконання датчика: на мікросхемі LM393 з налаштуванням чутливості
- виходи датчика: цифровий та аналоговий
- напруга живлення датчика: 3,3 - 5В
- габарити модуля: 38 x 15,6 x 8 мм
- габарити датчика: 63,8 x 20 x 8 мм
- довжина кабелю: 20 см
- вага комплекту: 11 г

2. Система TrueView

Нова технологія TrueView від компанії Great Plains за допомогою інноваційних датчиків ґрунту в режимі реального часу надає точну інформацію про такі показники поля, як вологість, температуру ґрунту, вміст органічної речовини та структуру ґрунту (останні - за принципом електропровідності). Завдяки отриманим даним проводиться зонування(картографування) поля, що допомагає фермерам виконувати критично важливі операції, які врахують особливості поля та стосуються обробітку ґрунту, оптимальних умов висіву, зокрема норм висіву, точних норм внесення, та інших операцій для максимальної ефективності і прибутків.

Система trueview вимірює:

1. Вологість ґрунту: система TrueView вимірює вологість ґрунту за допомогою ємнісного датчика, що зазвичай використовується для вимірювання вмісту води в зрізі ґрунту, що дає змогу планувати(налаштовувати) параметри по посіву, зрошенню, підживленню та захисту рослин. Дані про вологість ґрунту поля отримуються в реальному часі та дають змогу оператору, на ходу виконувати регулювання обробітку ґрунту, змінюючи кути атаки батарей дисків або притискне зусилля котка, щоб створити найкраще насіннєве ложе з максимальною рівномірністю та однорідністю по глибині.

2. Температура ґрунту: температура ґрунту вимірюється на глибині обробітку та підчас виконання фінішного(передпосівного) обробітку. Це допомагає визначити придатність ґрунту для висіву. Температура ґрунту може варіюватися в залежності від кількості рослинних залишків на поверхні поля, а також структури ґрунту та вологості. Заміри та картографування температурних зон, під час виконання обробітку ґрунту, надає додаткову інформацію для прийняття рішення сільськогосподарськими виробниками.

3. Електропровідність ґрунту: структура ґрунту вимірюється датчиком електропровідності. Однорідний ґрунт краще проводить електрику, ніж ґрунти із неущільненими ділянками, що надає точну картину структури ґрунту. Датчик вимірює електропровідність зони росту коріння, надаючи аграрію дані по структурі, складу та однорідності ґрунту по всьому полю.

4. Вміст органічної речовини: вміст органічної речовини в ґрунті вимірюється інфрачервоним оптичним датчиком. Вміст органічної речовини позначається кольором. Темніші ділянки містять більше органічної речовини, ніж світліші. Цей показник, у поєднанні із структурою ґрунту, надає точні дані про рівномірність ґрунту по всьому полю. Здатність ґрунту утримувати воду, поживні речовини та ущільнення - це лише декілька агрономічних факторів, які отримуються в результаті вимірювань.

3. Хлорофіло-метр **meteobot® nitro**

Вимірювання хлорофілу показує, скільки азоту поглинули рослини до теперішнього часу і скільки ще потрібно, щоб досягти свого максимального врожайного потенціалу



Рисунок 3.- система удобрення **Meteobot® Nitro** в полі

Компактна метеостанція meteobot® mini

Невеликі розміри і вбудований GPS, для безпеки та відстеження, дозволяють монтувати станцію в полі. Meteobot® Mini включає в себе:

- Датчик дощу;
- Датчик температури та вологості повітря;
- Датчик вологості ґрунту;
- Датчик температури ґрунту;
- Вбудований GPS для безпеки та відстеження;
- Сонячна панель и акумулятор;
- Мобільний застосунок для доступу до даних будь-де, будь-коли

3. Датчик **Smart Firmer** система **SmartDepth** фірми **Precision Planting**



Рисунок 4.- Датчик Smart Firmer система SmartDepth фірми Precision Planting

На основі цього датчика компанія Precision Planting розробила та впровадила на власних сівалках точного висіву систему SmartDepth, за яку на Міжнародній виставці Agritechnica 2019 отримала срібну нагороду.

Завдяки показникам датчика Smart Firmer, ця система автоматично контролює та регулює в режимі он-лайн глибину закладання насіння відносно поточних умов ґрунту, зокрема з урахуванням рівня його вологості та температури. Для цього оператор визначає діапазон, який має мінімальну й максимальну глибину, та вказує параметр мінімальної вологості.

Під час висівання система SmartDepth вимірює та аналізує різні рівні вологості на різних глибинах у режимі реального часу. Автоматично розміщує насіння на глибині, де рівень вологості оптимальний для її швидкого «старту», забезпечує рівномірне проростання кожної насінини, і як наслідок — отримання рівномірних та дружних сходів у кожній частині поля. Окрім отримання рівномірних сходів, система дає змогу економити вартісний посівний матеріал.

Адже через затягування посівної кампанії чи за умов висівання на полях зі складним рельєфом, коли насіння може потрапляти в пересушений ґрунт, не потрібно для перестраховки збільшувати висівну норму насіння. Система завжди покладе насінину в найоптимальніші для неї умови в чітко вказаному оператором чи агрономом діапазоні параметрів

4. Електромагнітний сканер topsoil mapper



Рисунок 6.- Електромагнітний сканер TOPSOIL MAPPER

Уже дуже багато сучасних українських компаній пропонують свої послуги з агрохімічного обстеження полів і надання рекомендацій щодо вирощування с.-г. культур, вапнування ґрунтів, удобрення та системи захисту. TopSoil Mapper дає змогу доповнити дані, які надають такі компанії, картами рельєфу, ущільнення та ґрунтових відмін.

Сканер складається із власне електромагнітного сканера та польового комп'ютера для накопичення даних у файлах. Прилад має чотири електромагнітні датчики, які призначені для сканування на чотирьох різних глибинах: 0,5 м, 0,7 м, 0,9 м, 1,1 м. Польовий термінал оснащений GPS-приймачем для визначення місцезнаходження сканера. Після того, як відповідні файли зі сканера зібрані, вони обробляються в спеціалізованому програмному забезпеченні Topsoil Data Box (TSDB), що базується на ядрі Матлаб (для складних математичних обчислень). Topsoil Data Box дає змогу виконувати аналіз і корекцію даних, моделювати різні карти розподілу в разі зміни параметрів. Але це є проміжний етап. Для подальшої роботи з даними вони переносяться в Геоінформаційну Систему (ArcGIS, QGIS, SAGA GIS і ін.). Там дані зіставляються з даними рельєфу, картами врожайності, NDVI, і вже на цій інформаційній основі створюються електронні карти, які можна використовувати в робочих цілях, зокрема для планування глибини обробітку, визначення норми висіву тощо.

Особливістю сканера є те, що геофізичний метод вимірювання неінвазивний, тобто не потребує порушення ґрунтової поверхні поля. Електропровідність землі використовується для встановлення таких параметрів, як ущільнення та насичення ґрунту вологою на глибині близько 1 м (40 дюймів). Для визначення типу ґрунту система Topsoil Data Box (TSDB) використовує спеціальні бібліотеки, підготовлені організаціями (такими, як USDA), які ідентифікують типи ґрунтів, що зустрічаються у всьому світі. Інші бази даних за потреби можуть регулярно додаватися.

Перші враження від створених карт неймовірні: колосальні відмінності в межах одного поля, критичні ущільнення на глибинах 15–20 см, нерівномірність розподілу вологи та багато інших факторів, які не дають змоги підвищити врожайність за наявності всіх поживних речовин для отримання максимального врожаю.

Крім цього, використання цих датчиків дає змогу регулювати глибину ґрунтообробітку в режимі он-лайн, що, своєю чергою, допомагає: за наявності ущільнень у глибших горизонтах ґрунту успішно з ними боротися, а за ущільнень ближче до поверхні ґрунту — зменшувати глибину обробітку, тим самим зменшуючи витрату пального на обробіток одиниці площі поля. І водночас — створювати оптимальні умови для проростання культурних сільськогосподарських рослин у кожній його частині.+

Датчик CropX для аналізу стану ґрунту в певній зоні поля та вимірювання його вологості CropX — датчик ґрунту другого покоління, який аналізує стан ґрунту в певній зоні поля та вимірює його вологість.

Оптимальна вологість ґрунту позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослини, що дає змогу їй отримати більшу кількість поживних речовин і підвищує врожайність культури. У країнах із низькою кількістю опадів функціонують системи зрошення, проте часто не враховується різна потреба у волозі в різних частинах поля. Це призводить до перезволоження та вимивання корисних мікроелементів. CropX може вирішити цю проблему.

Принцип роботи полягає в аналізі стану ґрунту в певній зоні поля та внесенні нормованого обсягу води.

Датчики вологості розміщують безпосередньо в полі. Їх підключають до мережі Інтернету, і користувач зможе отримувати інформацію про необхідність зрошення через мобільний додаток. Далі, як то кажуть, — справа техніки.

Американський стартап teralytic анонсував випуск першої партії бездротових ґрунтових зондів власної розробки (рис.8)



Рисунок 8.- бездротовий сенсор NPK

Перший у світі бездротовий сенсор NPK, який працює в режимі реального часу. Кожен зонд має 26 датчиків, включаючи перший у світі бездротовий сенсор NPK, який працює в режимі реального часу.

Зонд Teralytic дає змогу проводити збирання й передавання даних про стан ґрунту в реальному часі 24 години на добу і 365 днів на рік. Це дасть змогу фермерові виявляти негативні зміни в ґрунті ще до того, як вони стануть проблемними. Для ефективної роботи зондів і отримання точної інформації компанія застосовує технології машинного навчання, обробляючи зібрані із зондів дані в хмарі.

Класичний аналіз ґрунту — це ручний або напівмеханізований тривалий процес, який триває кілька днів або тижнів. Teralytic позиціонує свій продукт як рішення, яке дасть змогу фермерові стежити за станом ґрунту без проведення відбору проб і в режимі он-лайн. Зокрема, вбудовані в зонд датчики дають змогу отримувати таку інформацію, як:

- поточний стан мікроклімату: зонд має датчики для стеження за погодою на ділянці, збирає інформацію про температуру, вологість, рівні інсоляції;
- аерація ґрунту: показує кількість O_2 і CO_2 , що міститься в ґрунті, а також його обмін з атмосферою;
- якісні показники ґрунту: рівень засоленості, вологість, кислотність (pH) і показники за вмістом азоту, фосфору і калію (NPK).

Пристрій виробляє знімки ґрунтових умов кожні 15 хв, передаючи інформацію на хмарний сервер за допомогою бездротової технології LoRa.

Для успішного виконання управлінських рішень потрібні точніші карти ґрунтових властивостей. Невідповідна щільність відбору зразків щодо кількості ґрунтових відмін у межах поля та висока вартість аналізу звичайних ґрунтових проб обмежують можливість точного визначення меж різномірних за родючістю ділянок. Натомість обладнання автомобіля сенсорами є перспективною альтернативою, яка змогла б підвищити якість і знизити вартість створення ґрунтових карт.

Подальше вдосконалення процесу аналізу ґрунту датчиками під час руху дасть змогу використовувати їх для регулювання режимів роботи агрегатів у реальному часі або для подальшого контролю виробничих витрат. На сьогодні лише системи електромагнітного картографування доступні споживачеві на комерційній основі.

Літературні джерела:

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Захарін Ф. М., Сівак І.М. Моделювання адаптивних технологічних процесів місцевизначеного землеробства. Рекомендації до застосування в галузі сільськогосподарського машинобудування. - К.:НАУ. 2017. - 55 с.
2. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
3. Пилипенко М. Застосування систем точного землеробства на внесенні мінеральних добрив / М. Пилипенко, В. Марченко // Agroexpert : видання з питань української та світової сільськогосподарської практики. - 2018. - № 3. - С. 94-97

Тема 7. Прилади та обладнання для керування МТА в системі точного землеробства.

План:

1. Будова, робота і налагоджування основних компонентів системи точного землеробства AMS.

1. Будова, робота і налагоджування основних компонентів системи точного землеробства AMS.

Точне землеробство — це концепція яка ґрунтується на існуванні відмінностей в межах одного поля та потребує використання таких технологій, як GPS або знімки місцевості. Її головним завданням якої є врахування різноманіття стану ґрунту та його родючості в межах поля. Необхідна інформація отримується з даних, які збираються під час роботи в полі. На основі даної інформації можна значно знизити витрати на обприскування, добрива і паралельно підвищувати продуктивність праці за рахунок зменшення кількості проходів по полю та перекриттів.

Система засобів обробітку та керування даними JDLink™ — це система телематики, призначена для віддалених від техніки власників та керівників парку с/г обладнання, що забезпечує данні у режимі реального часу. За допомогою JDLink™ кожна частина системи передає данні за допомогою стільникового зв'язку через контролер на сервер JDLink.

Телематичні рішення JDLink дозволяють відстежувати місце розташування всіх ваших машин і внесення добрив з будь-якої точки при наявності підключення до мережі Інтернет. Потрібно просто зайти на сайт www.jdlink.com.

JDLink надає інформацію про машинах на трьох рівнях: JDLink Select, JDLink Ultimate і JDLink Harvest Module.

За вашим бажанням ми можемо використовувати систему JDLink для додаткового контролю з сервісного обслуговування (наприклад, послуга

віддаленої сервісної підтримки Service ADVISOR).

Система jdlink надає користувачу інформацію про:

Місцезнаходження

Використання

Статус технічного обслуговування

Безпеку

Погодинне користування технікою

Діагностика кодів несправностей

Трактори серій 8R/7030/9R, комбайни серій W, S, T, нові самохідні обприскувачі 4030 мають в базовій комплектації систему JDLink. Для роботи системи потрібна лише річна активація.

Якщо самохідна техніка John Deere не має системи JDLink, необхідне таке обладнання



Рис. 1. - JDLink Select

JDLink Select — чудове рішення початкового рівня для дистанційного контролю, що надає дані про місцезнаходження машини. Це особливо зручно при оптимізації логістичних операцій в господарствах зі змішаним парком техніки, і дозволяє помітно підвищити загальну ефективність і швидкість

виконання завдань.

Можливість встановлення зони роботи окремих машин.

Контроль годин напрацювання машини.

Планування технічного обслуговування.

JDLink Ultimate — це потужний інструмент оптимізації витрат палива і продуктивності машин. Система підключається до шини CAN в самохідної машини і надає доступ до всіх основних показників продуктивності.

Зниження витрати палива

Підвищення коефіцієнта використання машини

Отримання важливих діагностичних даних

Віддалений доступ до дисплею

JDLink розширює можливості віддаленої підтримки для всіх машин, обладнаних дисплеєм GreenStar 3 2630. Використовуючи JDLink, функції віддаленого доступу до дисплея John Deere дозволяють клієнтам і дилерам дистанційно допомагати операторам з налаштуваннями машини, регулюванням і експлуатацією. Переваги: більш швидке обслуговування, збільшення часу безвідмовної роботи.

Незалежно від завдання, яке Ви виконуєте в полі, успіх Вашої діяльності залежить від операторів, які розуміють, як потрібно керувати машинами з максимальною продуктивністю. Що станеться, якщо їм негайно буде потрібна порада, наприклад, щодо регулювання налаштувань комбайна під поточний стан поля або налаштування автоматичного водіння трактора? Як правило, Вам або фахівцям дилера доведеться виїжджати в поле, щоб допомогти оператору. Однак, це не тільки займе багато часу, але і істотно обмежить час безвідмовної роботи машини.

Використовуючи систему JDLink, Ви або дилер можете безпосередньо підключатися до дисплея GreenStar 2630 в кабіні. Це означає, що Ви зможете відразу повідомити своїм операторам про коригування, які дозволять підвищити ефективність їх роботи — і Вашу рентабельність. Використання віддаленого доступу до дисплея John Deere дозволить оптимізувати роботу

Ваших тракторів, комбайнів, кормозбиральних комбайнів та оприскувачів, а також максимально збільшити час безвідмовної роботи машин.

Залежно від типу навігаційної системи і від рівня точності супутникового сигналу площа перекриттів може бути скорочена до 90%. Навігаційна система John Deere може бути обрана відповідно до виду виконуваних робіт і необхідного рівня точності. Дані системи дозволяють економити час, паливо і скорочувати експлуатаційні витрати при кожному проході на кожному гектарі. Зі зростанням точності підвищується ефективність, тому системи John Deere можуть з легкістю оновлюватися до більш високого рівня. Саме таким рішенням є система автоматичного водіння Autotrac від John Deere.



Рис.2 – Складові системи автоматичного водіння Autotrac від John Deere.

Переваги використання системи навігації очевидні, незаперечні і багаторазово підтверджені:

Зниження витрат на паливо.

Зменшення витрати добрив і хімікатів.

Підвищення екологічних показників, ефективності і рентабельності

господарства

Autotrac від John Deere дозволяє економити час, паливо і скорочувати експлуатаційні витрати при кожному проході на кожному гектарі.

Залежно від типу навігаційної системи і від рівня точності супутникового сигналу площа перекриттів може бути скорочена до 90%.

Самохідна техніка John Deere може поставлятись з системою автоматичного водіння Autotrac в комплектації, так і без системи але готовим до встановлення Autotrac (Autotrac Ready).

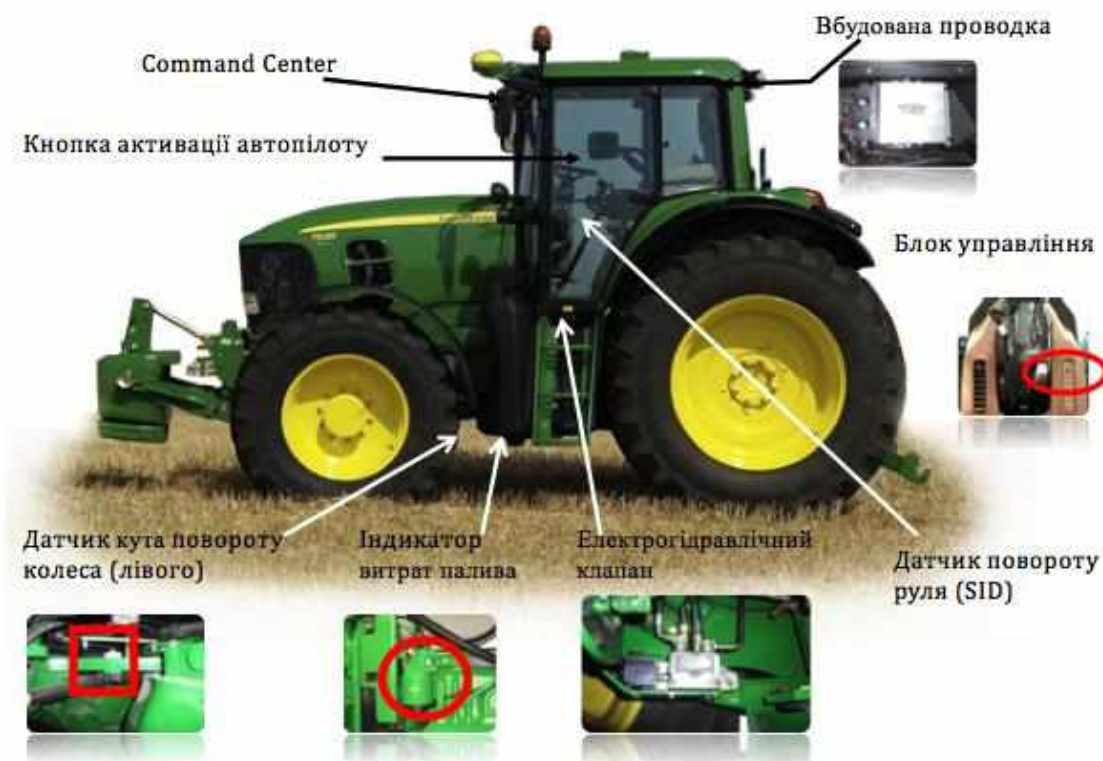


Рис. 3. – Розташування компонентів Autotrac (Autotrac Ready)

Проте AutoTrac може бути встановлений на техніку інших виробників — Fendt, Case і New Holland та самохідні машини виробництва John Deere з попередніх модельних рядів (без підготовки до AutoTrac) – пакет AutoTrac Universal 200.

Для того, щоб скористатися всіма перевагами автоматичного водіння і полегшити роботу, скористайтесь вбудованою системою AutoTrac. Дана система дозволяє скоротити експлуатаційні витрати, такі як трудовитрати, витрати на добрива і паливо. В результаті підвищується ефективність Вашої

роботи. Більш того, вона може використовуватися і на обприскувачах, і на комбайнах, і на кормозбиральних комбайнах.

Вбудована система AutoTrac дозволяє максимально скорочувати перекриття при роботі на необробленому полі і більше не доведеться розмічати поле. Ви можете працювати як за прямими, так і по кривих лініях. Ви також можете працювати в умовах низької видимості.

У комбінації з приймачем StarFire 3000 і дисплеєм GreenStar вбудований комплект AutoTrac забезпечує оптимальну точність навігації.

Зверніть увагу на дисплей GreenStar 2630, він оснащений кольоровим сенсорним екраном діагоналлю 26 см і може працювати з програмами FieldDoc, Harvest Doc або з модулями Guidance Pro, такими як iTEC Pro.

Складові комплекту Autotrac для Autotrac Ready машин:

Дисплей 1800/2630

Активація дисплею

Приймач StarFire 3000

Сигнал (при використанні SF2)

Ви можете скористатися перевагами доступною автоматичної системи навігації незалежно від того, обладнання яких виробників у Вас є. Комплект автоматичного водіння John Deere AutoTrac Universal (ATU) можна використовувати з широким переліком обладнання, затвердженим компанією John Deere, при цьому працюючи з усіма сигналами приймача StarFire. Для отримання самої останньої інформації про затверджене обладнанні зверніться до торгового представника компанії або відвідайте веб-сайт StellarSupport.

У режимі автоматичного управління можна працювати менш ніж через годину. Систему без проблем можна встановити на іншу машину, до того ж, завдяки продуманій конструкції комплекту AutoTrac Universal, він займає менше місця в кабіні.

Складові комплекту AutoTrac Universal 200

Дисплей 1800/2630

Активация дисплея

Приемач StarFire 3000

Рульовое колесо

Сигнал (при использовании SF2)

Диапазон коррекционных сигналов системы autotrac:

StarFire 1 (SF1) – безкоштовний сигнал диференційної корекції, доступний лише через John Deere з точністю ± 23 см від проходу до проходу. Доступний для ресиверів iTC та SF3000

StarFire 2 (SF2) – це платний сигнал диференційної корекції, доступний лише через системи John Deere з точністю ± 5 см від проходу до проходу. Даний сигнал потребує додаткової плати за користування, термін активації залежить від потреб господарства і може бути від 1 до 60 місяців. Доступний для ресиверів iTC та SF3000

StarFire 3 (SF3) – це платний сигнал диференційної корекції, доступний лише через системи John Deere з точністю ± 3 см від проходу до проходу. Доступний для нових ресиверів StarFire 6000

Новий ресивер StarFire 6000

StarFire 6000 – це поновлений ресивер SF3000 який забезпечує збільшену точність ± 3 см, що зберігається 9 місяців. Приемач підтримує використання всіх 3 діапазонів GPS і сумісний з системами ГЛОНАСС і GPS.



Рис. 4. - Ресивер StarFire 6000.

Модуль пристосування до місцевості (Terrain Compensation Module — TCM) вбудований в приймач і є засобом навігації, яке використовується

приймачем для забезпечення правильного положення машини і оброблення параметрів, одержуваних від системи GPS. Модуль TCM коригує динаміку машини, наприклад нахил при переміщенні на схилах та по нерівному ґрунту.

Особливості starfire 6000:

Безкоштовний сигнал SF1

Вмонтований TCM (виконує компенсацію нерівності)

Точність зберігається не менше 9 місяців

Швидкість пошуку супутників та передачі-отримання сигналу не більше 10 хв.

Вмонтований USB вихід, за допомогою якого перепрограмування відбувається за 3 хв.

Опційно можливе замовлення приймача із замком

Можливе перенесення активації SF2 із SF3000, ITC на SF6000

Літературні джерела:

1. <https://www.deere.ua/uk/index.html>

Апаратне і машинне забезпечення в системах точного землеробства

частина I.

Конспект лекцій

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул.Г.Кондратьєва,160

Підписано до друку: червень, 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: 100 примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк.
