

Аніскевич Л.В.

Свірень М.О.

Броварець О.О.

Коваленко М.М.

Косенко І.М.

СИСТЕМА
ТОЧНОГО
ЗЕМЛЕРОБСТВА

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
біоресурсів і природокористування України
Кіровоградський національний
технічний університет

Аніскевич Л.В., Свірень М.О.,
Броварець О.О., Коваленко М.М., Косенко І.М.

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Навчальний посібник

Кропивницький
"КОД"
2016

УДК 631.5:629.793

Рекомендовано до друку Вченою радою Кіровоградського національного технічного університету (протокол №1 від 03 жовтня 2016р.)

Аніскевич Л.В., Свірень М.О., Броварець О.О.,
Коваленко М.М., Косенко І.М.

Система точного землеробства:
Навчальний посібник. – Кропивницький. КОД. 2016.- 125с.

У навчальному посібнику наведено методичні рекомендації для проведення практичних занять, викладено мету кожного заняття, теоретичні передумови, порядок проведення і контрольні запитання.

Навчальний посібник із дисципліни "Система точного землеробства" рекомендований студентам спеціальностей 208 "Агроінженерія" та 133 "Галузеве машинобудування"

Рецензенти:

В.М. Булгаков, академік НААН України, доктор технічних наук, професор

(Національний університет біоресурсів і природокористування України);

В.О. Шейченко, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

(Національний науковий центр "Інститут механізації і електрифікації сільського господарства");

В.В. Аулін, доктор технічних наук, професор

(Кіровоградський національний технічний університет).

©Аніскевич Л.В., Свірень М.О.,
Броварець О.О., Коваленко М.М.
Косенко І.М., 2016

©Видавництво "КОД", 2016

ВСТУП

Одна з головних рис сучасного стану землеробства в Україні – підвищення 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 – високоінтегрованої системи аналізу і синтезу технологій вирощування с.–г. культур.

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.

Система точного землеробства є багатофункціональною системою. Основними напрямками прикладного застосування цієї системи є механізовані технологічні операції з внесення добрив, проведення сівби, застосування пестицидів та збирання врожаю. На кожній з цих операцій використовується геовизначена інформація про стан поля, яка обробляється бортовим комп'ютером і виробляються сигнали керування технологічним обладнанням. Наприклад, при внесенні мінеральних добрив, норма їх внесення автоматично керується сигналами з бортового комп'ютера залежно від величини та вигляду картограм поля з поживних речовин та агрохімічного стану ґрунту. Причому ці керуючі сигнали синхронізовані з географічними координатами МТА на полі.

Регулювання технологічними режимами робочих органів сільськогосподарських машин відбувається переважно через сервомеханізми, наприклад, гідравлічні виконуючі пристрої. Відомо, що гідропривод робочих органів застосовується на багатьох сільськогосподарських машинах. Тобто більша частина сільськогосподарських машин, що використовуються в сучасному землеробстві України потенційно придатні до застосування в системі точного землеробства за умов використання додаткового обладнання.

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.

Інформаційні технології є невід'ємним елементом процесу реалізації диференційованих агротехнічних заходів рослинництва, а необхідність запровадження вискоєфективної стратегії менеджменту в рослинництві з використанням великих масивів геовизначеної інформації з множинних джерел

обумовили необхідність використання в технологіях ТЗ географічних інформаційних систем (ГІС).

ГІС - комплекс обладнання, програмного забезпечення і методик для накопичення, опрацювання, зберігання і інтерпретації даних з географічною прив'язкою. В загальному, геоінформаційна система може включати до свого складу просторові бази даних (у тому числі, під контролем універсальних систем управління базами даних – СУБД), редактори растрової і векторної графіки, різні засоби просторового аналізу даних.

Сучасні програмні продукти ГІС мають потужні аналітичні та креативні можливості, але малодосвідчені користувачі при аналізі своїх конкретних місцевизначених даних по окремих полях можуть вийти на помилкові результати. Пов'язано це у першу чергу з тим, що треба знати природу математичних розрахунків, які закладені в ті або інші програмні продукти. В загальному, при використанні спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ) важливо правильно формулювати задачі виробництва і розуміти основні алгоритмічні підходи до вирішення поставленої задачі.

Також треба зважувати на те, що при використанні ГІС програмних продуктів з мережевими технологіями необхідно свої місцевизначені бази даних пересилати на сервер розробника програмного забезпечення. В результаті, окрім необхідності оплачувати роботи з картографування, постає питання конфіденційності завантажених в мережу даних, а також прав власності на отримані результати.

Підприємці, які володіють основами комп'ютерної грамотності, можуть придбати програмні продукти для самостійного аналізу місцевизначених даних. При цьому вони можуть бути незалежними в правовому аспекті і зберегти кошти. Крім того, хто краще інших знає особливості агробіологічної ситуації на конкретному полі і поточні природо-кліматичні умови? Також підприємець може будувати, наприклад, картограми-завдання на внесення мінеральних добрив з урахуванням поточного фінансового стану господарства, а також використовувати проміжні результати розрахунків, які в звітах від сторонніх виконавців, як правило, не надаються. Генеровані картограми (результати) у цифровому вигляді можна накопичувати впродовж багатьох сезонів і у подальшому проводити аналіз трендів глобальних змін на конкретному полі.

В протизагу цьому фермер, який не хоче витратити час на освоєння комп'ютерної техніки і програмних продуктів може звернутися до надійної і добропорядної регіональної сервісної служби ТЗ. При цьому слід пам'ятати, що картограма це лише "картинка" або файл цифрових даних, який треба вміти реалізувати на конкретній польовій механізованій операції за допомогою спеціалізованого обладнання, яке повинно "розуміти" картограму-завдання. Тобто, програмно-апаратні можливості бортового комп'ютера машини-реалізатора повинні бути уніфікованими з програмно-апаратними можливостями офісного обладнання.

Програмне забезпечення для ГІС часто асоціюють з програмними продуктами для побудови картограм місцевизначених параметрів. Це не є правильним. ПЗ для побудови картограм місцевизначених параметрів використовується тільки для створення і візуалізації карт. ГІС же надає

можливість як будувати карти, так і виконувати аналіз місцевизначених параметрів, а також будувати графіки, тренди, варіації, оптимізувати процеси тощо. Це інструментарій для отримання, аналізу і картографування місцевизначених даних і основа для оптимізації технологій рослинництва. Як комбайн для функціонування потребує палива, так для повноцінного використання ГІС-систем необхідно забезпечити їх базою місцевизначених даних. При цьому вартість створення бази місцевизначених даних, як правило, набагато перевищує вартість закупівлі, підтримки і експлуатації ГІС програми. Фермерам треба враховувати цей момент при запровадженні технологій ТЗ.

Слід зазначити, що вартість ПЗ наведених класів програм для ГІС досить висока, що впливає на економічну ефективність їх використання. Також ці програми мають певні складнощі у використанні, що пов'язане з багатофункціональним їх направленням. Часто користувач розгублюється у виборі конкретного набору функцій, необхідного йому для вирішення поставленого завдання. Тому фермеру зовсім не обов'язково купувати і використовувати повний геоінформаційний продукт, оскільки доводиться переплачувати за функціонал, в чому, часто, немає необхідності. Можливо скористатися такими безкоштовними програмними продуктами, як QGIS, GRASS, MapWindow GIS тощо. Наприклад, QGIS доступна для більшості сучасних платформ (Windows, Linux) і поєднує в собі підтримку векторних і растрових даних, а також здатна працювати з даними, що надаються різними картографічними веб-серверами і багатьма поширеними просторовими базами даних.

Наповнення особистої бази даних місцевизначеними даними і відомостями про об'єкти в прив'язці до просторових даних, засвоєння основ складання та аналізу картограм місцевизначених параметрів полів, уміння налаштовувати і ефективно експлуатувати спеціалізоване обладнання – все це є безумовною основою запровадження технологій точного землеробства.

Мета виконання практичних робіт - сформувати низку практичних знань з використання спеціалізованого обладнання і програмного забезпечення для технологій точного землеробства.

В результаті виконання циклу практичних робіт студенти повинні засвоїти:

- основи функціонування приладів та обладнання для СТЗ, порядок їх налагоджування та експлуатації;
- склад і структуру програмного забезпечення для реалізації технологій ТЗ;
- послідовність збору та реєстрації польових місцевизначених параметрів;
- порядок складання та аналізу картограм місцевизначених параметрів полів;
- порядок застосування перемінних норм внесення технологічних матеріалів;
- основи експлуатації сільськогосподарських машини, що адаптовані до використання в СТЗ.

Практична робота № 1

Програмний продукт для точного землеробства AgroLog

Мета роботи – ознайомитись з призначенням та основними характеристиками сучасного комп'ютерного програмного забезпечення для точного землеробства "АЛМАЗ AgroLog" і отримати навички з основ його використання.

Теоретичні передумови

Загальновідомо, що кінцевою метою проведення механізованих робіт в рослинництві є отримання максимального врожаю при належному збереженні родючості ґрунту та екологічного стану навколишнього і робочого середовища. При цьому урожай є результатом дії цілого ряду факторів, таких як світло, тепло, повітря, волога, фізико-механічний стан ґрунту (наприклад, його твердість, щільність), рівень поживних речовин в ґрунті тощо, а також дії механізованих операцій з обробітку ґрунту, проведення сівби, внесення добрив, пестицидів тощо. Тобто, необхідно знати місцевизначену інформацію з факторів, що впливають на врожай, а також на матеріально-фінансові витрати, які необхідні для отримання цього врожаю. Система точного землеробства (СТЗ) дозволяє здійснювати оцінку природних і антропогенних факторів в кожній точці поля, записувати цю місцевизначену інформацію, аналізувати її і після цього змінювати за допомогою сільськогосподарських машин величини діючих на урожай і екологію факторів в кожній точці поля. Все це дає можливість створювати оптимальні умови розвитку рослин і звести до раціонального мінімуму витрати технологічних матеріалів, таких як добрива, насіння, пестициди тощо, а також енергії (що витрачається, наприклад, при механічному обробітку ґрунту).

Місцевизначена інформація – це інформація з фізико-механічних, технологічних, агробіологічних, енергетичних тощо параметрів певної точки поля, що пов'язані з світовими координатами цієї точки. Відповідно до цього механізовані технології, які використовують місцевизначену інформацію називаються місцевизначеними технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Для застосування місцевизначених технологій необхідні чисельні компоненти, такі, наприклад, як:

- системи навігації та позиціонування рухомих сільськогосподарських об'єктів;
- обладнання та служби для збору місцевизначених характеристик сільськогосподарських угідь;
- обладнання для моніторингу урожайності польових культур;
- служби віддаленого та наземного моніторингу стану полів;
- спеціалізовані комп'ютери та географічні інформаційні системи (ГІС);
- обладнання технологій змінних норм внесення (ЗНВ) технологічних матеріалів (ТМ);
- роботизовані системи збору та реєстрації місцевизначеної інформації;

- телекомунікаційні системи передачі та обробітку польової інформації тощо.

Поряд з цим, для ефективного використання названих компонентів (наприклад, спеціалізованих комп'ютерів) необхідно мати і відповідне програмне забезпечення.

Аналіз сучасного програмного забезпечення (ПЗ) показує, що на даний період існує широкий вибір програм для ГІС, ГСП і технологій ЗНВ ТМ. У виробництві програмного забезпечення для точного землеробства найбільш значних успіхів добилися такі компанії як ESRI, MapInfo, AGRIS, Agro-Systems (всі США), Müller Electronic GmbH (Германія) та ряд інших. Слід зауважити, що комп'ютерних програм широкого застосування з україномовним інтерфейсом практично немає, що обумовлює певні труднощі при використанні неадаптованих для умов України програмних продуктів.

При виборі ПЗ для СТЗ важливо знайти оптимальні шляхи вирішення задач накопичення, аналізу та синтезу баз місцевизначених даних і графічного їх представлення. З цієї точки зору найбільш суттєвими факторами до вибору ПЗ є:

- можливість побудови кольорових картограм місцевизначених параметрів у вигляді контурних карт і поверхонь;
- можливість побудови картограм заданих норм внесення технологічних матеріалів і запису цих картограм на магнітні (оптичні) носії;
- наявність виводу інформації на друк;
- можливість роботи з прошарками польових даних і частковими їх вибірками;
- "дружній" до користувача інтерфейс і зручна система підказок і меню;
- можливість "накладання" та "стиківки" базових картограм і польових даних;
- формат, що застосовується для зчитування і представлення баз місцевизначених даних;
- спроможність програми до імпорту та експорту різних форматів польових даних і їх сумісного аналізу;
- можливість запису і корегування допоміжних даних, таких як норми і дози технологічних внесень, погода, дата, напрямок вітру, типи робочих органів сільськогосподарських машин і знарядь тощо;
- можливість працювати з фотографіями і малюнками "фонового" плану;
- наявність загальноприйнятих інструментів графічного редагування;
- автоматична "перецентровка" екрану дисплея у разі виходу курсору за межі екрану;
- наявність технічного супроводу ПЗ з боку виробника;
- вартість ПЗ;
- системні вимоги до апаратних засобів, тощо.

Виходячи з цих умов можна рекомендувати до використання такі програмні продукти, як наприклад:

- AgLink for Windows компанії Agris - багатоплановий професійний програмний продукт для офісного використання;

- Gold Star - просте для використання ПЗ для моніторингу врожайності зернових;
- OmniLog – простіший програмний продукт (рівня DOS) для роботи з датчиками координат супутникової навігаційної системи;
- Field Works – спрощений аналог програми AgLink for Windows;
- MicroTrak System – повний набір програм для моніторингу урожайності сільськогосподарських культур, відбору проб ґрунту;
- ArcView for Windows – одна з базових програм рівня ГІС;

Як зазначено вище, для українських спеціалістів бажано використовувати комп'ютерні програми для ТЗ вітчизняної розробки, тому дана лабораторна робота виконується на базі програмного продукту AgroLog, що розроблений проблемною лабораторією точного землеробства НУБіП України.

Загальні відомості про програмне забезпечення AgroLog

Програма AgroLog призначена для збору та реєстрації місцевизначених параметрів сільськогосподарських угідь при роботі з датчиками світових координат глобальної системи позиціонування (ГСП), що видають розрахунки обчислених координат в форматі NMEA через порт RS232 з одночасним синхронним записом сигналів, що йдуть з виходу аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) на ЕРР порт комп'ютера.

Програма використовується при дослідженнях в галузі технологій точного землеробства для візуалізації траєкторії руху машинно-тракторного агрегату (МТА), визначення місцезнаходження МТА в полі, для збору та реєстрації місцевизначених параметрів сільськогосподарських угідь шляхом відбору відповідних проб та реєстрації координат місць відбору проб, для визначення щільності популяцій шкідників сільськогосподарських культур, для реєстрації в реальному часі таких параметрів як, щільність та механічний стан ґрунту, рівень навантажень та збурень, що діють на сільськогосподарську машину тощо.

Програма працює в двох основних (робочих) і одному додатковому режимах. Основними режимами роботи програми є режим "автозапис" та режим "ручний".

Режим "автозапису" дозволяє автоматично в польових умовах проводити синхронно з визначенням світових координат місцезнаходження МТА в полі запис поточних параметрів механізованого технологічного процесу, що виконується. Запис всіх параметрів технологічного процесу ведеться в текстовий файл формату *.csv.

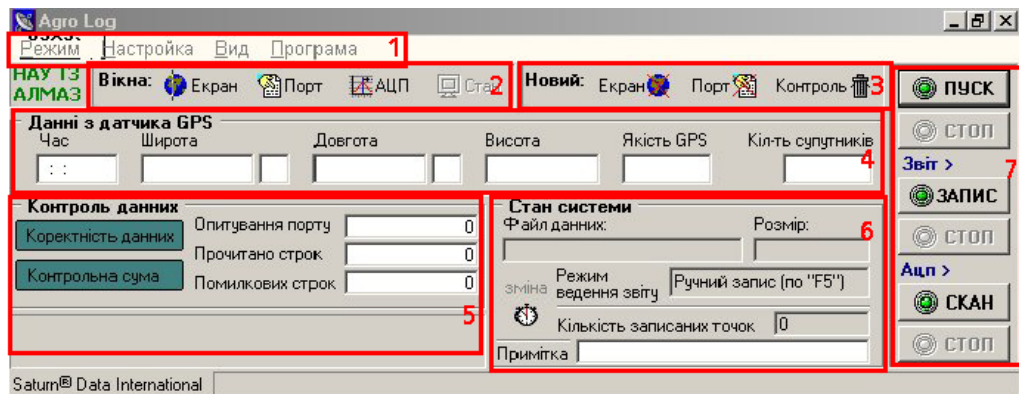
Режим "ручний" дозволяє реєструвати світові координати будь-якого місця на полі, де відбувається відбір (взяття, запис) параметрів сільськогосподарського поля. Запис також ведеться в файл формату *.csv.

Додатковий режим "demo" дозволяє в вікні GPS графічно відтворити інформацію з любого з файлів формату *.gga або *.txt, які записані програмою AgroLog раніше. Обчислені координати в форматі NMEA на порт RS232 комп'ютера від датчика координат GPS при цьому не надходять.

Графічний інтерфейс користувача.

Графічний інтерфейс користувача складається з чотирьох вікон: основного, екрану GPS, даних датчиків АЦП, даних з COM порту.

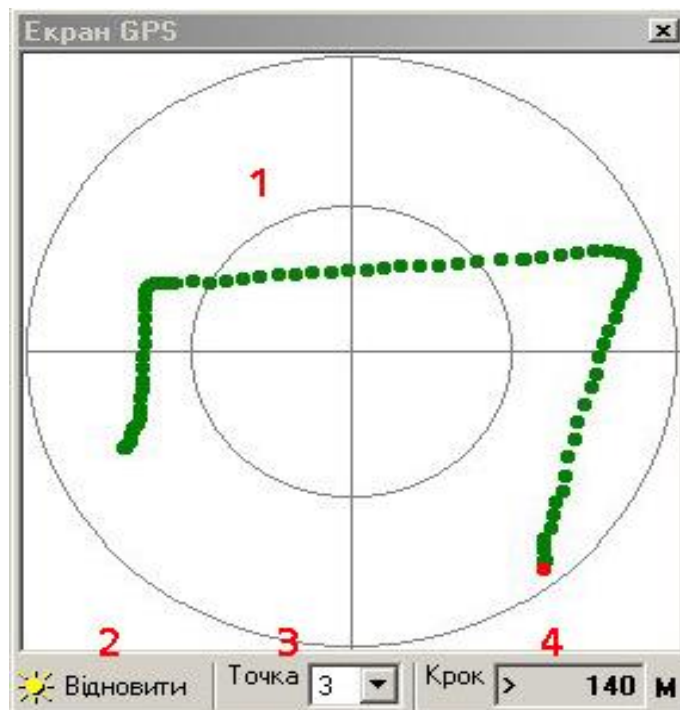
Основне вікно:



Основне вікно складається з семи зон:

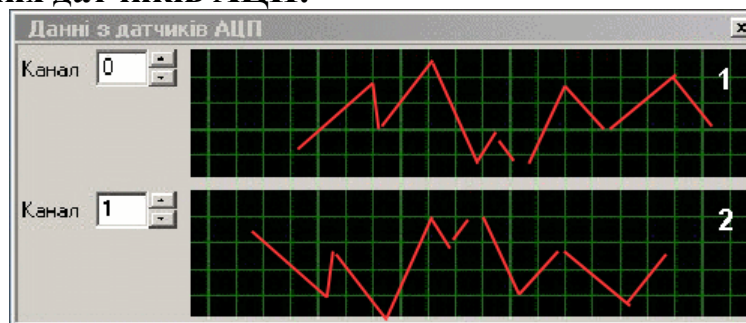
- 1 – меню програми;
- 2 – включення/виключення відповідних вікон;
- 3 – приведення відповідних вікон в "нульовий" стан;
- 4 – візуалізація GPS даних;
- 5 – контроль надходження даних з COM порту;
- 6 – переключення режимів "автозапис"/"ручний" і контроль цих режимів;
- 7 - включення/виключення відповідних станів роботи програми.

Вікно екрану GPS:



- 1 – візуальне відтворення координат місцезнаходження МТА в полі на фоні "мішені";
- 2 – очищення екрану від "сміття";
- 3 – величина точки на екрані;
- 4 – величина кроку поділок "мішені";

Вікно даних датчиків АЦП:



Вікно даних датчиків АЦП уявляє з себе електронний осцилограф з двома екранами візуалізації: 1 та 2. Візуалізувати можливо любий з каналів АЦП по яких до комп'ютера надходять біжучі дані технологічного процесу, що виконується.

Вікно виводу даних з СОМ порту:

В цьому вікні у вигляді біжучих знизу-наверх рядків виводяться дані, що надходять до СОМ порту комп'ютера.

Меню програми:

Режим – дозволяє переключатися між режимами "Робочий", "Demo" або виходити з програми.

Настройка – дозволяє входити в вікно настройки датчика GPS, екрану GPS, датчика АЦП, та загальних настройок.

Настройки датчика GPS – дозволяє налаштувати номер порта прийому даних з датчика GPS, швидкість передачі даних, частоту опитування порту та визначати назву файла прямого запису даних з СОМ порту;

Настройки екрану GPS – надає можливість змінювати коефіцієнт перерахунку кутових координат в лінійні та обирати число поділок "мішені" на екрані GPS;

Настройки датчика АЦП – керує послідовністю запуску драйвера АЦП та номером каналів АЦ, що будуть відображені на електронному осцилографі;

Загальні настройки – керують файлами та режимом запису звіту.

Вид - включення/виключення основних вікон програми.

Порядок виконання роботи

1. Провести інсталяцію ПЗ AgroLog на офісний (лабораторний) комп'ютер і ознайомитись з концепцією його побудови, принципом роботи та можливостями.
2. Записати призначення програми і надати стислі загальні відомості по програмі.
3. Описати графічний інтерфейс користувача і призначення "вікон" програми.
4. Описати призначення кожної позиції меню програми.

5. Подати призначення "гарячих" клавіш програми.
6. У відповідності з наданим викладачем файлом даних, вивести у вікно екрану GPS координати руху сільськогосподарського об'єкту і роздрукувати ці дані на принтері (роздруківку додати до звіту).

Контрольні запитання

1. Пояснити сфери призначення програмного забезпечення AgroLog.
2. З яких вікон складається графічний інтерфейс користувача? Їх призначення?
3. В яких режимах дозволяє працювати програма?
4. В які файли записуються поточні дані? Пояснити структуру цих файлів.

Практична робота № 2

Використання обладнання ГСП для картографування місцевизначених параметрів поля

Мета роботи - отримати знання з основ використання в практичній роботі обладнання супутникової глобальної системи позиціонування (ГСП).

Теоретичні передумови

ГСП побудована на радіонавігаційній супутниковій системі, яка дозволяє визначати місцезнаходження машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі у світових координатах (широта, довгота, висота). ГСП складається з 24 робочих супутників, які обертаються довкола Землі з швидкістю близько 2 оберти на добу по орбіті, що розташована на відстані близько 20.2 тис. км від поверхні Землі. Точність визначення координат МТА залежить від принципу побудови системи позиціонування, а також від технологічного рівня обладнання (наприклад, обладнання, що використовується для виконання даної лабораторної роботи має похибку визначення координат МТА в полі на рівні ± 2 м). В цілому точність визначення координат об'єкту (рухомого або нерухомого) у випадку супутникових ГСП може сягати декількох сантиметрів і обмежується, в основному, фінансовими міркуваннями.

На рис. 1 схематично показано принцип роботи ГСП, який полягає в тому, що МТА, на якому змонтований приймач сигналів ГСП, повинен "бачити" не менше чотирьох супутників одночасно. Це є мінімально необхідною умовою обчислення координат місця знаходження МТА в полі в режимі 3D. Ці координати разом з інформацією про рівень факторів, що визначають умови проведення механізованої технологічної операції, дають повну інформацію про шляхи оптимізації роботи агрегату. Тому важливо володіти навичками користування обладнанням супутникової системи навігації.

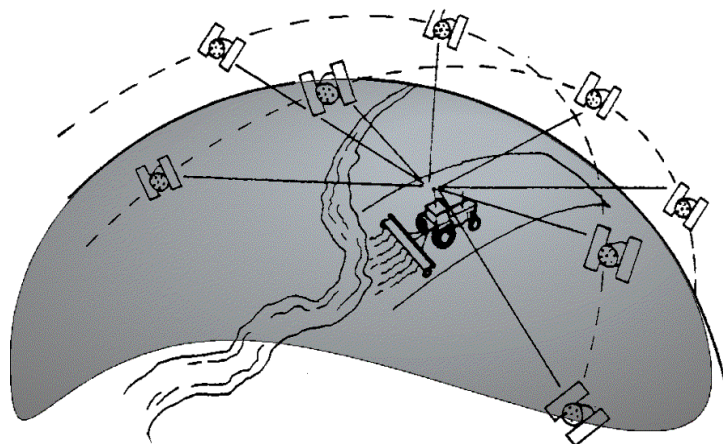


Рис. 1. Супутникова система навігації

За певних причин, радіосигнал, що іде з супутників, має викривлення, і це приводить до зниження точності розрахунку координат. Виправити

ситуацію допомагають спеціальні наземні станції, які передають в ефір так звані "диференціальні" поправки, як додаток до сигналів супутників. Такі поправки називаються диференціальним сигналом, самі станції – станціями диференціального сигналу (рис. 2), а режим роботи обладнання в такому випадку називають диференціальним (ДГСП).

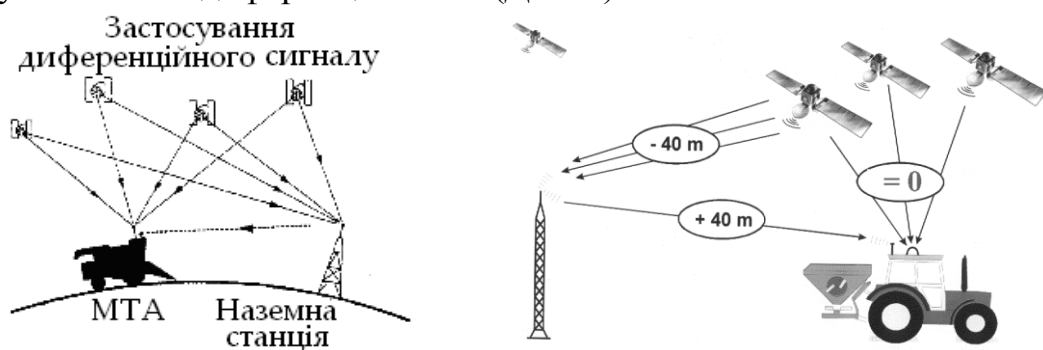


Рис. 2. Диференціальна станція та результат її роботи

Точність обчислення координат рухомого об'єкту у разі роботи в режимі ДГСП значно покращується, що є важливим моментом в застосуванні супутникових систем позиціонування при виконанні механізованих технологічних процесів в сільському господарстві.

Обладнання, матеріали і умови проведення роботи

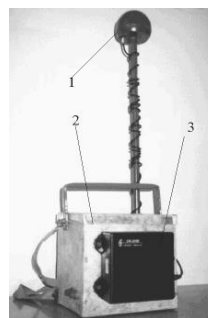
При виконанні роботи використовується мобільна система ГСП, яка складається із мобільного переносного комп'ютера, приймача сигналів з супутниковою антеною і акумуляторів (рис. 3).

Електромережа комп'ютера приєднана до акумуляторів з напругою 16 В. Комп'ютер встановлений на робочій панелі, яка за допомогою ременів знаходиться перед оператором.

Антенa 1, джерело живлення 2 та приймач Н-3700 (виробництво – Україна) сигналів ГСП - 3 розміщені у ранцевому відділенні за спиною оператора. При проведенні дослідів оператор (наприклад, спеціаліст з захисту рослин) рухається по полю, вишукує ділянки з вогнищами хвороб та шкідників сільськогосподарських культур і записує координати обмежувальних границь цих вогнищ. Координати записуються в пам'ять комп'ютера. Потім за цими даними, в світових координатах (широта, довгота), будуються електронні картографи місцевизначених ділянок з ознаками хвороб та шкідників сільськогосподарських культур.



а)



б)

Рис. 3. Споряджене мобільне обладнання (а) та приймач сигналів з супутниковою антеною і акумуляторами (б).

Зазначені картограми використовуються як завдання на проведення робіт із внесення пестицидів на операціях захисту рослин від шкідників і хвороб.

На рис. 4 показана блок-схема приймача сигналів ГСП, що складається з плат приймача навігаційної інформації, синтезатора, стабілізатора напруги (плата ВДЖ), високочастотного блоку (ВЧ), антенного блоку та роз'єму вводу-виводу сигналу (RS-232).

Технічна характеристика датчика координат СН-3700

Кількість паралельних каналів прийому L1-діапазону....	14
Точність визначення навігаційних параметрів, м;	
планових координат.....	10
в диференційному режимі.....	2-5
складових вектору швидкості, м/с.....	0,1
Час початку визначення координат, не більше, с	
холодний старт.....	180
гарячий старт.....	90
Інтерфейс.....	RS - 232
формат даних.....	0183 NMEA
Швидкість обміну даними, біт/с.....	50 - 19200
Напруга живлення, В.....	12
Потужність споживання, Вт.....	7
Маса, кг.....	2,5

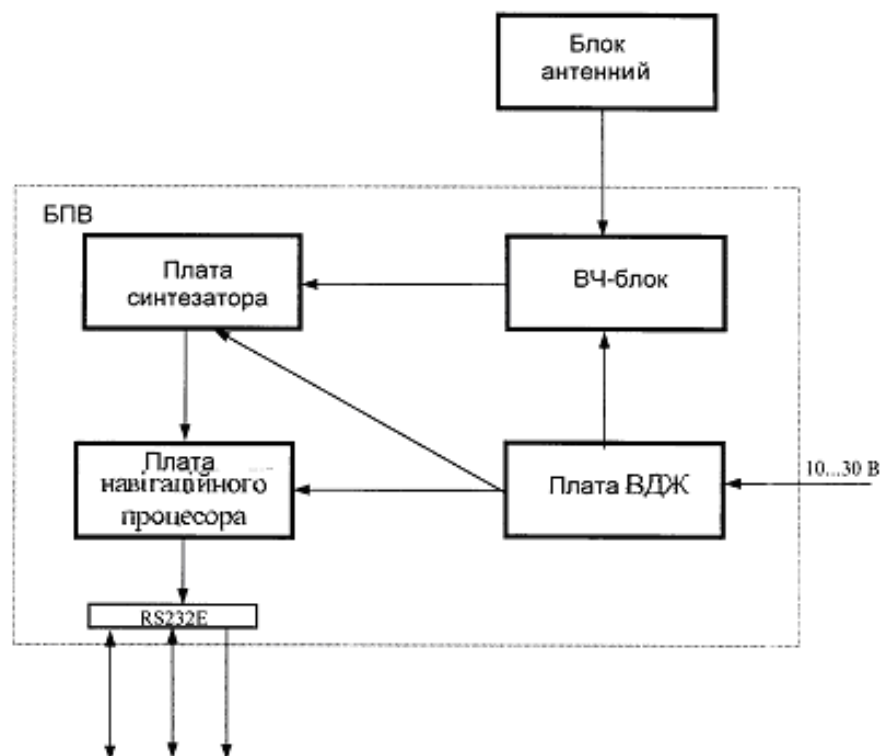


Рис. 4. Блок-схема датчика СН-3700

Дані, що їх отримує навігаційна система, повинні бути сформовані в загальний масив певного формату з можливістю наступного його аналізу. Одним з найбільш поширених у світовій практиці базових форматів для реєстрації місцевизначених даних є формат NMEA (National Marine Electronics

Association). Цей формат передачі цифрових даних розроблений Національною морською електронною асоціацією США з метою обслуговування заходів загальносуспільної безпеки.

Інформація про координати місця знаходження оператора з обладнанням ГСП фіксуються переносним комп'ютером з встановленим програмним забезпеченням (AgroLog) і записуються на магнітний носій.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з лабораторним обладнанням, принципом його роботи.
2. Спорядити лабораторне обладнання у відповідності до рис. 3.
3. На відкритій місцевості включити обладнання, запустити необхідне програмне забезпечення, налагодити систему на сталий прийом сигналів ГСП
4. Вийти на межі ділянки вогнища шкідників (зону вказує викладач).
5. Обійти ділянку вогнища шкідників і зареєструвати за допомогою комп'ютера координати 30-50 точок по периметру вогнища.
6. Перейти до роботи з офісним комп'ютером: за допомогою програми MS Excel прочитати файл з координатами контуру вогнища шкідників.
7. Побудувати картограму географічного розташування вогнища шкідників.
8. В звіті навести стислі теоретичні відомості, описати процес виконання роботи. Подати схему спорядження лабораторного обладнання. Навести картограму вогнища шкідників. Записати висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Пояснити необхідність реєстрації місцевизначеної інформації для реалізації технологій ТЗ?
2. З яких основних елементів складається ГСП?
3. Пояснити принцип роботи ГСП.
4. Які принципові відмінності диференціального режиму ГСП від звичайного?

Практична робота № 3

Аналіз формату передачі даних обладнання ГСП

Мета роботи – ознайомитись з структурою формату передачі даних при роботі обладнання ГСП і набути практичних навичок з аналізу структури файлів навігаційних даних.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

1. Лінія передачі даних

Для передачі даних використовується двох-направлений послідовний інтерфейс RS-232C (СОМ-порт). Підключення проводиться по схемі нуль модему (використовуються тільки 3 лінії: прийом, передача і загальний).

2. Формат передачі даних

Дані передаються у вигляді пакету речень. Формат речень наступний:

\$AAAAA <дані> *hh,

де: \$ - символ початку речення;

AAAAA – п'яти-символьна адреса (ім'я) речення;

дані – дані, що передаються;

* - символ закінчення полів даних;

hh - байт контрольної суми.

У прийнятих реченнях адреса речення складається з двосимвольного коду передавача і трьох-символьного формувача, що вказує формат і тип даних. Дані передаються полями. Поле - це набір алфавітно-цифрових символів змінної довжини, обмежених роздільником. Роздільником полів є символ коми.

3. Особливості реалізації формату

Майже в усіх реченнях передбачається видача часу і дати з урахуванням введеної поправки поясного часу.

Координати користувача передаються у системі координат WGS-84. При використанні систем координат, відмінних від WGS-84, речення **Z_DTM** повідомляє про систему координат, визначувану користувачем (999), а конкретний тип системи координат, що використовується, може бути одержаний з речення **PORZX**.

Для приладів, що мають власний дисплей і клавіатуру, настройка поясного часу і системи координат проводяться роздільно для системи індикації і для передачі по послідовних портах.

Після включення живлення датчика світових координат, для послідовних портів діють наступні настройки:

- система координат - WGS-84,
- час по Гринвічу
- висота - над рівнем моря (геоїдом).

Перелік речень, що формуються апаратурою:

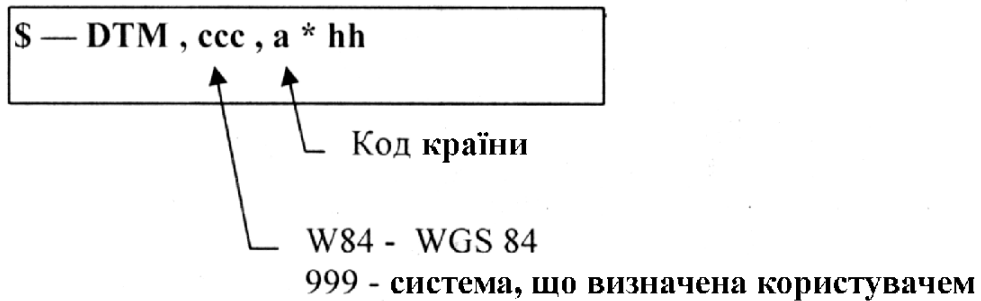
- DTM - індикатор геодезичної системи;
- GGA - місце по GPS;
- GLL - координати місця;
- GSA - GPS чинник погіршення точності; що діють на НКА;
- GSV - видимі супутники GPS;
- RMC - рекомендований мінімальний набір даних GPS;
- VTG - шляховий кут і швидкість щодо землі;
- ZDA - час і дата;

Примітка:

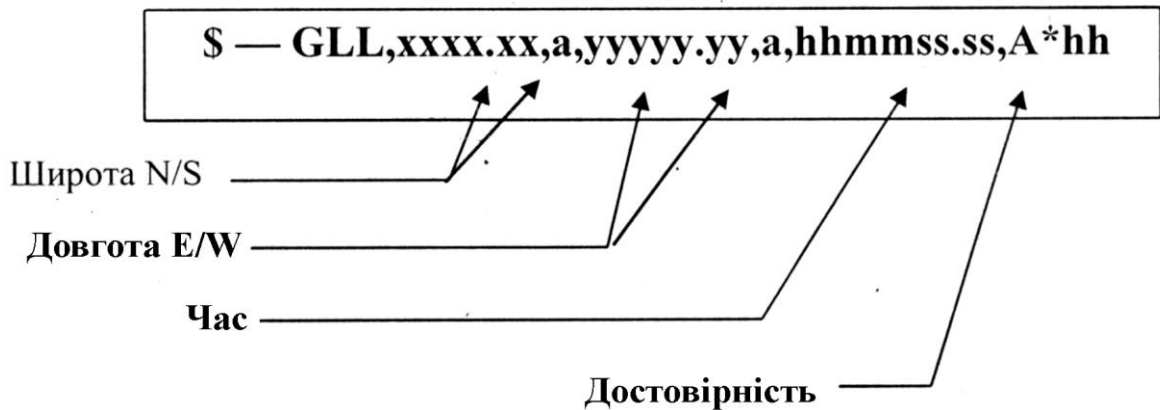
* Під GPS маються на увазі системи NAVSTAR і ГЛОНАСС, при цьому номери НКА ГЛОНАСС мають зсув +33.

Структура основних речень, що формуються апаратурою, наступна:

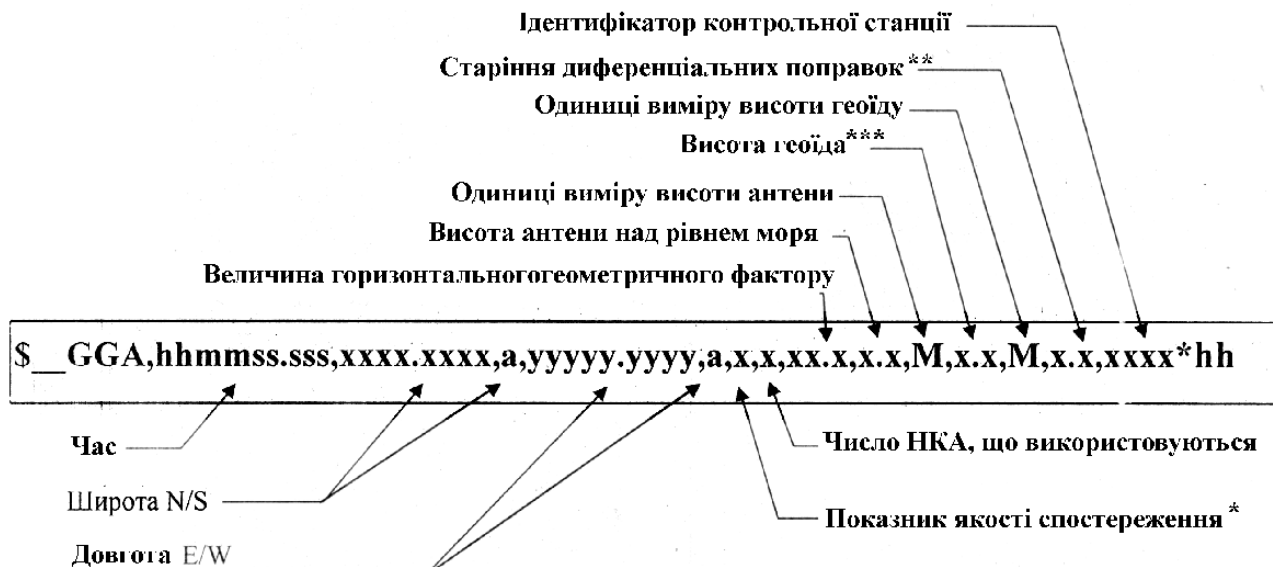
- **DTM** – визначає тип системи координат, що використовується:



- **GLL** – подібне до GGA речення з даними про місцезнаходження об'єкту у відповідності до ГСП, але має скорочений вигляд;



- **GGA** – дані з місцезнаходження по ГСП:



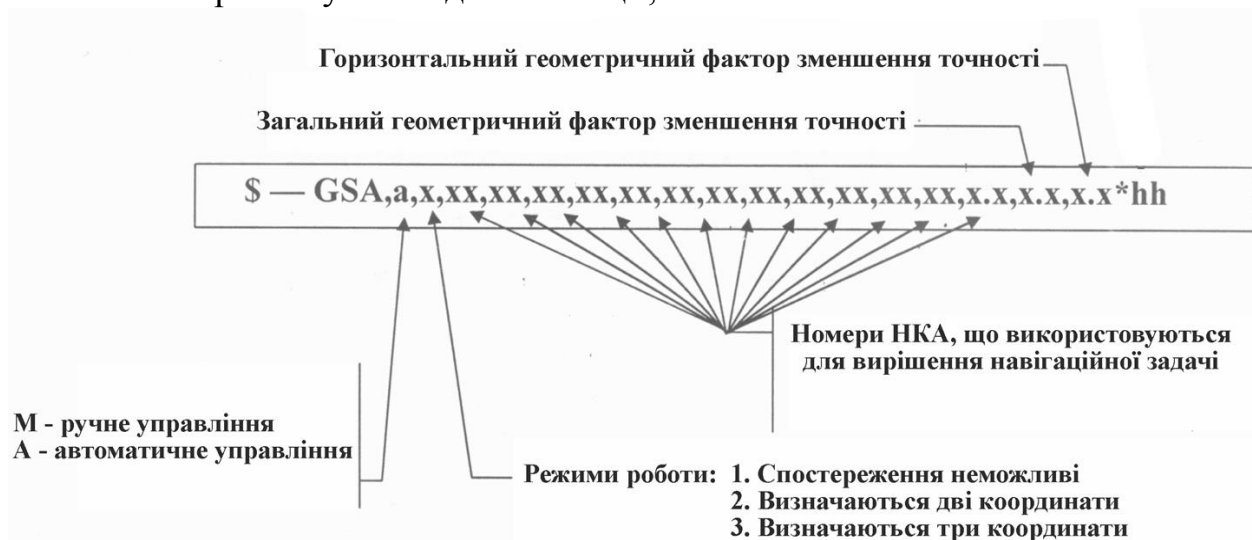
Примітка:

* – показник якості спостереження: 0 - визначення місця не відбувається; 1 – розрахунок координат відбувається; 2 – визначення координат в диференціальному режимі.

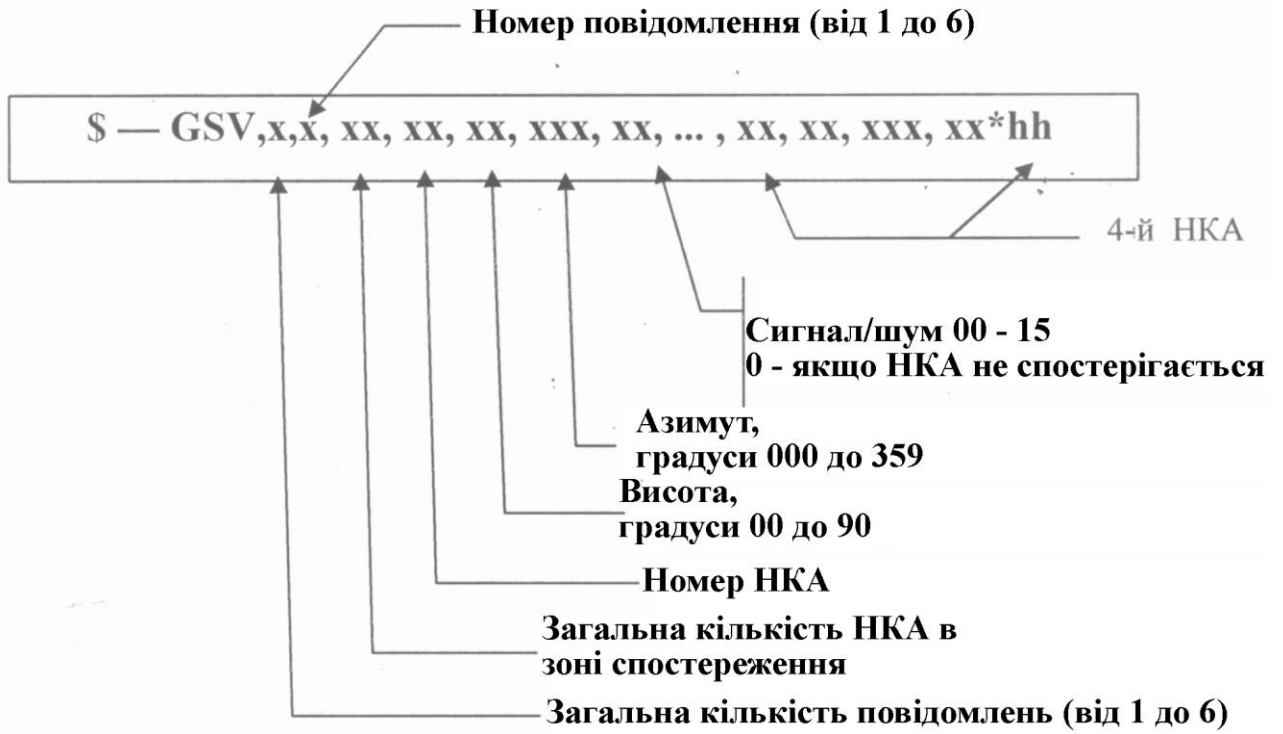
** – час у секундах після отримання останньої диференціальної поправки. Нульове поле використовується для випадку виключення диференціального режиму;

*** – поправка на висоту геоїда.

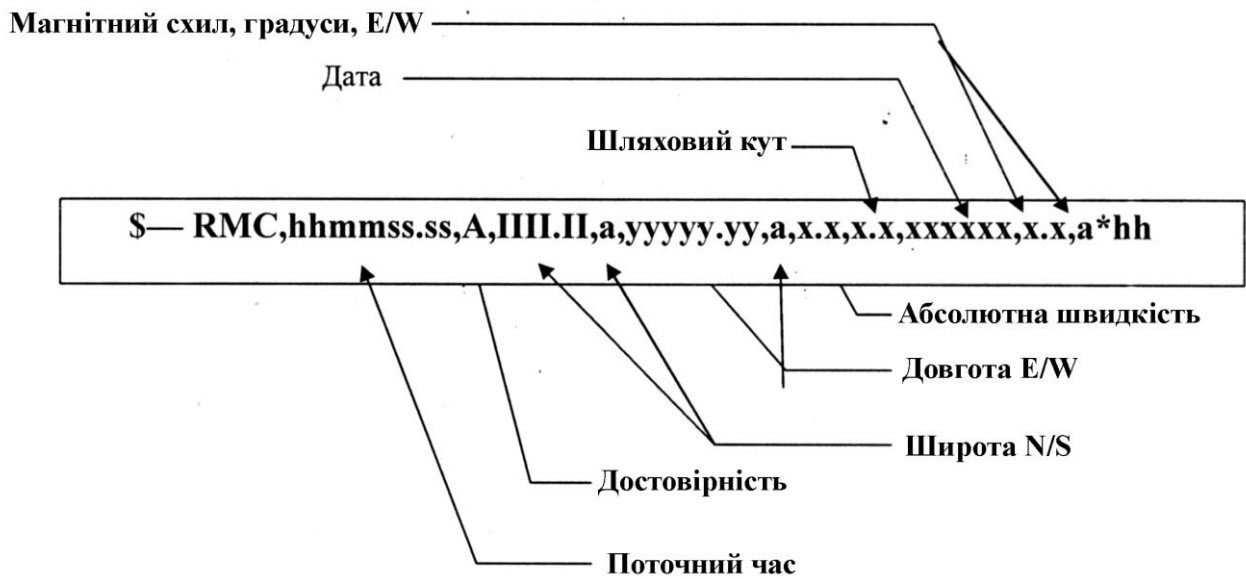
- **GSA** – відомості про навігаційні космічні апарати, що використовуються для навігації;



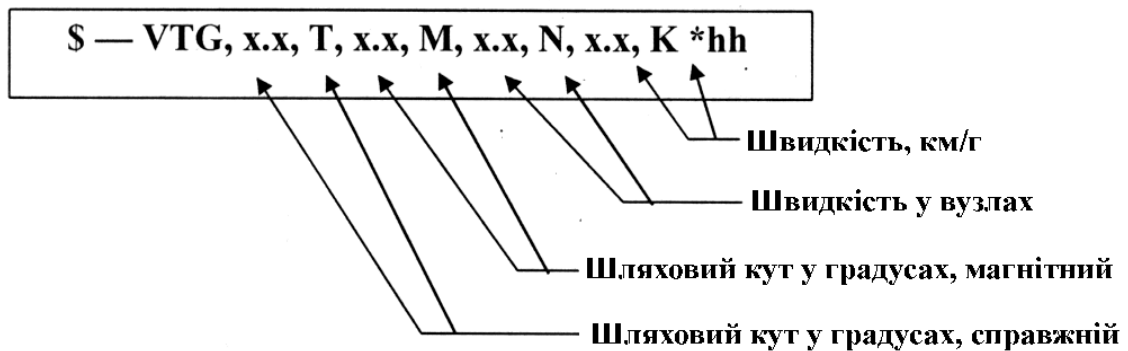
- **GSV** – кількість НКА в зоні радіовидимості – надає дані з кількості НКА в зоні спостереження, кута висоти, азимуту та співвідношення сигнал/шум, що передається умовних величинах від 0 до 15.



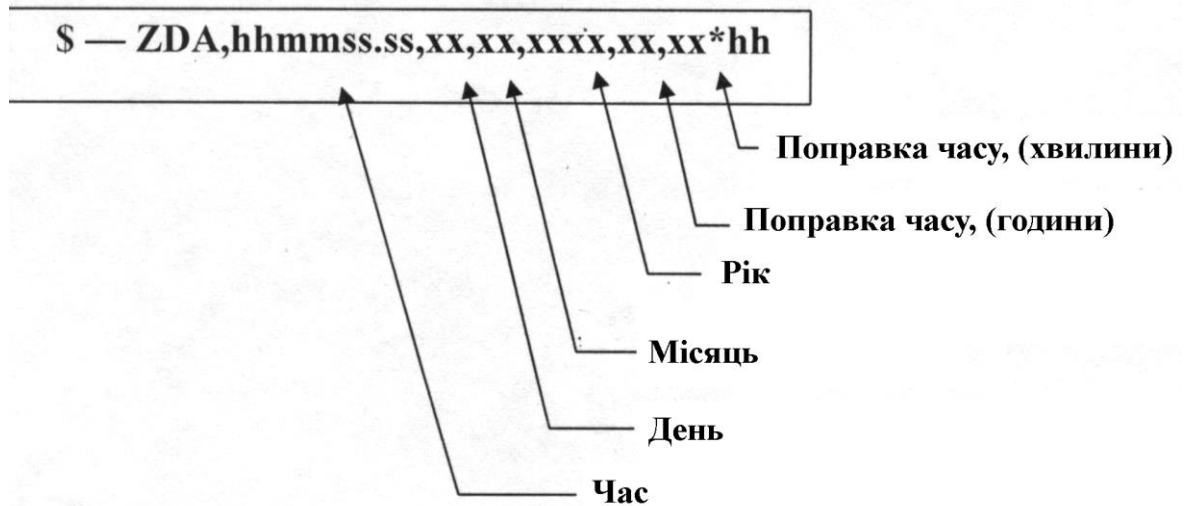
- **RMC** – найбільш важливе речення, стосовно кінематичних параметрів руху МТА:



- **VTG** - шляховий кут і швидкість щодо поверхні:



- **ZDA** - час і дата;



4. Обладнання, матеріали і умови проведення роботи

Для виконання практичної роботи використовуються наступні прилади ГСП:

датчик координат RoyalTrack RGM-1000 (рис. 1);
датчик координат eTrex Vista (Garmin) (рис. 2).

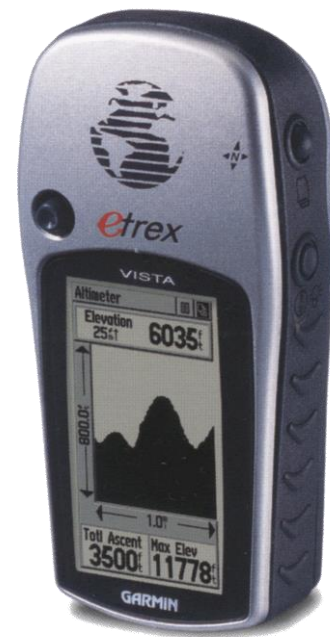
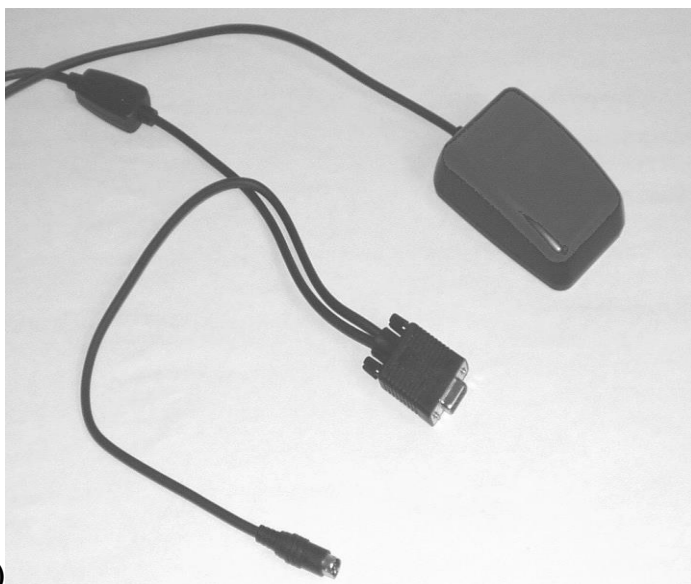


Рис. 1. Датчики координат RoyalTrack RGM -1000 (а) та eTrex Vista (б).

Датчики координат призначені для автоматичного безперервного визначення навігаційних параметрів рухомих об'єктів відповідно до радіосигналів систем ГСП NAVSTAR (США) та ГЛОНАС (Росія) і складаються з блока приймального, антени та комплекту кабелів.

Обладнання має такі можливості:

- автоматичне, в реальному часі визначення географічних координат місцевизначення об'єкта, геодезичної висоти, точного часу та складових

- вектору швидкості руху об'єкта по відкритим кодам супутникової системи навігації NAVSTAR та ГЛОНАС;
- режим "all in view" при роботі по системі NAVSTAR та ГЛОНАС та автоматичний вибір оптимального сузір'я супутників при роботі в суміщеному режимі;
 - введення та врахування корегуючої інформації для вирішення задач навігації при роботі в диференціальному режимі;
 - формування і вивід навігаційної інформації по цифровому інтерфейсу RS-232;
 - формування секундних позначок часу.

При виконанні лабораторної роботи, датчики координат використовують разом з портативним комп'ютером, що оснащений програмним забезпеченням "AgroLog".

Робота виконується на відкритому майданчику в умовах наближених до польових.

5.1. Порядок виконання роботи

- 5.1.1. Ознайомитись з лабораторним обладнанням, принципом його роботи та з програмним забезпеченням.
- 5.1.2. Спорядити лабораторне обладнання.
- 5.1.3. На відкритій місцевості включити обладнання, запустити програмне забезпечення AgroLog, налагодити систему на сталий прийом сигналів ГСП.
- 5.1.4. Налагодити програму AgroLog через меню "Настройка - Датчик GPS" - на режим "Прямий запис з порта в файл" і вибрати назву файлу виду Port*r(e).txt,
 - де * - номер ланки в групі (задає викладач);
 - r - датчик координат RoyalTrack RGM -1000;
 - e - датчик координат eTrex Vista.
- 5.1.5. Записати координати місцезнаходження оператора за допомогою датчика координат eTrex Vista, а потім RoyalTrack RGM -1000 на протязі 15-20 секунд для кожного датчика.
- 5.1.6. Перейти до роботи з офісним комп'ютером:
 - за допомогою текстового редактора прочитати отримані файли даних;
 - проаналізувати файли даних і виписати пакет речень з одного із файлів даних.
- 5.1.7. В звіті навести стислі теоретичні відомості, вибрати з пакету речень одне речення з назвою \$AA*** (***) - задає викладач) і описати всі дані, що входять до речення.

Практична робота № 4

Відбір зразків ґрунту для побудови картограм рівня поживних елементів по площі поля при агрохімічному аналізі ґрунту

Мета роботи – ознайомитись з методикою відбору зразків ґрунту для визначення вмісту поживних елементів та отримати знання з основ використання обладнання супутникової глобальної системи позиціонування (ГСП) для реєстрації координат місцевизначених параметрів поля.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

Для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідно створити оптимальні умови їх розвитку. При сприятливому поєднанні всіх факторів, які впливають на розвиток рослин можливо очікувати максимальну продуктивність поля і високу якість врожаю. В практиці землеробства частіше всього доводиться зустрічатися з недостатньою кількістю поживних речовин, які необхідні рослині. Але відомо також, що надлишок певних елементів в ґрунті (наприклад, азотних добрив) може привести до значного зниження якості продукції.

Для нормального розвитку рослини потребують багатьох хімічних елементів, які поглинаються коренями у вигляді мінеральних солей. Відомо, що до складу рослин входять майже всі елементи Періодичної системи Менделєєва. В даний час вивчено дію тієї частини елементів, які поглинаються рослинами в найбільшій кількості. До них відноситься: азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, тобто, так звані мікроелементи.

В різних ґрунтово-кліматичних умовах потреба в кожному з елементів живлення неоднакова, але в будь-яких умовах для формування високого урожаю сільськогосподарських культур насамперед потрібні азот (N), фосфор (P_2O_5), калій (K_2O).

Методика визначення вмісту поживних елементів в ґрунті передбачає необхідність відбору ґрунтових зразків з ділянок дослідного поля, та подальший їх агрохімічний аналіз.

Аналіз вмісту поживних елементів, що містяться в ґрунті може проводитись по двох схемах (рис 1.)

При застосуванні першої схеми - з використанням стаціонарної агрохімлабораторії - від початку аналізу до вироблення рекомендацій по внесенню добрив проходить від декількох днів до декількох тижнів, а по другій схемі - в значно коротші строки.

Як видно з рис. 1., кінцевим етапом визначення вмісту поживних елементів у ґрунті для обох схем є формування масивів даних з агрохімічних параметрів ґрунту, іншими словами - збір інформаційного урожаю.

Інформаційний урожай лежить в основі технологій точного землеробства (ТЗ) – способу виробництва продукції рослинництва, який базується на застосуванні змінних норм внесення (ЗНВ) технологічних матеріалів (ТМ - насіння, добрив, пестицидів) у відповідності до потреб рослин на кожній

елементарній ділянці поля. Технології ТЗ базуються на використанні глобальної системи позиціонування (ГСП), географічної інформаційної системи (ГІС) та технологіях ЗНВ ТМ. ГСП побудована на радіонавігаційній супутниковій системі, яка дозволяє визначати місцезнаходження машинно-тракторного агрегату (МТА) в полі у світових координатах (широта, довгота, висота).



Рис. 1. Схеми визначення вмісту поживних елементів у ґрунті

Точність визначення координат МТА залежить від принципу побудови системи позиціонування, а також від технологічного рівня обладнання, і в цілому може досягати декількох сантиметрів.

Обладнання, матеріали і умови проведення роботи

Перед взяттям зразків ґрунту поле після збирання сільськогосподарської культури або перед сівбою розподіляється на залікові ділянки площею близько 2500 м^2 , $c = d = 50 \text{ м}$ (рис.2). Відбір зразків ґрунту проводиться за допомогою бура-щупа по осі ділянки вздовж гону. Зразки ґрунту відбираються на відстані $a = b = 25 \text{ м}$ від краю поля. Об'ємом зразка ґрунту бура-щупа становить 35 см^3 .

Запис координат ділянок поля проводиться за допомогою обладнання подібного до того, що описане в роботі № 2.

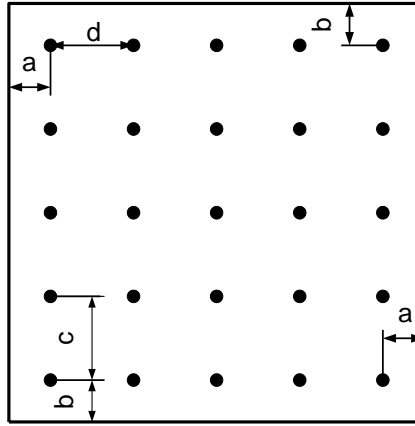


Рис. 2. Схема розміщення місць взяття зразків ґрунту на полі

При проведенні дослідів оператор рухається по полю і записує координати контрольних точок поля. Координати записуються в пам'ять мобільного комп'ютера. Потім ці дані переносяться на стаціонарний комп'ютер. За цими даними, в світових координатах (широти та довготи), будуються електронні картограми місцевизначених параметрів.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з лабораторним обладнанням, принципом його роботи та функціонуванням програмного забезпечення.
2. На відкритій місцевості включити обладнання, запустити програмне забезпечення AgroLog, налагодити систему на сталий прийом сигналів ГСП, перевести програму AgroLog в режим "Ручний запис" у файл з форматом *.txt.
3. У відповідності зі схемою (рис.2) провести реєстрацію координат точок відбору проб ґрунту.
4. Перейти до роботи з офісним комп'ютером: за допомогою програми MS Excel прочитати файл з координатами відбору проб ґрунту.
5. Побудувати і роздрукувати картограму координат місць відбору проб ґрунту.
6. В звіті навести стислі теоретичні відомості, описати процес виконання роботи. Подати схему спорядження лабораторного обладнання і додати роздруківку картограми точок відбору проб ґрунту.

Практична робота № 5

Побудова картограм агрохімічних параметрів ґрунту за допомогою програмного продукту "Surfer"

Мета роботи – ознайомитись з ідеологією, побудовою та призначенням основних структурних елементів програмного продукту для точного землеробства "Surfer". Засвоїти порядок побудови картограм місцевизначених параметрів поля.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

Великою мірою поширенню технологій точного землеробства сприяє розвиток новітнього комп'ютерного обладнання і відповідного програмного забезпечення до нього. Елементи технологій точного землеробства, що застосовуються в сільському господарстві, такі як контроль прибутковості господарства, моніторинг урожайності сільськогосподарських культур або відбір та аналіз проб ґрунту мають справу з великими масивами польових даних. Ці дані необхідно перетворювати в картограми, щоб проводити аналіз польових даних і, таким чином, використовувати корисну інформацію. Тому важливо знати і володіти знаннями з призначення та основ побудови структурних елементів програмних продуктів для точного землеробства. Такі програмні продукти відносяться до класу Географічних Інформаційних Систем (ГІС) і дозволяють, запам'ятовувати, маніпулювати і відображати геовизначені (прив'язані до координат) дані. Це допомагає користувачу технологій точного землеробства краще зрозуміти підходи до виконання польових механізованих операцій в режимі змінних норм внесення технологічних матеріалів.

Одним з програмних продуктів, що широко використовується при запровадженні технологій точного землеробства є комп'ютерна програма Surfer. Surfer - програма, що працює з польовими даними на рівні операцій ґрідінгу з метою побудови контурних, базових, рельєфних, векторних тощо картограм (або поверхонь) для наступного їх аналізу. Програмний продукт Surfer дозволяє інтерполювати нерегулярно розміщені дані з координат і величин місцевизначених параметрів в цих координатах на регулярно розміщені комірки певної сітки (решітки), і записувати ці інтерпольовані дані у файл формату *.GRD. Такі файли будемо називати файлами ґрідінгу. Ґрідінг-файли використовуються, щоб будувати контурні карти і об'ємні поверхні. Програма Surfer надає можливість проводити різні математичні операції над ґрідінг-файлами і це дозволяє вибирати вид контурної карти або зовнішній вигляд поверхні. Можливо керувати абрисом (лінії однакового рівня) та зовнішнім виглядом картограм. Surfer дозволяє об'єднувати окремі картограми в одну карту, додавати малюнки, векторну графіку, текст (анотації), розміщувати будь-яке число картограм в одному проекті. Можливо знайти також об'єм під поверхнею і горизонтальною площиною на яку спирається ця

поверхня або між двома поверхнями; обчислити об'єми вище і нижче горизонтальної площини, що перерізає поверхню, обчислити площу зовнішньої області поверхні і проекцію області поверхні або її частини на горизонтальну площину, створити файл даних що показує перехресний секційний профіль тощо.

Можливо також проводити математичні операції над ґрінг-файлами з метою згладжування масиву польових даних, виконувати аналітичні перетворення і створювати поверхні, що описуються математичними формулами.

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ПРОГРАМИ І ЕТАПИ ПОБУДОВИ КАРТОГРАМИ АГРОХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТУ

Концепція побудови програми Surfer пояснюється схемою на рисунку 1. Surfer включає *Робочий Лист* який дозволяє створювати, продивлятися, змінювати, і зберігати польові дані. Вікно *Робочого Листа* має меню і надає можливості редагувати і переміщувати інформацію в межах робочого листа. Можливо, також, працювати на рівні сценарію макрокоманд, які автоматизують багато процедур програми Surfer. Макрокоманда - це сценарій, який керує ядром програми Surfer. Шляхом створення файлів макрокоманд можливо виконувати прості або комплексні завдання без використання безпосередньої взаємодії з програмою. Саме так працює, наприклад, програма Field Star Yield Mapping при побудові картограм врожайності (вивчається в межах наступних лабораторно-практичних занять).

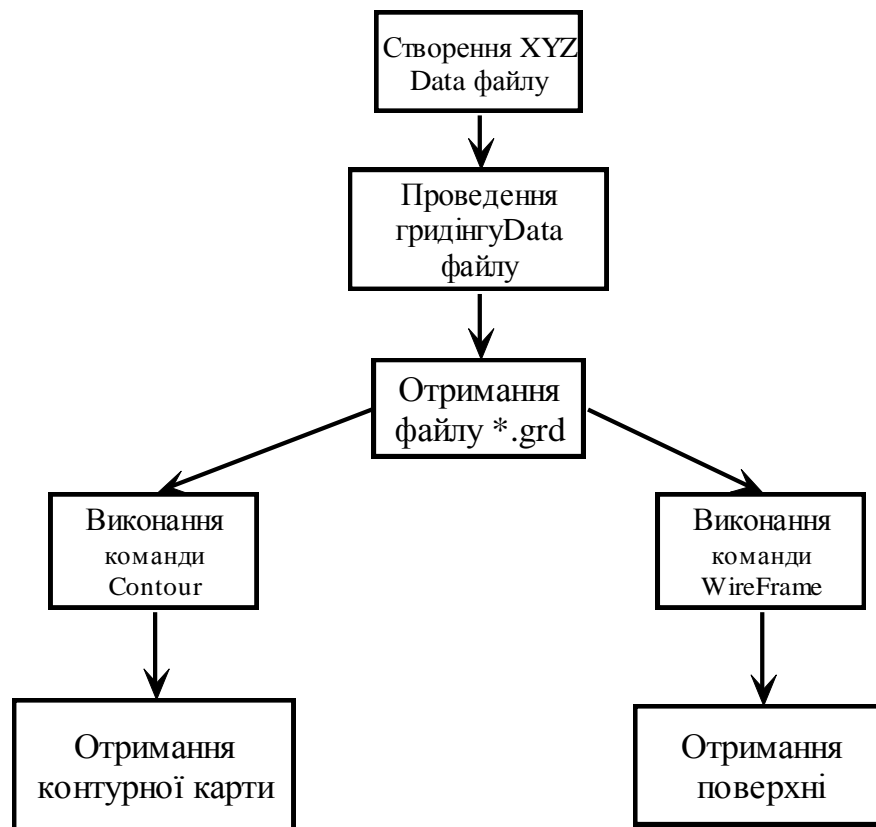


Рис. 1. – Графічна інтерпретація ідеології побудови програми Surfer.

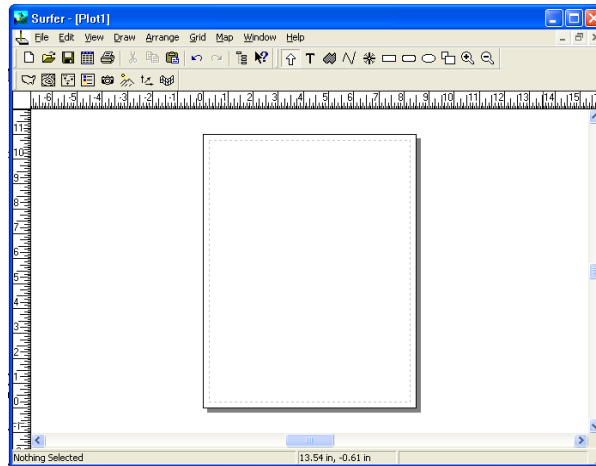


Рис. 2. - Загальний вигляд вікна *Робочого Листа* програми Surfer.

Створення XYZ файлу даних.

Файл даних XYZ - це файли, що мають як мінімум три колонки значень даних. Перші дві колонки складають координати X і Y, а третя колонка відводиться для значень місцевизначених даних Z. Тобто, третя колонка - це значення фактору, що досліджується. Як правило (хоча це не є обов'язковим), розташовують X координату в колонці A, координату Y в колонці B і значення Z в колонці C. Surfer "дивиться" в ці колонки за умовчанням (рис.3).

	A	B	C
1	X Data	Y Data	Z Data
2	0.1	0	90
3	9	3	48
4	1.3	7	52
5	4.7	1	66
6	1.7	5.6	75
7	6	1	50
8	2.5	3.6	60

Рис. 3. - Приклад XYZ файлу.

Відкриття існуючого XYZ файлу.

Вибрати в основному меню *Файл – Відкрити*, або клацнути мишею *Відкрити* на інструментальній палітрі. Відкриється діалогове вікно що дозволяє вибрати файл даних XYZ і продивитися ці дані у відповідному вікні *Робочого листа*.

Створення ґрідінг-файлу.

Для створення ґрідінг-файлу необхідно вибрати в основному меню позиції *Grid / Data*, далі указати шлях до файлу даних (задається викладачем) і відкрити його. Метод ґрідінгу обрати *Kriging* і створити файл *.grd.

Побудова картограм польових даних.

Для побудови картограм польових даних необхідно в основному меню програми обрати позиції *Map – Contour Map – New Contour Map...* і указати шлях до раніше створеного файлу *.grd. Відкрити файл, помітити необхідні опції і виконати побудову контурної картограми місцевизначених даних

Аналогічно будується і картограма розташування точок відбору місцевизначених даних – наприклад, точок відбору проб ґрунту на агрохімічний аналіз – так звана базова карта - *Post Map*.

Створення файлу границь поля.

Файл границь поля представляє з себе файл ASCII (текстового) формату і служить для обмеження видимої частини картограми місцевизначених даних межами поля. Ці файли можуть також використовуватись для декоративних ілюстративних цілей, наприклад, для позначення границь поля лінією. Формат файлу наступний:

```
length, flag
x1,y1
x2,y2
...
xN,yN
```

де *length* – ціле число N, що показує кількість x,y координатних пар;

flag – параметр, що дорівнює 0, коли необхідно показати картограму всередині границь поля, і – 1, коли необхідно показати картограму назовні границь поля.

Файл границь поля створюється за допомогою опцій меню *Map – Digitize*.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з принципом роботи та особливостями програмного забезпечення Surfer. Проаналізувати файл вихідних даних (задається викладачем).
2. За допомогою команди "статистика" знайти найменше значення довготи та широти і привести координати до нормалізованих значень.
3. Провести ґрідінг польових даних.
4. Побудувати базову карту через команду меню "*Map-Post Map-New Post Map*".
5. Створити файл границь поля.
6. Провести ґрідінг польових даних з урахуванням даних файлу границь поля (через команду *Grid – Blank*)
7. Побудувати картограму рівня поживних речовин в ґрунті (через команду "*Map-Contour Map*") у відповідності до заданого варіанту.
8. Накласти базову карту на картограму рівня поживних речовин в ґрунті (через команду меню "*Map-Overlay Map*").
9. Побудувати картограму рівня поживних речовин в ґрунті у вигляді об'ємної картограми. Для цього використати команди меню: "*Map-WireFrame*".

10. Використовуючи команду меню "*Map-Overlay Map*" сумістити об'ємну картограму з контурною картою.
11. Зробити на вільних полях діаграми необхідні підписи та коментарі (ПІБ, курс, група, дата виконання роботи тощо) використовуючи можливості векторної графіки програми Surfer.
12. Зберегти діаграму на дискеті. Роздрукувати картограму на принтері. Роздруківку додати до звіту.
13. Оформити звіт. Записати мету роботи, подати теоретичні передумови виконання роботи, описати концепцію побудови програми Surfer, порядок виконання лабораторної роботи і зробити висновки по роботі.

Практична робота № 6

Обладнання картографування врожайності зернових культур

Мета роботи – вивчити призначення, склад та процес роботи обладнання Field Star для картографування врожайності зернових культур.

ПЕРЕДМОВА

Найбільш поширеним компонентом технологій точного землеробства (ТЗ) можна вважати операції картографування (моніторингу) урожайності сільськогосподарських культур. Саме факт створення спеціалізованого обладнання для реєстрації кількості зібраної сільськогосподарської продукції з кожної елементарної ділянки поля обумовив поширення ідеї місцевизначеного менеджменту. Сьогодні існують технічні засоби картографування врожайності для багатьох культур: від зернових до цитрусових та бавовни (рис. 1.).

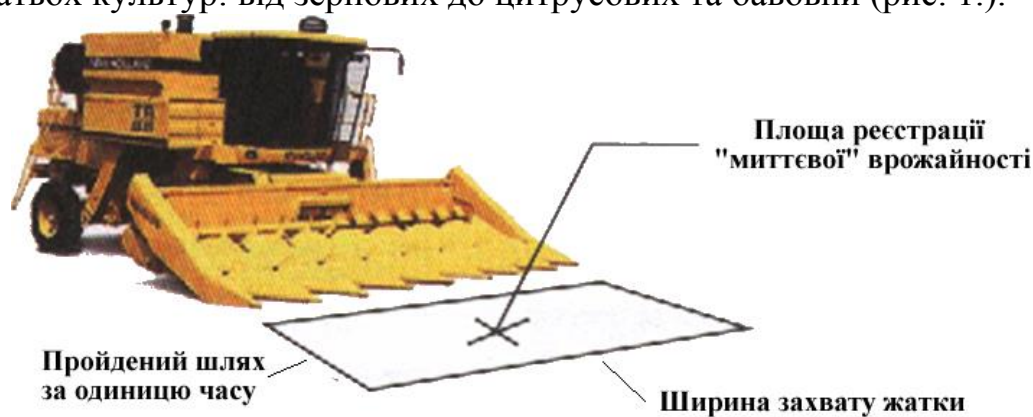


Рис. 1. Принцип роботи системи картографування зернозбирального комбайна.

Принцип роботи більшості систем досить простий: врожайність вираховується як відношення потоку матеріалу до добутку швидкості руху і ширини захвату збирального комбайну:

$$Q = \frac{10\lambda}{BV},$$

де Q - місцевизначена врожайність, т/га;

λ - інтенсивність подачі зерна в бункер, кг/с;

B - ширина захвату жатки, м;

V - швидкість руху комбайна, м/с.

Потік матеріалу λ вимірюють прямим або непрямим методом. У першому випадку вимірюється маса або об'єм всього матеріалу, що збирається, але більш популярні датчики, що працюють за непрямыми принципами виміру (ударні пластинки, електромагнітні сенсори, радіаційні датчики тощо) які визначають "абстрактні" фізичні параметри, але відповідно відкалібровані по відношенню до інтенсивності потоку матеріалу, що вимірюється.

Основними класами збиральних машин в аспекті їх застосування в системі точного землеробства є зернозбиральні комбайни (збирання зернових,

кукурудзи на зерно, соняшника), машини для збирання цукрових буряків, машини для збирання картоплі. Карти врожаю від збиральних машин служать основою всієї стратегії ведення системи точного землеробства.

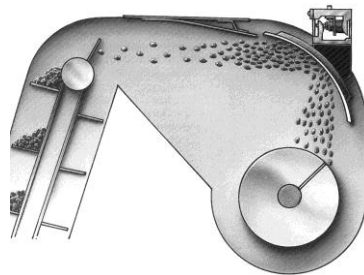


Рис. 2. Датчик маси зерна типу "ударна пластинка".

Схему розміщення датчиків та обладнання для моніторингу врожайності показано на рис. 3:

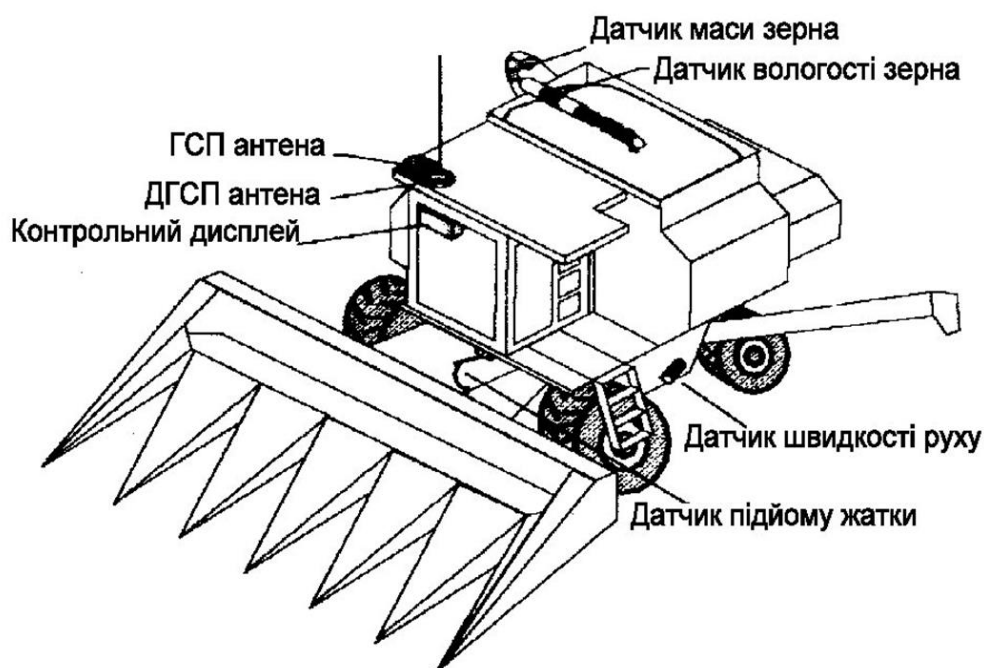


Рис. 3. Мінімальний комплект обладнання для картографування врожайності

В будь-якому випадку кожен з встановлених датчиків працює з певною похибкою, що в кінцевому результаті суттєво зменшує надійність вимірів в окремих точках поля. Так, при збиранні зернових, похибку слід очікувати під час визначення таких параметрів, як інтенсивність потоку зерна, швидкість руху комбайну, дійсна ширина захвату комбайну, вологість зерна (використовується для компенсації нерівномірного вмісту вологи у зерні) тощо. Додатково існують об'єктивні фактори спотворення картограм врожайності. Серед них слід відмітити: непостійний час руху зерна від жатки до бункеру (враховуючи повторний обмолот), втрати врожаю і похибка датчика координат ГСП при визначенні положення комбайна в полі. Для більшості зернозбиральних комбайнів час проходження зерна від зрізу рослини до вивантаження в бункер складає 8-12 секунд. При цьому лише 30% зерна досягають датчика потоку матеріалу в зазначений час.

СИСТЕМА КАРТОГРАФУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ FIELD STAR

До комплексу обладнання Field Star для визначення координат комбайна в полі та реєстрації місцевизначеної врожайності входять (рис 4): бортовий і два робочих комп'ютери, приймальна антена ГСП- та ДГСП-сигналу, контрольний дисплей (термінал), принтер, датчик маси зерна і датчик швидкості руху комбайна. Антену встановлюють на кабіні комбайна.

Сигнали супутникової ГСП – приймаються антеною і обробляються бортовим комп'ютером комбайна у складі контрольного дисплея і системного блоку. Інформація про місце знаходження комбайна у полі у світових координатах (широта, довгота) виводяться на екран контрольного дисплею, а також записуються на магнітний носій – флеш-карту.

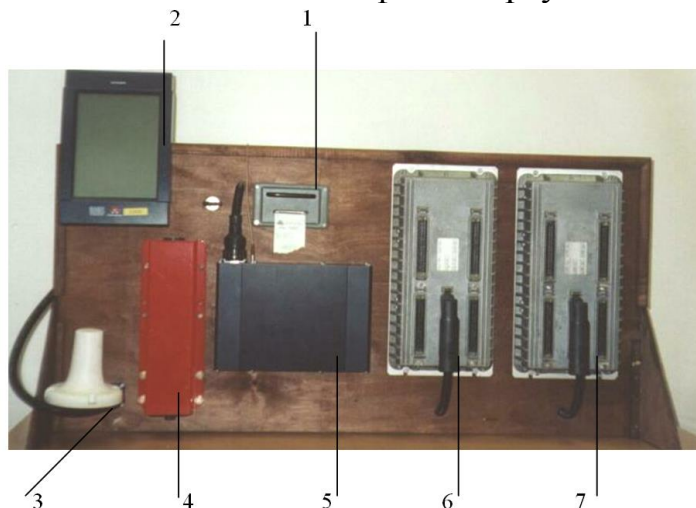


Рис. 4. Обладнання системи картографування урожайності Field Star:

1- принтер; 2- контрольний дисплей (термінал); 3- приймальна антена ГСП; 4- датчик маси зерна; 5- бортовий комп'ютер; 6,7- робочі комп'ютери.

Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовується датчик маси зерна, який складається з джерела γ -випромінювання 1 і детектора 2 (рис. 5).

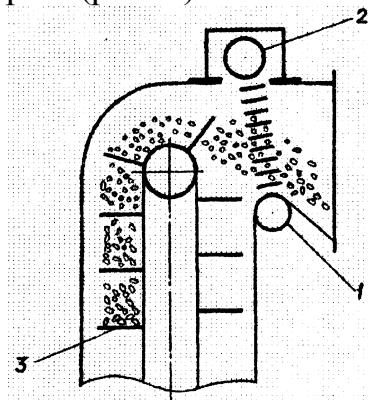


Рис. 5. Схема робочого процесу датчика маси зерна обладнання Field Star: 1 – джерело γ -випромінювання; 2-детектор; 3-зерновий елеватор.

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

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

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

Точність визначення маси зерна датчиком складає $\pm 0,5\%$.

Інформація про рівень місцевизначеної врожайності записується на магнітну картку (рис. 6) об'ємом від 2 до 32 Mb.



Рис. 6. Магнітна картка для запису масивів місцевизначених баз даних.

Така магнітна картка дозволяє записувати інформацію про роботу комбайна на площі не менше 100 гектарів (для картки 2 Mb). Дані з магнітної картки передаються за допомогою спеціального пристрою на офісний комп'ютер і надалі обробляються з використанням програмного продукту Fieldstar Yield Mapping.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Записати призначення обладнання для картографування врожайності зернових Field Star і описати склад і, відповідно, призначення кожного з елементів системи (навести рисунки 1 та 3).
2. Навести схему робочого процесу датчика маси зерна (рис. 5) обладнання Field Star і описати процес його роботи.
3. Скласти функціональну схему обладнання Field Star і описати процес роботи системи.

Практична робота № 7

Застосування програмного продукту "FS Yield Mapping" для побудови картограм врожайності зернових культур

Мета роботи – вивчити призначення, структуру та побудову програмного продукту (ПП) для точного землеробства "FS Yield Mapping". Засвоїти порядок побудови картограм врожайності сільськогосподарських культур.

ПЕРЕДМОВА

Картограми врожайності – це впливовий індикатор доцільності впровадження технологій ТЗ. Якщо вся площа поля має місцевизначену врожайність, що суттєво не відрізняється від середньої і менеджмент відповідає агротехнічним вимогам, то потреба диференціювати такий менеджмент є малодоцільною. З іншого боку, коли картограми сільськогосподарських полів демонструють великі (100% і більше) варіювання врожайності в межах одного поля, то проводити місцевизначений менеджмент необхідно.

Розглянемо, як приклад, результати реєстрації та аналізу місцевизначеної врожайності сільськогосподарських полів центральних регіонів України, що проведені спеціалістами проблемної лабораторії "Точне землеробство" НУБіП України. Зразки картограм врожайності зернових приведені на рис. 1.

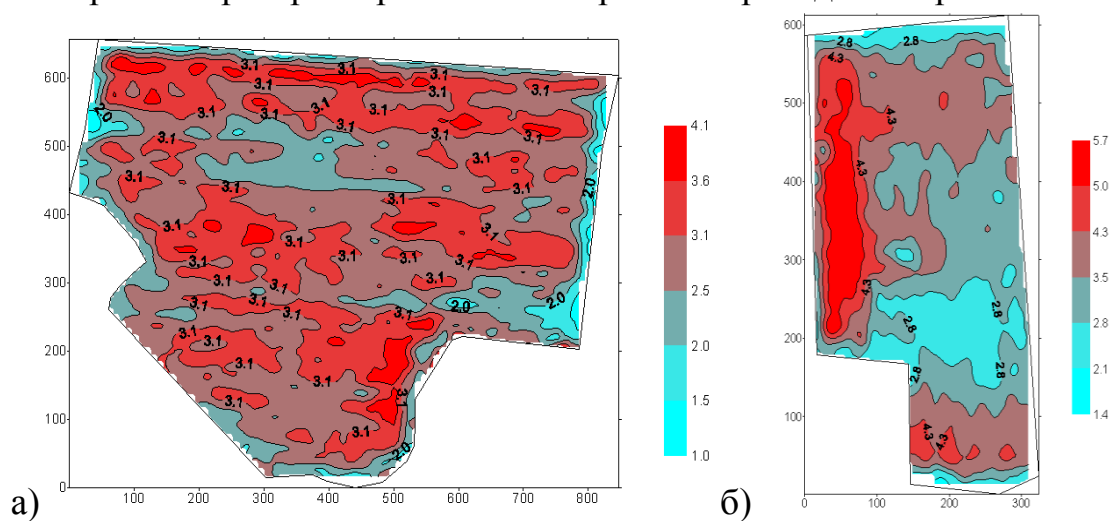


Рис.1. Картограми врожайності зернових (т/га) на полях господарства корпорації "Інтерагросистема":

- а) культура – жито, площа - 37,34 га, середня врожайність – 2,86 т/га; б) культура – пшениця, площа - 15,66 га, середня врожайність – 3,62 т/га

Аналіз картограм урожайності зернових культур в господарствах Київської, Черкаської та Чернігівської областей показує, що, не зважаючи на наявність потужних і родючих чорноземів, є проблеми з варіюванням рівня врожайності по площі поля. Врожайність може змінюватися в широких межах – до 4 разів. Характер варіювання врожайності можна описати гармонічними

функціями з періодом, що відповідає довжині хвилі від 1 до 12 метрів. Статистичний аналіз масивів польових місцевизначених даних свідчить, що максимуми спектральних щільностей зміни впливових факторів по площі поля припадають на довжину хвилі в межах 3-5 метрів.

Надалі з масивами місцевизначених даних необхідно проводити операції фільтрування і первинної обробки. Для цього використовують спеціалізовані ПП. Виробники програмного забезпечення застосовують різні логічні і статистичні методи, щоб уникнути значень з великою ймовірністю помилки – початок або кінець гону, зупинки, фізично нереальні показання датчиків, точки, що не знаходяться у статистичній залежності з сусідніми вимірами, тощо. Більше 15 % точок можуть бути видаленими з картограми, як такі, що не задовольняють умовам фільтрування. З іншого боку, навіть відфільтровані картограми можуть вміщувати точки виміру з 20 % відхиленням від дійсного значення, і повинні використовуватись з застереженням. Запровадження подальших згладжуючих алгоритмів обробки польових даних зменшує ефект випадкових похибок, але детальність таких картограм також зменшується.

Таким чином, ПП для обробки і візуалізації польової інформації повинні забезпечувати виконання досить складних математичних алгоритмів опрацювання місцевизначених даних і виконувати процес побудови картограм врожайності різного вигляду.

Картограми місцевизначеної врожайності можна використовувати як індикатор стану і потенціалу виробництва продукції рослинництва на окремому полі. Важливим є також процес накопичення історії врожайності. Крім того, необхідним моментом на сьогодні є також побудова картограм якості зібраного врожаю (вміст білку в зернових, цукру в цукрових буряках тощо). Наявність таких картограм сприяє підвищенню ефективності виробництва польової продукції. Для виконання означених задач використовують ПП різного рівня, складності та призначення.

ПРИЗНАЧЕННЯ ПП FIELDSTAR YIELD MAPPING

ПП Fieldstar Yield Mapping призначений для аналізу і графічного представлення місцевизначеної врожайності польових культур. Врожайність може бути показана у вигляді картограм різного виду, а саме (рис. 2): кругової діаграми, гістограми, контурної карти тощо.

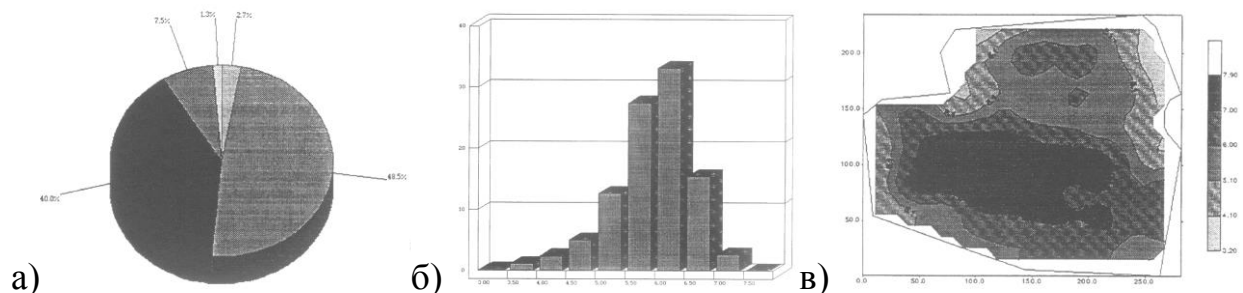


Рис.2. Картограми врожайності у вигляді: а) – кругової діаграми; б) – гістограми; в) – контурної карти

Наприклад, картограма врожайності у вигляді контурної карти може бути подана у кольоровому зображенні, де кожна градація кольору відповідає певному рівню врожайності.. Число контурних ліній, вказуючих на рівень врожайності, може бути задане для кожної картограми. Крім того, можна показати дані, що вказують на рівень врожайності у відсотках від максимальної. Є можливість змінювати масштаб картограми, виводити робочу та специфічну інформацію про поле, додавати коментарі тощо.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Запустити ПП "FS Yield Mapping".
2. Створити нову роботу з побудови картограми врожайності через пункти меню Tools – Farm data.
3. У відповідності до заданого викладачем масиву польових даних побудувати базову карту – траєкторію руху комбайна під час збирання врожаю.
4. Через команди меню View-Zoom-In (-Out) представити (якщо це необхідно) базову карту в зручному масштабі.
5. Побудувати межі (контури) поля.
6. Командами меню Maps-Process map-data... провести операції підготовки масиву даних до побудови картограми.
7. Командами меню Maps-Show yieldmap... побудувати картограму врожайності поля контурного типу з числом градацій рівнів врожайності, що дорівнює 6. До картограми додати 4-7 пунктів додаткових даних, що будуть виведені як коментар до картограми (наприклад, назву господарства, площу поля, назву культури, максимальну та середні врожайності тощо). Роздрукувати картограму.
8. Побудувати картограми врожайності у вигляді гістограми та кругової діаграми. Роздрукувати створені картограми.
9. Оформити звіт по роботі:
 - записати призначення, структуру та побудову ПП для точного землеробства "FS Yield Mapping";
 - описати порядок побудови картограм врожайності сільськогосподарських культур;
 - до звіту додати роздруківки картограм врожайності;
 - на підставі аналізу картограм, записати свої (особисті) висновки по роботі.

Практична робота № 8

Побудова картограм заданих норм внесення мінеральних добрив

Мета роботи – вивчити призначення, структуру та будову програмного модуля для точного землеробства "Field Star Application Mapping". Засвоїти порядок побудови картограм заданих норм внесення мінеральних добрив.

Теоретичні передумови

Центральним моментом застосування технологій ТЗ є реалізація змінних норм внесення (ЗНВ) технологічних матеріалів (ТМ). В цілому, ЗНВ ТМ включають в себе змінні дози внесення добрив, пестицидів, змінні норми висіву насіння тощо під час руху агрегату по полю. Ці операції, як правило, проводяться у відповідності зі спеціально розробленими планами (електронними картографами) виконання механізованих технологічних операцій, які визначають рівень щільності розподілу ТМ по елементарних ділянках площі поля.

При виробництві продукції рослинництва однією з найважливіших процедур є розрахунок необхідної кількості добрив, як чинника регулювання родючості ґрунту і продуктивності культур. Внесення добрив можна віднести до найбільш ефективного корегуючого чинника впливу на показники родючості ґрунту. Існуючі підходи до розробки схем застосування добрив спираються, в більшості випадків, на облік кількісних показників агробіологічного потенціалу поля. Наприклад, досить поширені статистичні моделі зв'язку, що спираються на закон мінімуму і відображають лінійну залежність продуктивності культур від лімітуючого фактору. Часто використовують моделі, що побудовані на квадратичній залежності врожаю від чинників, що впливають на нього. Заслуговують також багатфакторні моделі.

Всі існуючі моделі визначення норм внесення елементів живлення можна поділити на емпірико-статистичні і розрахункові, які в свою чергу включають балансові і нормативні методи розрахунку. В основі емпірико-статистичних методів покладені багатолітні дані польових дослідів з нормами добрив. Балансові спираються на облік витратних і прибуткових складових балансу поживних речовин. В основу нормативних методів покладені показники співвідношення ефективності добрив і витрати на одиницю продукції.

Для реалізації внесення мінеральних добрив зі змінними нормами необхідно використовувати обладнання, що складається (рис. 1) з бортового комп'ютера, датчика прийому сигналів ГСП, датчика швидкості, блоку керування центральним дозатором добрив, а також виконавчих механізмів дозування загального потоку добрив і перерозподілу інтенсивності потоку добрив.

Приймач сигналів ГСП в автоматичному режимі передає на бортовий комп'ютер інформацію про місце знаходження МТА в полі. Від датчика швидкості надходить інформація про швидкість руху МТА. При наявності цієї

інформації, бортовий комп'ютер зчитує з електронної картограми рівень розрахункової дози λ_r , внесення добрив і випрацьовує сигнал для керування центральним дозатором машини. Датчик зворотного зв'язку блоку керування дозатором надає інформацію про дійсну λ_d норму внесення добрив, що надходить від центрального дозатора.

Як бачимо, основним моментом у формуванні доз внесення добрив в полі є наявність електронної картограми-завдання на задані норми внесення. При застосуванні технологій точного землеробства створення картограми-завдання на проведення польових робіт з внесення мінеральних добрив виконують, як правило, на підставі вже побудованих картограм родючості, типу і виду ґрунтів, або за зробленими раніше картограмами врожайності, які є індикаторами виносу поживних речовин з ґрунту.

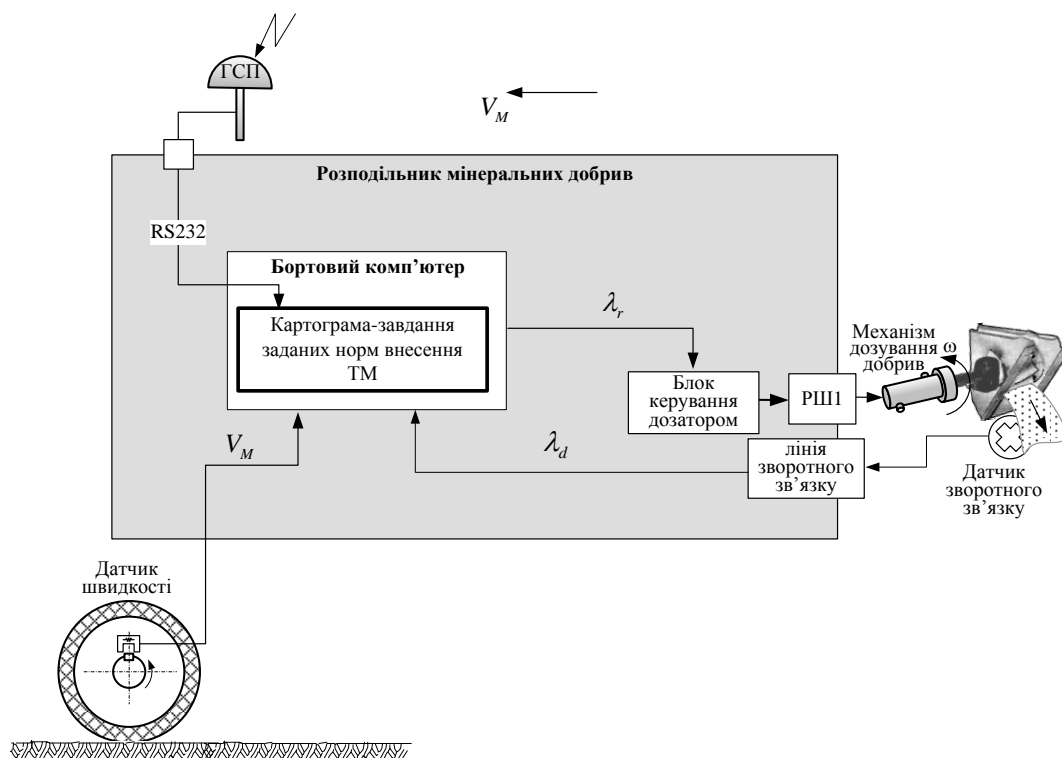


Рис. 1. Блок-схема формування заданих норм внесення мінеральних добрив.

У першому випадку побудова картограми-завдання на диференційоване внесення добрив складається з декількох етапів:

1) Картування фізико-механічних та агробіологічних показників ґрунту за допомогою спеціалізованих пересувних лабораторій, обладнаних ГСП-приймачами високої точності.

2) Розробка плану і відбір проб ґрунту на агрохімічний аналіз з розрахунку 3-4 проби на гектар.

3) Аналіз проб ґрунту в спеціалізованих агрохімічних лабораторіях.

4) Побудова картограми забезпечення полів поживними речовинами. Ці картограми використовуються для створення «карт-завдань» для диференційованого внесення добрив, які потім передаються до бортових комп'ютерів розподільників добрив.

5) Реалізація перемінних норм (доз) внесення добрив в залежності від агробіологічних властивостей кожної окремої ділянки поля.

Можливо, також, провести побудову картограми-завдання на змінні норми внесення добрив на підставі аналізу картограм врожайності конкретного поля. Такий підхід дозволяє значно прискорити процес створення картограми-завдання і при реалізації завдання економити до 10-15 % на кількості внесених міндобрив та підвищити врожайність культур більше ніж на 7-12 %.

Під час виконання окремих етапів робіт розрахунку норм внесення добрив вносяться певні помилки щодо координат і величин, діючих в кожній точці поля, впливових факторів. Наприклад, накопичуються помилки при обчисленні координат при застосуванні глобальної системи позиціонування ГСП, при реалізації розробленого алгоритму внесення ТМ, під час роботи датчиків і систем спеціалізованого обладнання тощо. Ці помилки відбиваються на якості виконання механізованих операцій зі змінними нормами внесення ТМ. При існуючому рівні реалізації технологій ЗНВ ТМ, помилка в тлумаченні рівня необхідної норми внесень ТМ може сягати 20-30% від істинно необхідної у даному місці величини норми внесень ТМ. В зв'язку з цим необхідно застосовувати ряд правил та рекомендацій певних методик, що напрацьовані в світовій практиці при складанні завдань на реалізацію заданих норм внесення ТМ. Важливу інформацію для розуміння методики складання електронних картограм-завдань на виконання технологічних операцій ЗНВ ТМ (зокрема, внесення мінеральних добрив) надає досвід роботи з програмним продуктом "FS Application Mapping".

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У випадку використання картограм врожайності, як основи для інтерпретації залишкового рівня поживних елементів в ґрунті, за допомогою програмного забезпечення Field Star Yield Mapping виконати такі операції:

4. Запустити ПП "FS Yield Mapping".
5. Створити нову роботу з побудови картограми врожайності через пункти меню **Tools – Farm data-Add**. Керуватися наступною таблицею:

Варіант	1	2	3	4	5
Farms (Ферма)	Прізвище ланкового	Прізвище ланкового	Прізвище ланкового	Прізвище ланкового	Прізвище ланкового
Field names (Назва поля)	1	2	3	4	5

6. Через команди меню **File-Open file-Raw data** у відповідності до заданого викладачем масиву польових даних побудувати базову карту – траєкторію руху комбайна під час збирання врожаю на відповідних полях.
7. Через команди меню **View-Zoom-In** представити (якщо це необхідно) базову карту в зручному масштабі.

8. Командами меню **Field boundary-Draw new** побудувати межі (контури) поля.
9. Командами меню **Maps-Process map-data** провести операції підготовки масиву даних до побудови картограми врожайності.
10. Командами меню **Maps-Show yieldmap** побудувати картограму врожайності поля контурного типу з числом градацій рівнів врожайності у відповідності до таблиці:

Варіант	1	2	3	4	5
число градацій рівнів врожайності	4	5	5	4	6

11. Закрити програму "FS Yield Mapping".

Далі, на підставі побудованої картограми врожайності скласти картограму-завдання на внесення мінеральних добрив у наступній послідовності:

12. Запустити програму "FS Aplicacion Mapping".
13. В меню **Tools-Farm Data** ввести нові індивідуальні параметри стосовно марки машини, що застосовується на внесенні та виду добрив на операції **Fertilising**, керуючись таблицею:

Варіант	1	2	3	4	5
Implements (розподільник добрив),	МВД-900	РМД-8	Amazone ZA-900	Amazone E+S	Amazone ZA-1500
Ширина захвату, м	12	8	14	6	16
Products, kg (вид добрив)	Суперфосфат	Калійна сіль	Фосфорна мука	Натрієва селітра	Нітроаммофоска

14. Через меню **Field Job-Fertilizing-Create New Job** творити нову роботу з внесення мінеральних добрив. Для цього заповнити поля **Product Information, Implement Information, Field Data** і натиснути кнопку **Fieldmap**.
15. У вікні **Fieldmap parameters** обрати **Number of application rates** (кількість градацій норм внесення – таку саму, як і в пункті 7 при побудові картограми врожайності), позначити «пташкою» пункт **Generate fieldmap from yieldmap**, зазначити відповідну роботу (**Combine jobs**) і натиснути кнопку **OK**.
16. У формі "**Application amount needed**" заповнити градації внесення добрив (від 100 кг/га з градацією у 50) і через меню **Tools-Statistics** визначити і записати загальну необхідну кількість добрив.
17. Через пункти меню **Tools-Scale application rates-Scale by percentage** призначити меншу (більшу) загальну необхідну кількість добрив у відповідності до таблиці:

Варіант	1	2	3	4	5
Scale by percentage	20	-15	12	-30	18

18. Переписати у звіт нові градації внесення добрив і необхідну загальну їх масу.

19. Надалі розроблену електронну картограму-завдання можна записати на флеш-карту за допомогою ряду команд: **Save-File-Write job to data card**.
20. Скопіювати та роздрукувати отриману картограму.
21. Оформити звіт по роботі. Висвітлити теоретичні передумови, записати послідовність виконання роботи та особисті висновки. Додати до звіту роздруківку картограми заданих норм внесення мінеральних добрив.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити існуючі підходи у розрахунку необхідної кількості мінеральних добрив.
2. З якою метою складається картограма заданих норм внесення добрив?
3. Описати порядок створення картограми-завдання на внесення мінеральних добрив на підставі картограм родючості ґрунту.
4. Навести схему і описати технологічний процес формування заданих норм внесення мінеральних добрив.
5. Які переваги і недоліки програмного забезпечення "Field Star Application Mapping" Ви можете відмітити?
6. Пояснити структуру та будову програмного модуля для точного землеробства "Field Star Application Mapping".
7. Описати послідовність побудови картограми заданих норм внесення мінеральних добрив на підставі картограм врожайності конкретного поля.

Практична робота № 9

Порівняльний аналіз методів інтерполяції польових місцевизначених даних

Мета роботи – виконати порівняльний аналіз існуючих методів обробки і візуалізації двовимірних наборів даних для генерації об'єктивних картограм польових місцевизначених параметрів.

Теоретичні передумови

Основними задачами при аналізі місцевизначених даних і плануванні польових робіт з диференційованих внесень ТМ є обробка і візуалізація двовимірних наборів даних, проведення інтерполяції польових даних, генерування сітки, моделювання і аналіз поверхонь, планування градацій норм внесення ТМ, визначення загальної необхідної кількості ТМ тощо.

Поширеною задачею в системі диференційованого управління агробіологічним потенціалом ґрунтів є відбір з наступним аналізом проб ґрунту. Метод відбору проб є тривалий у часі і дорогий у фінансовому аспекті. У зв'язку з цим проби ґрунту не завжди можна відібрати з усіх осередків регулярної сітки. Тому, при створенні картограм з нерегулярних місцевизначених даних (точок вибірки) необхідно застосувати методи, які б допомогли заповнити прогалини між широко рознесеними точками відбору проб. По суті, необхідно перетворити нерегулярно розташовані по площі дослідження дані в регулярні. Для виконання цієї задачі застосовують процедури інтерполяції. Наприклад, інтерполяція передбачає розрахунок невідомих значень функції в межах значень аргументів в осередках комірок, що належать області дослідження, шляхом використання відомих значень в сусідніх точках.

Методи побудови сіткових функцій можна розбити на два класи: точні інтерполятори і згладжуючі інтерполятори. Точні інтерполятори в точці вибірки дають оцінку, рівну виміряному в ній значенню, тобто $\hat{Z}_i = Z_i$.

Згладжуючі інтерполятори використовуються в тих випадках, коли експериментальні дані виміряні у вузлових точках не точно, а з деякою погрішністю. Оцінка методами згладжуючої інтерполяції, що розрахована в точці вибірки, не співпадає з виміряним в ній значенням, $\hat{Z}_i \neq Z_i$. Згладжуючі інтерполятори не привласнюють значення вагових коефіцієнтів, рівних одиниці, ніяким точкам даних, навіть тим, які точно співпадають з вузлами сітки. Вагові множники згладжуючих інтерполяторів задаються так, щоб поверхня, отримана в результаті інтерполяції, була як можна гладкою.

Більшість методів побудови сіткових функцій використовують алгоритми середньозваженої інтерполяції. Вибирається максимальний радіус пошуку або кількість точок, найближчих по відстані від вузла, де треба визначити рівень параметру, і розраховується оцінка:

$$\hat{Z}_0 = \sum_{i=1}^n w_{i0} Z_i, \quad (1)$$

де w_{i0} - ваговий коефіцієнт i -ої точки даних при оцінці значення Z в точці з координатами X_0, Y_0 .

Це означає, що, за інших рівних умов, чим ближче вибіркова точка до точки, де робиться оцінка, тим більше її вклад в оцінку \hat{Z} . Різниця між різними методами інтерполяції полягає в тому, як обчислюються і застосовуються до точок даних вагові коефіцієнти.

Основними методами інтерполяції є: крігінг (Kriging); метод зворотних відстаней (Inverse Distance to a Power); мінімальної кривизни (Minimum Curvature); Шепарда (Shepard's Method); найближчого сусіда (Nearest Neighbor); поліноміальної регресії (Polynomial Regression); радіальних базисних функцій (Radial Basic Function); триангуляції з лінійною інтерполяцією (Triangulation with Linear Interpolation); ковзного середнього (Moving Average); локальних поліномів (Local Polynomial).

1. Метод зворотних відстаней

Метод зворотних відстаней (Inverse Distance to a Power) базується на обчисленні вагових коефіцієнтів за допомогою яких із застосуванням ступеневої функції "зважуються" експериментальні значення в точках спостережень при побудові інтерполяційної функції.

В якості оцінки \hat{Z} експериментальних значень Z_i змінної Z в області, що досліджується, цей метод використовує середнє зважене значень змінної Z в вибіркових точках:

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}; \quad h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2}, \quad (2)$$

де h_{ij} - ефективна відстань між вузлом комірки j та сусідньою точкою i ;

\hat{Z}_j - інтерпольоване значення для вузла j ;

Z_i - значення сусідньої експериментальної точки;

d_{ij} - відстань між вузлом комірки j та сусідньою точкою i ;

β - ступеневий параметр (параметр Power);

δ - згладжуючий параметр.

Метод зворотних відстаней працює в припущенні, що експериментальні значення, виміряні близько від інтерпольованого місця розташування, чинять більший вплив на результат оцінки, чим віддалені від нього на значну відстань. Отже, точки вибірки, розташовані щонайближче до точки, де проводиться оцінка, повинні мати більшу вагу; вага вибіркових точок повинна зменшуватися зі збільшенням відстані від інтерпольованого місця розташування.

На картограмах з ізолініями, побудованих за цим методом, часто спостерігається ефект, так званих, "бичачих очей" - малюнок з концентричними

контурними лініями навкруги точок вибірки. Зменшити цей ефект можна збільшивши значення параметра згладжування δ .

2. Метод крігінга

Крігінг (Kriging) – один з найбільш гнучких і ефективних методів для опрацювання місцевизначених даних. На відміну від більшості методів інтерполяції, які відносяться до класу детермінованих, крігінг є геостатистичним методом.

При крігінгу передбачається, що відстань між опорними точками відбиває просторову кореляцію, яка може використовуватися для пояснення зміни на поверхні. Крігінг - покроковий процес; він включає пошуковий статистичний аналіз даних, моделювання варіограми, створення поверхні і (додатково) оцінка точності моделювання. Крігінг краще всього підходить, коли відомо, що має місце просторова кореляція відстаней або спрямоване зміщення в даних. Крігінг є основним методом інтерполяції місцевизначених даних в точному землеробстві.

У простому випадку, крігінг-оцінка значення просторової змінної Z в деякій точці 0 , де не було вимірів, визначається як:

$$\hat{Z}_0 = \sum_{i=1}^n Z_i \lambda_i, \quad (3)$$

де n вагових коефіцієнтів λ_i є розв'язком системи крігінга.

3. Метод мінімуму кривизни

Цей метод використовує двомірний сплайн з мінімізацією кривизни. Поверхня, побудована за допомогою цього методу, подібна до тонкої еластичної поверхні, яка прагне пройти через усі експериментальні точки з мінімальним числом вигинів. Метод не є точним інтерполятором, він генерує найбільш гладку поверхню, яка проходить настільки близько до експериментальних точкам, наскільки це можливо.

4. Метод Шепарда

Цей метод подібний до методу зворотних відстаней, але дозволяє зменшити ефект "бичачих очей". В якості оцінки змінної Z у довільній точці (X_0, Y_0) області, що досліджується, використовується середнє зважене значення апроксимуючої функції в цій точці:

$$\hat{Z}_0 = \frac{\sum_{i \in N_0} w_{i0} Z(X_i, Y_i)}{\sum_{i \in N_0} w_{i0}}, \quad (4)$$

де N_0 - набір номерів найближчих вибірових точок;

w_{i0} - ваги вибірових точок, які обернено пропорційні відстані до точки оцінки.

Ваги w_{i0} вибірових точок обернено пропорційні відстані до точки оцінки і задаються формулою:

$$w_{i0} = \left(\frac{d_{\max 0} - d_{i0}}{d_{\max 0} \cdot d_{i0}} \right), \quad (5)$$

де d_{i0} - відстань від точки інтерполяції до i -ої точки вимірювання;

$d_{\max 0}$ - відстань до максимально віддаленої вибірової точки серед тих, які враховуються при обчисленні оцінки.

5. Метод найближчого сусіда

В якості оцінки змінної Z в деякій точці досліджуваної області береться значення, яке має найближча (по відстані Евкліда) вибірова точка:

$$\hat{Z}_0 = Z_i, \quad (6)$$

де Z_i - значення у вибіровій точці, розташованій ближче за інших до місця (X_0, Y_0) .

Цей метод рекомендується використовувати в тому випадку, якщо вихідні вибірові точки (за винятком окремих) розташовані в просторі регулярно (у вузлах деякої регулярної сітки, що покриває досліджувану область) або майже регулярно (трохи зміщені відносно вузлів сітки). Метод корисний, коли дані розташовані у вузлах регулярної сітки, записані у текстовому ASCII-файлі, але повинні бути перетворені у формат сітки (.grd) програми *Surfer*.

6. Метод радіальних базисних функцій

Радіальні базисні функції (РБФ) – це сукупність ряду жорстких методів інтерполяції; тобто, поверхня, побудована з використанням цих функцій, буде проходити через усі опорні точки.

У цьому методі оцінка змінної Z в довільній точці області дослідження знаходиться як лінійна комбінація значень радіальних базисних функцій:

$$\hat{Z}_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i B(d_{i0}), \quad (7)$$

де d_{i0} - відстань між точкою, де обчислюється оцінка, та i -ою точкою виміру;

λ_i - ваговий коефіцієнт i -ої вибірової точки;

$B(d_{i0})$ - радіальна базисна функція, аргументом якої є відстань d_{i0} .

Радіальна базисна функція може бути мультикватратичною функцією, мультилогарифмічною; пласким або кубічним сплайном тощо.

7. Метод тріангуляції з лінійною інтерполяцією

Цей метод використовує алгоритм побудови тріангуляції Делоне - метод розбиття двомірних площин в трикутники, вершинами яких є задані точки виміру.

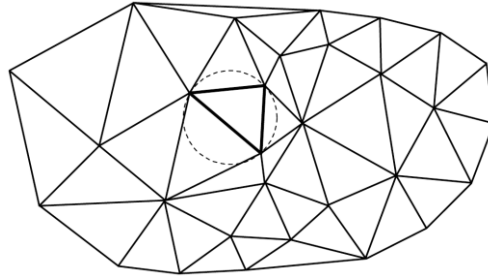


Рис.1. Триангуляція Делоне

Використання цього методу при невеликому числі точок вибірки призводить до появи явних трикутних граней на модельній растровій поверхні, або великих прямолінійних сегментів на карті ізоліній. Триангуляція з лінійною інтерполяцією працює краще, якщо дані рівномірно розподілені по досліджуваній території. Метод точно відтворює значення в вибіркових точках, тобто є точним інтерполятором.

8. Метод ковзного середнього

Метод ковзного середнього дає оцінку змінної Z в деякій точці досліджуваної області, як середнє арифметичне значень у вибіркових точках, що потрапили в пошуковий еліпс з центром в цій точці:

$$\hat{Z}_0 = \frac{\sum_{i \in N_0} Z_i}{n_0}. \quad (8)$$

Підсумовування ведеться по n_0 найближчим сусідам точки інтерполяції, що потрапили в околицю пошуку. N_0 - набір номерів таких вибіркових точок ($|N_0| = n_0$).

Метод ковзного середнього не рекомендується використовувати, якщо об'єм вибіркових даних невеликий або середній. Проте у разі великих і дуже великих наборів просторових даних, він є корисним інструментом дослідження. Цей метод дозволяє виявляти різномасштабні тренди даних і швидко працює навіть на дуже великих вибірках. Він також може розглядатися як альтернатива методу найближчого сусіда для отримання растрових моделей за великим обсягом початкових даних, розташованих на регулярній вибірковій сітці.

9. Метод поліноміальної регресії

Метод використовується для оцінки великомасштабного просторового тренду в даних, тобто залежності просторової змінної Z від координат X , Y . Цей метод не являється інтерполяційним у прямому розумінні: він не намагається передбачити невідомі значення Z . Він призначений для виявлення глобальних просторових трендів і втрачає детальну локальну інформацію, що міститься в даних.

Як правило, обирають тип поліноміальної регресії:

- проста планарна поверхня;
- бі-лінійне сідло;
- квадратична поверхня;

- кубічна поверхня;
- визначений користувачем поліном.

Рівняння поліноміальної регресії Z на X , Y будується з використанням методу найменших квадратів на основі усіх вхідних даних (околиця пошуку не застосовується) і метод можна вважати глобальним і згладжуючим інтерполятором.

10. Метод локальних поліномів

У тих випадках, коли у поверхні інша форма, як в нашому прикладі, коли спочатку ми бачимо схил, потім поверхня вирівнюється, а потім знову утворює схил (рис. 2), єдиний глобальний поліном не зможе досить добре описати форму поверхні.

Точніше відбити характер поверхні зможуть декілька площин, побудованих з використанням поліномів.

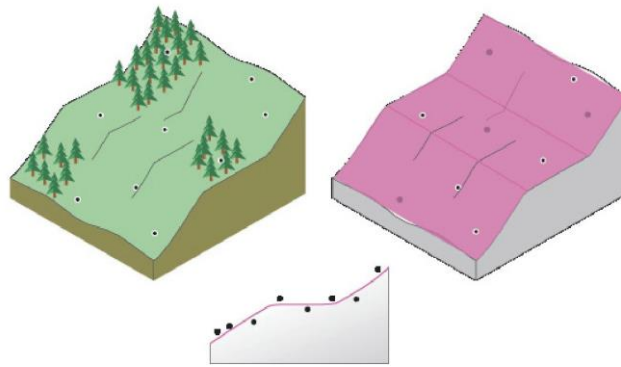


Рис.2. Візуалізація методом локальних поліномів

Тобто метод локальних поліномів також оцінює залежність просторової змінної Z від координат X , Y , але на відміну від методу поліноміальної регресії використовує кусково-поліноміальну інтерполяцію. Він будує поліноміальну регресію Z на X , Y за даними, що потрапили в пошуковий еліпс з центром в заданій точці області дослідження, отримуючи, таким чином, поліноміальне наближення в локальній околиці цієї точки.

Порядок виконання роботи

Завдання: За допомогою програмного продукту Golden Software Surfer побудовані контурні картограми двовимірних наборів місцевизначених даних з використанням різних методів інтерполяції (за умов "по умовчання").

1. Запустити програмний продукт Surfer.
2. За допомогою команд меню **Map-Post map-New post map** побудувати базову картограму розташування нерегулярних відборів проб ґрунту **unregular.dat** на агрохімічний аналіз.
3. За допомогою меню **Grid-Data** провести операцію інтерполяції нерегулярного масиву місцевизначених даних **unregular.dat** у відповідності до варіантів завдань *:

Варіант	1	2	3	4	5
Метод інтерполяції	1. крігінг (Kriging); 2. метод поліноміальної регресії (Polynomial Regression) 3. метод найближчого сусіда (Nearest Neighbor) 4. локальних поліномів (Local Polinomial).	1. крігінг (Kriging); 2. метод ковзного середнього (Moving Average); 3. метод поліноміальної регресії (Polynomial Regression) 4. мінімальної кривизни (Minimum Curvature);	1. крігінг (Kriging); 2. метод зворотних відстаней (Inverse Distance to a Power); 3. метод локальних поліномів (Local Polinomial). 4. радіальних базисних функцій (Radial Basic Function);	1. крігінг (Kriging); 2. триангуляції з лінійною інтерполяцією (Triangulation with Linear Interpolation); 3. Шепарда (Shepard's Method); 4. метод найближчого сусіда (Nearest Neighbor);	1. крігінг (Kriging); 2. метод ковзного середнього; (Moving Average); 3. метод локальних поліномів (Local Polinomial); 4. Шепарда (Shepard's Method);

* файли ґрінґу зберігати у відповідності до назви методу інтерполяції

4. За допомогою команд меню **Map-Contour map-New contour map** із тільки-но створених файлів ґрінґу побудувати кольорові картограми місцевизначених даних і підписати їх відповідною назвою.
5. Провести візуальний аналіз побудованих картограм і визначити найбільш привабливий, для використання картограми в якості завдання на технологічні внесення, метод інтерполяції.
6. Описати порядок виконання роботи, додати роздруківки картограм. Зробити і записати особисті висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. З якою метою виконують операції інтерполяції нерегулярного масиву місцевизначених даних?
2. Яка різниця між точними і згладжуючими інтерполяторами?
3. Назвати і пояснити суть застосування основних методів інтерполяції, що використані під час виконання роботи.
4. До яких висновків привела виконана робота?

Практична робота № 10

Порядок організації диференціального сигналу ГСП

Мета роботи - накопичити знання і практичні навички з прийомів отримання диференціального сигналу ГСП.

Теоретичні передумови

Системи точного водіння МТА по заданій траєкторії - як керовані людиною, так і автопілоти - діляться на класи по точність. Якщо працювати з ГСП-приймачем в звичайному режимі, то точність навігації буде невисока - один-п'ять метрів. Щоб її підвищити необхідно використовувати диференціальний сервіс.

Класифікація диференціальних систем супутникової навігації

Використовують наступну класифікацію диференціальних систем супутникової навігації:

1. Локальні системи використовують тільки одну наземну станцію вимірів і формування диференціальних поправок.
2. Широкодіапазонні системи диференціальної навігації (WADGPS), де використовується мережа станцій збору інформації Широкодіапазонні системи диференціальної навігації забезпечують точність місцевизначення з середньоквадратичною помилкою до 0,5 м.
3. Глобальні системи диференціальної навігації (GDGPS), які дуже схожі з широкодіапазонними системами (WADGPS). Основна відмінність полягає в тому, що виключення іоносферних помилок в системах GDGPS здійснюється шляхом використання двочастотних вимірів.

Один з варіантів диференціального сервісу - європейська система EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services - система широкозонної диференціальної навігації). Сигнал передається по каналах геостационарних телекомунікаційних супутників і дозволяє досягати 15-30-сантиметрової точності прокладки паралельних проходів. Цей сервіс безкоштовний, а його сигнал може приймати простий ГСП-приймач. Є можливість використовувати, також, платну європейську систему Omnistar. У залежності від типу підписки Omnistar забезпечує декілька рівнів точності: VBS і HP/XP. VBS (віртуальна базова станція) дає майже таку ж точність як EGNOS - 15-20 см. Цього достатньо, щоб якісно проводити обприскування або внесення добрив. Підписка на VBS коштує до 1 тис. євро в рік, або 3 євро в годину (при замовленні не менше 150 годин). Рівень точності HP/XP - 5-10 см. Рекомендується підписатися на цей сервіс тим, хто використовує супутникову навігацію для операцій сівби просапних культур, подальшої обробки рядків і складає карти полів з врожайності. Річна підписка на HP/XP коштує на порядок дорожче. Щоб скористатися сервісом VBS і HP/XP, треба

мати ГСП-приймач що підтримує такі послуги. Найвищий рівень точності, 1-3 см, досягається за допомогою режиму RTK (Real Time Kinematics - кінематика у реальному часі). Базова станція дозволяє проводити всі види польових робіт, в тому числі точний висів, локальне внесення добрив і точну культивуацію просапних культур. За допомогою цієї системи можна з року в рік дотримувати одну і ту ж технологічну колію або потрапляти в одні і ті ж рядки, щоб сіяти "слід в слід" декілька років. Якщо господарство велике і одночасно застосовує декілька систем навігації, можливо, вигідніше купити власну станцію. При використанні п'яти навігаційних систем базова станція окупиться протягом трьох років, оскільки супутникові поправки отримуються на кожен прилад.

В реальних умовах роботи МТА в Україні за технологіями ТЗ присутні фактори, які треба враховувати при виборі обладнання для визначення координат та навігації МТА. Одним з таких факторів є відсутність в Україні централізованої мережі станцій диференціального сигналу. Тому для організації процесу високоточного визначення координат МТА в полі необхідно мати "локальні" станції диференціального сигналу. Однією з таких станцій може бути система диференціального сигналу виробництва НВО "Оризон" (Україна).

Система складається з двох основних модулів – станції диференціального сигналу СН-3500 та приймача глобальної системи позиціонування СН-3700, а також додаткового обладнання (рис. 1). Основною перевагою системи є можливість працювати з двома системами ГСП - NAVSTAR та ГЛОНАС - одночасно.

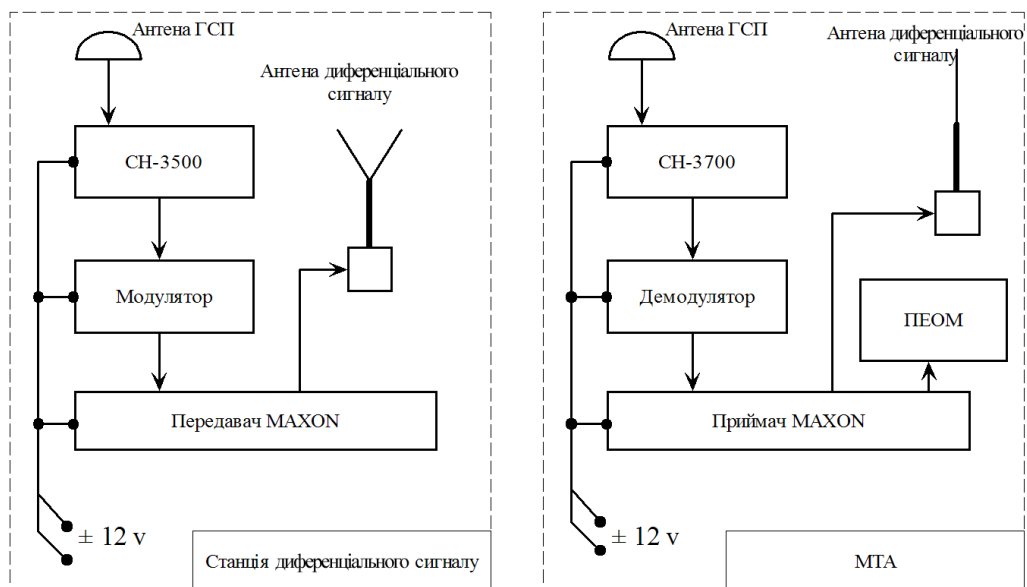


Рис. 1. Схема обладнання системи диференціального сигналу НВО "Оризон"

Датчик координат СН-3700 складається (рис. 2) з антени прийому супутникового сигналу 1, блоку приймального 2, демодулятора 3, приймача диференціальних сигналів "Махон" 4, блока живлення 5, комплекту кабелів.

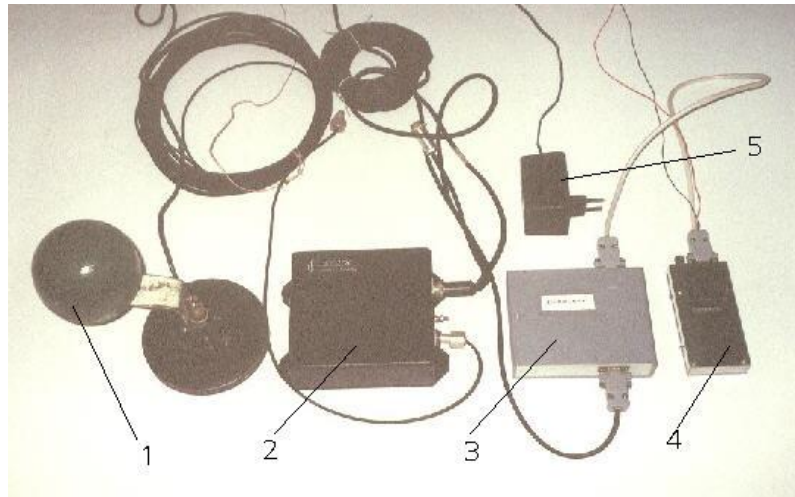


Рис. 2. Комплект обладнання датчика координат СН-3700

Обладнання має наступні можливості:

- автоматичне, в реальному часі визначення географічних координат місцезнаходження об'єкта, геодезичної висоти, точного часу та складових вектору швидкості руху об'єкта по відкритим кодам супутникової системи навігації NAVSTAR та ГЛОНАС;
- режим "all in view" при роботі по системі NAVSTAR та ГЛОНАС та автоматичний вибір оптимального сузір'я супутників при роботі в суміщеному режимі;
- введення та врахування корегуючої інформації для вирішення задач навігації при роботі в диференціальному режимі;
- формування і вивід навігаційної інформації по цифровому інтерфейсу RS-232;
- формування секундних позначок часу.

Технічна характеристика датчика СН-3700

- | | |
|--|------------|
| – кількість паралельних каналів прийому L1-діапазону | 14 |
| – точність визначення навігаційних параметрів, м | |
| – планових координат | до 10 |
| – в диференційному режимі | до 1 |
| – висоти | 25 |
| – складових вектору швидкості, м/с | 0,1 |
| – час початку визначення координат, не більше, с | |
| – холодний старт | 180 |
| – гарячий старт | 90 |
| – інтерфейс | RS-232 |
| – формат даних | NMEA 0183 |
| – швидкість обміну даними, біт/с | 50...19200 |
| – напруга живлення, в | 12 |
| – споживана потужність, вт | 7 |
| – маса, кг | 2,5 |

Станція диференційного сигналу СН-3500 призначена для випрацьовування диференційної поправки та видачі її в ефір через

радіопередавач MAXON і складається (рис. 3) з блоку обчислення диференційної поправки 1, антени ГСП 2, модулятора 3, радіопередавача 4, блока живлення 5 та комплекту кабелів.



Рис. 3. Станція диференціального сигналу СН-3500

Обладнання для системи супутникової навігації МТА з використанням диференційного сигналу має наступні можливості:

- конструкція складових частин обладнання забезпечує зручність монтажу і експлуатації на всіх МТА, які використовуються при виконанні польових сільськогосподарських робіт;
- складові частини обладнання, що розміщуються на МТА, витримують вібраційні навантаження з максимальним прискоренням 5g на протязі 8 годин за добу;
- живлення складових обладнання СН-3500, СН-3700, що розміщується на МТА, здійснюється від бортової мережі МТА сталого струму напругою 12 В при величині пульсацій до 3 В. Потужність, що споживається обладнанням, становить не більше 10 Вт;
- наземна стаціонарна станція диференційного сигналу встановлюється на найвищій точці господарства, в зоні прямої відстані до агрегату до 20км;
- положення МТА в полі виводиться на монітор бортового контролера у вигляді умовного позначення, яке переміщується по електронній карті поля у відповідності з переміщенням МТА в полі;
- перевірку і при необхідності внесення коректив у відповідність координат картограми поля, закладеної в бортовий контролер МТА, і реальних координат місцезнаходження вказаного агрегату;
- точність визначення координат МТА в полі - до ± 1 м;
- вимірювання основних параметрів в межах:
 - пройдений шлях - 0-200 км;
 - оброблена площа - 0-200 га;
 - діапазон дійсної швидкості агрегату - 0-25 км/год.
- зберігати інформацію про введену вихідну інформацію, карту поля із зібраними або розрахованими даними, експлуатаційні показники роботи МТА тощо, не менше, як за 200 годин;

Порядок виконання роботи

1. Скласти схему обладнання системи диференціального сигналу у відповідності до рис. 1.
2. Перевірити працездатність і стабільності визначення координат в умовах наближених до польових.
3. Провести запис координат при обході меж експериментальної ділянки поля при виключеній станції диференціального сигналу.
4. Виконати дії пункту 3 при включеній станції диференціального сигналу.
5. За допомогою офісного комп'ютера побудувати з використанням програмного продукту Golden Software Grapher лінії меж експериментальної ділянки поля при включеній та виключеній станції диференціального сигналу, а також зразкові координати меж ділянки і порівняти їх. Провести операцію експорту отриманих графіків у *.bmp файл.
6. В звіті стисло описати теоретичні передумови, порядок виконання роботи, подати схему обладнання системи диференціального сигналу НВО "Оризон", графіки меж експериментальної ділянки при різних режимах роботи обладнання, зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Навести класифікаційні ознаки диференціальних систем супутникової навігації.
2. Описати першочергові дії для організації локального диференціального сигналу.
3. Описати схему функціонування обладнання системи диференціального сигналу ВО "Оризон".
4. Як значно можна покращити точність визначення координат МТА в полі при використанні диференціального сигналу?

Практична робота № 11 (4 години)

Система паралельного та контурного водіння МТА Outback S2

Мета роботи - отримати знання з принципів застосування технічних систем для паралельного водіння та автопілотування машинно-тракторних агрегатів.

Теоретичні передумови

При проведенні польових робіт виникає проблема уникнення перекриття оброблюваних площ поля при суміжних проходах агрегату, що веде до збільшення витрат мінеральних добрив, засобів захисту рослин, посівного матеріалу, пального, а також і робочого часу. Небажані, також, ділянки поля, що не обробляються при виконанні суміжних проходів.

Серед запропонованих нововведень з'явилися автоматизовані системи керування сільськогосподарською технікою, що мають безсумнівний економічний потенціал. Наприклад, відносно недорогі так звані "візирні системи" (lighbar), що встановлюються в кабіні МТА, дозволяють оператору ефективно дотримуватись встановленого напрямку руху без застосування класичних маркерів. Ці системи можуть бути використані за умов низької видимості, що збільшує можливий час використання техніки.

Системи паралельного водіння дозволяють виконувати паралельні проходи з високою точністю, а також водіння агрегатів по контуру (рис. 1).

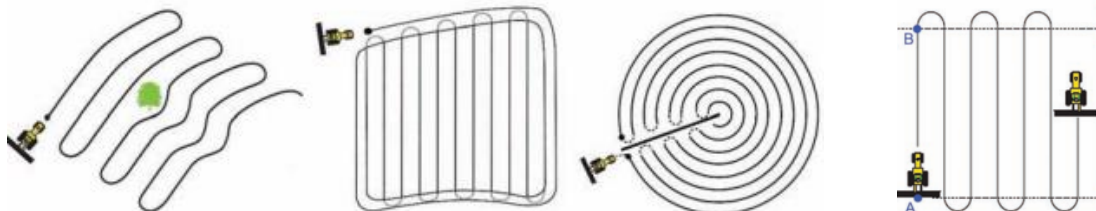


Рис. 1. Схеми руху МТА.

Система паралельного водіння передбачає активну участь механізатора в управлінні машиною. Під час вимірювання поточних координат сільгоспмашини за допомогою систем глобального позиціонування (ГСП) відбувається відображення відхилень від заданого маршруту на світловій шкалі або на екрані монітора в кабіні оператора. Механізатор управляє механізмом рульового колеса для утримання агрегату на заданому маршруті. У загальному випадку система паралельного водіння складається з GPS-приймача з зовнішньою антеною, контролера і курсо-указчика (Рис. 2).

Системи паралельного водіння досить легко і швидко встановлюються на будь-який МТА. Навчання механізаторів використанню цього типу устаткування займає від декількох годин до 1-2 днів. Класична форма курсо-указчика - горизонтальний ряд світлодіодних індикаторів в пластиковому корпусі. Курсо-указчик розташовується в кабіні, в полі периферійного зору водія над кермом або перед важелями управління.



Рис. 2. Загальна схема функціонування системи паралельного водіння МТА.

Водієві не потрібно переключати увагу на спостереження зовнішніх орієнтирів. Наприклад, при недостатній видимості (при захмареному сонці або ввечері у сутінках важко розгледіти пінні маркери або інші орієнтири, а курсоуказчик завжди перед очима. Перед початком роботи водій вибирає необхідний режим обходу поля (маршрут руху), встановлює відстань між проходами і чутливість приладу. Поточне положення машини в кожен момент часу визначається за допомогою GPS-приймача, а запам'ятовування маршруту, обчислення величини відхилення від заданої траєкторії і управління індикацією здійснює спеціалізований процесор. Алгоритм управління транспортним засобом за допомогою приладу досить простий: Якщо індикатори світяться в центрі - машина йде правильно, якщо світло почало переміщатися, наприклад, управо, це означає, що машина йде управо - водій повинен компенсувати відхилення від правильного напрямку руху. Якщо водій виїхав з поля для дозаправки або був вимушений припинити роботу за складних погодних умов, то згодом він може повернутися в точку, де була зупинена робота, і продовжити водіння по вибраній раніше траєкторії. Крім варіанту з світловими індикаторами, існують системи паралельного водіння з графічним дисплеєм, що дає двовимірне (або штучне 3D) умовне зображення машини, оброблюваного ряду і ліній сітки для візуалізації руху. Система водіння, об'єднана з агрегатами і виконавчими робочими органами точного дозування машин-реалізаторів дозволяє створювати і виконувати картограми-завдання на обробку полів із запам'ятовуванням траєкторії водіння машини. Система паралельного водіння дозволяють прокладати і відстежувати як прямолінійні, так і криволінійні траєкторії і їх поєднання.

Автопілотування відрізняється від паралельного водіння тим, що відхилення від заданої траєкторії, що розраховується ГСП-приймачем, через спеціальні пристрої вводяться безпосередньо в систему управління ходовою частиною МТА, забезпечуючи рух по маршруту без втручання механізатора. Як правило, автопілот складається з пристрою паралельного водіння, контролера і виконавчого механізму, який підключається до гідравліки трактора. Останнім часом з'явилися також виконавчі механізми, які встановлюються на рульову

колонку. Цей механізм на базі електродвигуна керується від системи паралельного водіння і передає зусилля через гумовий валик на рульове колесо, що дозволяє утримувати сільгоспмашину на заданому маршруті. Водій при цьому у будь-який момент може узяти управління на себе.

Основна перевага використання систем паралельного водіння - зменшення помилок при обробці полів. Практика показує, що, наприклад при обприскуванні культур традиційними способами більшість операторів вважають за краще проходити сусідні ряди з перекриттям, щоб уникнути пропусків. В результаті взаємне перекриття рядків, навіть з використанням пінних маркерів, складає не менше 10 %. Використання курсоуказчиків знижує перекриття до величини менше 3 %. Особливу популярність системи паралельного водіння завоювали в Австралії і США. Точність, що досягається в результаті використання навігаційних систем, дозволяє фермерам кожен рік практично безпомилково знаходити технологічну колію, де поля відрізняються великою площею. Позитивно оцінюють використання систем паралельного водіння і фермери Західної Європи, де конфігурація полів часто є складною.

Що стосується ефективності застосування систем паралельного водіння, то певні висновки можна зробити на основі результатів випробувань системи OUTBACK S2, проведених в 2008 р. університетом міста Хоєнхайм (ФРН) в ряді німецьких агропідприємств. Випробування свідчать, що при середній вартості одного комплекту близько 7 тис. дол. США, система, яка використовується, наприклад, при обприскуванні полів загальною площею 1000 га окупається фактично за один сезон.

Системи точного водіння - як керовані людиною, так і автопілоти - діляться на класи по точність. Якщо працювати з ГСП-приймачем в звичайному режимі, то точність паралельного водіння буде невисока – 1-3 метри. Щоб її підвищити, необхідно використовувати диференціальний сервіс.

Система паралельного та контурного водіння MTA Outback S2

Система паралельного та контурного водіння MTA Outback S2 призначена для паралельного водіння та автопілотування машинно-тракторних агрегатів з використанням коректуючих сигналів EGNOS, Omnistar, e-Diff та L-Diff. Система Outback S2 складається з наступних елементів (рис. 3).

Сигнали EGNOS, e-Diff та L-Diff є коректуючими сигналами, що безкоштовно надаються за умов офіційного придбання приладу.

Omnistar – платний диференціальний сервіс. В залежності від типу підписки Omnistar забезпечує декілька рівнів точності: VBS і HP/XP. VBS (віртуальна базова станція) дає майже таку ж точність як EGNOS - 15-20 см. Цього достатньо, щоб якісно проводити обприскування або внесення добрив. Підписка на VBS коштує до 1 тис. євро в рік, або 3 євро в годину (при замовленні не менше 150 годин). Рівень точності HP/XP знаходиться в межах 5-10 см.

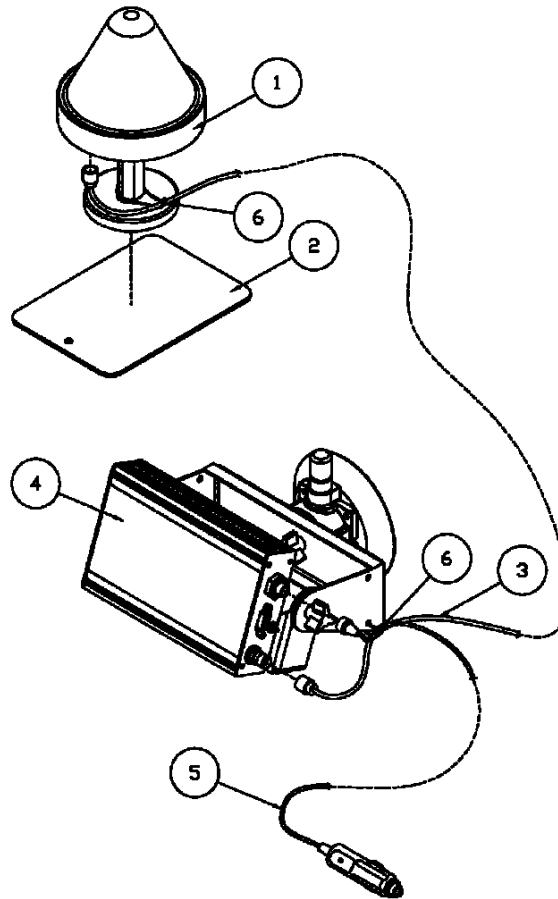


Рис. 3. Система паралельного водіння Outback S2: 1 – антена, 2 – монтажна пластина, 3 – кабель, 4 – електронний блок, 5 – кабель живлення, 6 – хомут кабельний.

E-Diff- математично обчислюваний коректуючий сигнал, призначений тільки для використання з супутниками GPS. Тобто, в будь-якому місці, де неможливий прийом коректуючих сигналів, Ви можете у будь-який момент перемкнутися на сигнал e-Diff.

L-Diff є коректуючим сигналом, що генерується локальною базовою станцією і що передається по радіозв'язку на приймач МТА.

Функції меню

Для виклику меню використовують клавішу "MENU". Клавіші із стрілками дозволяють переміщатися вгору і вниз по меню. Для вибору меню, в якому необхідно внести зміни, використовують клавішу "ENTER". Управління підменю здійснюється таким же способом. Зміна значень або параметрів настройки здійснюється за допомогою клавіш із стрілками. Для підтвердження внесеної зміни або настройки повторно натисніть клавішу "ENTER".



Передбачені наступні основні позиції меню:

МЕНЮ НАСТРОЮВАННЯ E-DRIVE

Меню є додатковим і доступно тільки у разі оснащення машини системою E-DRIVE

ЯСКРАВІСТЬ

Яскравість світлодіодів можна регулюватися в межах 1 -10 відповідно до конкретних умов освітлення. 1 - найнижча яскравість, 10 - найвища яскравість.

РОБОЧА ШИРИНА

Визначається робоча ширина знаряддя.

ЗСУВ АНТЕНИ Дозволяє вказати значення бічного зсуву антени вліво або управо, якщо центр робочої ширини не співпадає з серединою трактора.

A =B (Зсув A=B)

Це меню дає можливість віртуального зрушення вліво або управо контрольної лінії в режимі A=B.

ЧУТЛИВІСТЬ Це меню дозволяє регулювати чутливість реакції світлодіодів покажчика повороту керма "Steering Guide", при цьому передбачені три ступені: низька, середня і висока. Правило ідеального настроювання: чим вища швидкість руху, тим вище ступінь чутливості.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО КРАЙ ПОЛЯ

Меню дозволяє включати або відключати попередження про повторне проходження границі на краю поля або на колії.

УСТАНОВКА ПЕРИМЕТРА (вимір площі)

Тут визначається позиція точки вимірювання для проведення виміру площі.

ДІАГНОСТИКА (ПОШУК ПОМИЛОК)

Меню виводить на екран різні параметри, зокрема інформацію з пошуку несправностей.

В таблиці 1 нижче наведені повідомлення на екрані приладу і їх тлумачення.

Таблиця 1.

ПОВІДОМЛЕННЯ	ОПИС
SATS: TRK = 00	Показує кількість супутників у полі "зору" приладу
USE IN CALC = 00	Число указує на кількість GPS-супутників, що знаходяться на зв'язку з приладом (без коректуючих)
DIFF TYPE	Показує тип диференціального сигналу. У приймачі передбачено два типи WAAS і e-Dif, що закладені виробником. Інші сигнали можуть бути настроєні на місці (наприклад, EGNOS)
DIFF AGE	Показує вік використовуваних в DGPS - обчисленнях RTK - виправлень. Ця інформація використовується тільки фахівцями-регулювальниками.
BIT ERROR RATE	Це число показує відносну силу одержуваного сигналу від коректуючого супутника. При використанні EGNOS - два розділених дефісом числа. Значення - між 0 і 500, причому 0 - добре, а 500 - погано.
MEMORY	Всі проходи машини записуються в пам'ять приладу до тих пір, поки пам'ять в кінці ділянки не буде очищена. Це число показує, скільки "вільної" пам'яті ви ще маєте

	в своєму розпорядженні.
GPS SOFTWARE VER	Версія GPS-програми
APP SOFTWARE VER	Версія призначеної для користувача програми
SERIAL NUMBER	Серійний номер приладу; повинен співпадати з номером на зворотному боці приладу. Цей номер необхідний для ліцензії на OmniStar.
LED TEST	Перевіряє роботу світлодіодів.
POSITION	Показує поточні координати

SERVICE MENU (МЕНЮ СЕРВІС)

Заборона натиснутої клавіші Enter протягом 10 секунд. В іншому випадку – викликає меню сервісу. Дане меню включає наступні пункти:

TYPE DIFF-SIGNAL (ТИП СИГНАЛУ ДІФФ. КОР.)

Дозволяє обрати одного з доступних постачальників диференціального сигналу корекції.

Відстежування сигналу e-Dif. Після включення система Outback S2 протягом 10 хвилин відстежує супутники і намагається установити поправку e-Dif. При цьому транспортний засіб може знаходитися в русі або стояти. У міру відстежування супутників на дисплеї фіксуватиметься їх кількість. Після закінчення 10 хвилин зажевріє зелена лампочка і на екрані з'явиться напис "READY" (тобто система готова до роботи). Починаючи з цього моменту система Outback готова до роботи і управління як по прямій, так і по контурній лінії. Необхідно слідувати інструкції по управлінню системою. Визначення смуги може проводитися в будь-якому напрямі поля (уподовж, упоперек, або паралельно контуру поля).

ЯКІСТЬ ГСП (GPS Q)

Поріг подачі сигналу тривоги залежно від заданого за умовчанням відхилення в метрах. При поточному значенні STDDEV більше встановленої межі індикатор якості сигналу мигає з частотою 1 Гц.

GPS Q SWITCH (ВИМИКАЧ GPS Q)

Відключення режиму автопілоту відбувається через 10 секунд в тому випадку, якщо поточне значення заданого за умовчанням відхилення більше встановленого значення межі.

НАСТРІЮВАННЯ NMEA

Тут виконується настройка конфігурації серійного інтерфейсу (RS232) для зовнішніх прикладних задач.

ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ

Як одиниця вимірювання можуть бути вибрані метри або фути.

МОВА

Дане меню використовується для вибору потрібної мови інтерфейсу.

ЗАВОДСЬКІ НАСТРОЮВАННЯ

Дозволяє повернути настройку системи OUTBACK S2 до заводських значень натисненням клавіші Enter.

КОНФІГУРАЦІЯ СУПУТНИКА

Автоматична настройка дозволяє привести конфігурацію супутника у відповідність з конкретним місцеположенням. Проте, є можливість ручного вибору перерахованих в меню супутників EGNOS (E120, E124, E126) і їх активація за допомогою клавіші e-ENTER". Дане меню доступно тільки в тому випадку, якщо вибраний коректуючий сигнал EGNOS.

BASELINE ID

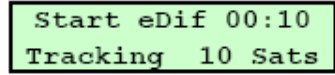
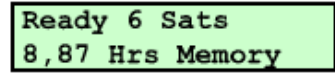


Тут указується ідентифікаційний номер базової лінії BASELINE. Даний пункт меню доступний тільки при виборі типу корекції L-Dif.

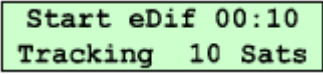



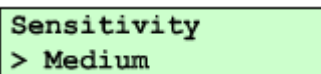
Інші дії з меню приладу описані в таблиці нижче.









1. Виконати всі пункти нижченаведеної таблиці.

Таблиця 2. Перелік виконуваних дій з приладом і відповідні результати функціонування.

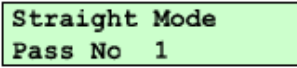


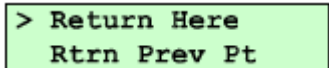

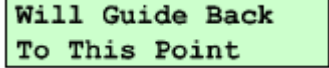

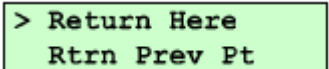

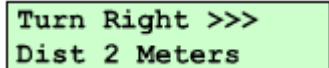

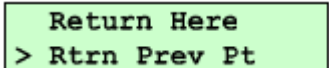
	Виконувана дія	Натиснення кнопок	Індикація	Результат
1.	Включення живлення приладу.	Перемкнути тумблер живлення на приладі в положення ON.	По черзі спалахують всі світлодіоди приладу. На дисплеї послідовно з'являються написи:	Живлення підключене правильно. Перевірка працездатності індикаторів.
2.			Outback Ver 4.0	Повідомлення про програмну версію приладу.
3.			Warming Up Tracking 0 Sats	Почався процес пошуку супутників. Якщо цей напис не перемикається на приведену нижче, то вибрана поправка EGNOS.
4.			Start eDif 09:28 Tracking 0 Sats	Якщо через декілька секунд у верхньому рядку з'явився напис Start eDif, отже, вибрана поправка e-Dif. Почався процес пошуку супутників і відлік часу для формування поправки.



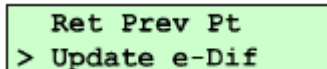

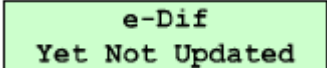
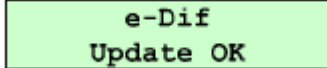

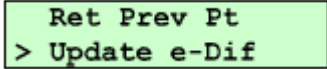


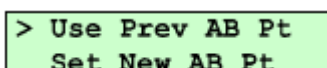
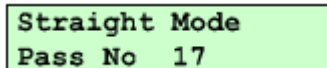

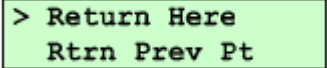


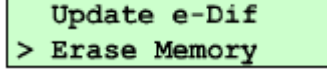

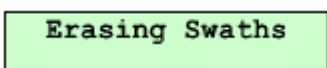
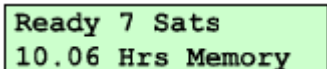
5.	Увага! Поправка e-Dif формується протягом 10-15 хв., залежно від поточної супутникової обстановки. В цей час бажано, щоб машина зі встановленим приладом OUTBACK S2 залишалася на місці. Допускається також повільне переміщення машини за умови, що при її русі не перекриватиметься огляд неба. При недотриманні цих умов час формування поправки може збільшитися, точність поправки може бути нижче.		
6.	Якщо необхідно змінити тип використовуваної диференціальної поправки, виконайте п.п. 27 - 31. Увага! Якщо Ви вирішили працювати з диференціальною поправкою EGNOS і перемкнулися з поправки E-Dif на EGNOS, необхідно вимкнути і знов включити живлення приладу. Процес повторно почнеться з п. 1.		
7.		У правому верхньому кутку світиться червоний індикатор NO SIGNAL	Супутників недостатньо, чи ні сигналу від антени.
8.		У міру знаходження достатнього для роботи числа супутників спалахує жовтий індикатор GPS	Прилад виявив більш 4-х супутників, дані з яких можуть використовуватися в роботі.
9.			Протягом 10 хв. йде формування поправки.
10.		З'являється напис:  У правому верхньому кутку (спалахує зелений індикатор DGPS	Супутникова обстановка хороша, поправка сформована. Прилад готовий до роботи.
11.	П.п. 2 - 4 і 7 -10 виконуються автоматично на протязі приблизно 10 хв. В цей час можна перевірити настройки приладу, при необхідності - перенастроїти. Порядок настройки приведений нижче. Увага! Більшість встановлених настройок (окрім яскравості свічення індикаторів) зберігаються при виключенні і повторному включенні приладу, тому після перерв в роботі повторні настройки виконувати не потрібно.		
12.	Вхід в меню настройок. Настройка яскравості індикаторів.		У меню настройок вибраний пункт регулювання яскравості індикаторів.
13.			Встановлена максимальна яскравість

			індикаторів.
14.	 или 		Вибрати потрібну яскравість залежно від часу доби і освітленості.
15.			Фіксація вибраного значення. Повернення в основний режим дисплея.
16.	Установка одиниць вимірювання.	 	У меню налаштувань вибраний пункт установки одиниць вимірювання.
17.			Вибрана американська система одиниць (фути і дюйми).
18.	 или 		Вибрана метрична система (метри). Працювати потрібно в цій системі!
19.			Фіксація вибраного значення. Повернення в основний режим дисплея.
20.	Установка ширини проходу агрегату (гону).	  	У меню налаштувань вибраний пункт установки ширини ряду.
21.	  		Значення ширини проходу, що встановлене при попередній роботі.
22.	 или 		Установка ширини проходу відповідно до начіпного агрегату.
23.			Фіксація вибраного значення. Повернення в основний режим дисплея.
24.	Установка чутливості приладу.	  - 3	У меню налаштувань вибраний пункт установки чутливості.
25.			Вибраний середній рівень чутливості.

26.		 или 	<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Sensitivity > Low</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Sensitivity > High</div>	Виберіть потрібну чутливість: високу (High), середню (Medium) або низьку (Low) відповідно до швидкості руху.
27.			<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Start eDif 00:10 Tracking 10 Sats</div>	Фіксація вибраного типу поправки. Повернення в основний режим дисплея.
28.	Вибір типу диференціальної поправки (при необхідності).	  - 8 разів	<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">> Correction Type NMEA Port Setup</div>	У меню налаштувань вибраний пункт вибору типу диф. поправки.
29.			<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Correction Type > EGNOS</div>	Вибрана поправка EGNOS.
30.		 или 	<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Correction Type * Please Wait *</div>	Пошук іншого типу поправки, встановленої в приймачі.
31.			<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Correction Type > e-Dif</div>	Знайдена інша доступна поправка (e-Dif).
32.			<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">Start eDif 00:10 Tracking 10 Sats</div>	Фіксація вибраного типу поправки. Повернення в основний режим дисплея.
33.	Окрім описаних вище установок		Shift A=B	Установка зсуву щодо базової лінії.
34.	можуть бути потрібними додаткові настройки за допомогою меню. Порядок		Headland Alert	Включення або виключення попередження про виїзд в зону розвороту (мигання крайніх індикаторів).
35.	установки параметрів аналогічний описаним вище.		Perimeter Setup	Обчислення периметра поля по правому краю агрегату, по лівому краю або по центру.
36.			Diagnostics	Інформація про супутники, тип і якість поправки, величину пам'яті

			приладу, що залишилася та інше.
37.		NMEA Port Setup	Установка протоколу NMEA, що видається на роз'єм COM1 (для підключення, наприклад, до комп'ютера).
38.		Language	Вибір мови (англійський, німецький, португальський тощо). Української мови немає!
39.	Перевірка готовності до роботи.		Супутникова обстановка хороша; поправка сформована (e-Dif) або приймається від супутника (EGNOS). Прилад готовий до роботи.
40.	Вибір режиму водіння.		Вибір режиму водіння по паралельних прямих рядах.
41.	Повернення до старої або вибір нової лінії A=B.	 или 	Робота з новою базовою лінією.
42.	Вибір нової лінії A=B.		Вибраний режим установки нової базової лінії. Очікування введення крапки А.
43.	Встановіть трактор на початок першого проходу.		
44.	Маркіровка початку базової лінії (точка А).		Крапка А задана. Очікування введення точки В.
45.	Їхати до кінця проходу, не звертаючи уваги на показання приладу.		
46.	Маркіровка кінця базової лінії (точка В).		Точка В задана. Трактор знаходиться на базовій прямій (прохід № 0)
47.	Розвертайте трактор в зоні розвороту і вставляйте на початок наступного проходу. Після завершення розвороту вже починають працювати індикатори курсопоказчика.		

48. Вихід на наступний прохід			Трактор знаходиться на першому проході справа щодо базової лінії (при зсуві вліво номери рядів від'ємні: -1 -2,-3).
<p>49. При русі по всіх подальшим рядам слідуйте підказкам курсопоказчика. Якщо горить вертикальний ряд жовтих індикаторів, то Ви йдете точно по курсу. Якщо зліва по дузі зажеврили червоні індикатори, то кермо потихеньку повертати вліво, оскільки Ви відхилилися вправо від курсу. Відповідно, якщо зажеврили зелені індикатори справа по дузі, то кермо потрібно повертати управо.</p> <p>Положення трактора щодо центру поточного ряду можна контролювати по нижній лінійці світлодіодів. Загоряння індикаторів показує напрям і умовну величину відхилення від ряду.</p>			
<p>50. При тривалій роботі може з'явитися постійна помилка - водіння по індикаторах курсопоказчика виконується з бічним зсувом щодо необхідної траєкторії. Це не є несправністю приладу і викликано дрейфом поправки E-Dif. Для компенсації дрейфу в процесі роботи виконайте п.п. 51-52.</p>			
<p>51. Не виходячи з режиму паралельного водіння, не звертаючи уваги на індикатори, перемістіть машину так, як вона, на вашу думку, повинна знаходитися на проході.</p>			
52. Зсув лінії A=B.			Базова лінія A-B зміститься на відстань, на яку Ви змістилися, щоб правильно встати на черговий прохід.
<p>53. При тривалих перервах в роботі (обід, дозаправка і інш.) виконуйте наступні операції:</p>			
54. Переривання режиму водіння.			Зупинка роботи. Перехід в меню "Стоп".
55. Маркіровка точки зупинки роботи.			Точка паузи запам'ятована. Згодом можливе повернення до неї.
56.			Перехід в меню «Стоп».
57. Повернення до точки паузи (якщо Ви міняли розташування).			Підказка - в яку сторону потрібно повернути, і яка відстань до точки паузи.
58.			Перехід в меню «Стоп».

59.	Уточнення поправки e-Dif.	 		Вибір оновлення поправки e-Dif.
60.				Почався процес оновлення поправки.
61.				Процес оновлення поправки завершений.
62.				Перехід в меню «Стоп».
63.	Після перерви можна повернутися в той же режим водіння або вибрати новий.			
64.	Повернення в режим паралельного водіння з використанням раніше заданої базової лінії.	 		Робота щодо раніше заданої півні AB.
65.	Початок водіння.			Показується найближчий номер найближчого ряду.
66.	Після закінчення роботи обов'язково виконайте наступне:			
67.	Зупинка режиму водіння.			Зупинка роботи. Перехід в меню «Стоп».
68.	Вибір режиму очищення пам'яті	 или 		
				Почалося очищення пам'яті (дані про базову півнію і траєкторію руху).
				Поточні дані про супутники. Пам'ять повністю очищена. Прилад підготовлений до подальшої роботи.
Увага! Стежте за тим, щоб пам'ять приладу не переповнювалася. Звичайно об'єму пам'яті достатньо для 10 годин роботи. Якщо пам'ять переповниться в процесі роботи, прилад несподівано перестане правильно функціонувати, повідомлення про переповнювання пам'яті на дисплей не виводиться. Пошуки причин відмови віднімуть робочий час!				
	Виключення живлення приладу.	Перемкнути тумблер живлення на приладі в положення	Всі індикатори і дисплей згасли.	Живлення вимкнене. Можна відключати кабелі і демонтувати прилад і антену.

		OFF.		
--	--	------	--	--

2. Водіння по прямій лінії.

"Водіння по прямій лінії" використовується в тому випадку, коли необхідно вести обробку поля прямими, паралельними смугами. Початкову смугу можна прокласти уздовж прямої сторони поля або просто через середину поля і потім працювати по обох сторонах початкової смуги.

Пряма АВ визначається через маркування точок А і В. Лінія, що з'єднує ці дві точки є "початковою смугою". Всі подальші смуги прокладаються на точній відстані в обидва боки від початкової смуги.

- 2.1 **Маркування точки А:** Якщо машина знаходиться на початку прямої смуги, натисніть клавішу STRAIGHT GUIDANCE ("ведення по прямій лінії"). При цьому ви одержите на дисплеї вказівку PRESS ENTER FOR POINT "A" (Пункт А підтвердити клавішею ENTER). Натисніть ENTER, щоб зафіксувати точку А.
- 2.2 **Маркування точки В:** Рухайтесь по вибраному вами будь-якому прямому відрізку. Якщо ви рухаєтесь вздовж прямого краю поля, то проїдьте до кінця, перш ніж зафіксувати точку В. Якщо ви поділили поле на ділянки, то досить зафіксувати короткий відрізок АВ. Щоб зафіксувати точку В, потрібно просто ще раз натиснути на клавішу ENTER.
- 2.3 **Початок "Ведення по прямій лінії":** Після того, як ви зафіксували точку В, прилад автоматично починає "ведення". Необхідно постійно повертати кермо в тому напрямі, куди вказує стрілка на панелі світлодіодів (STEERING-GUID). Коли одна смуга закінчиться, просто розверніться і прилад автоматично направить вас по новій смугі.
- 2.4 **Перемикання функцій:** Ви можете при необхідності поміняти функцію "ведення по прямій лінії" на функцію "ведення по контурній лінії". У випадку, якщо ви назад перемикаєтесь на "прямі лінії", то ви повинні визначитися, чи будете ви орієнтуватися на первинну АВ-пряму, або хочете зафіксувати нову початкову пряму.
- 2.5 **Нумерація смуг:** Після того, як ви зафіксуєте початкову пряму, всі подальші прямі будуть автоматично нумеруватися. Причому з правого боку від початкової лінії будуть позитивні номери: +1, +2, +3 і т.д, а зліва від початкової лінії будуть негативні номери: -1, -2, -3 і т.д.

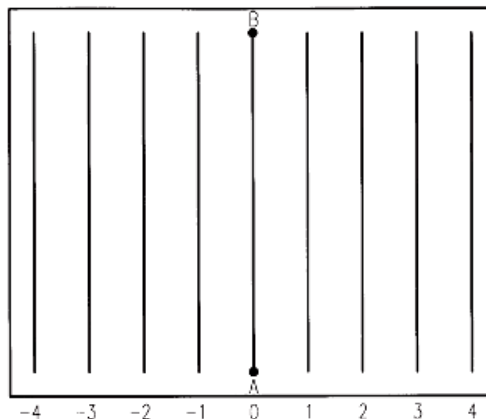


Рис. 4. Нумерація смуг.

3. Водіння по контуру.

- 3.1. Основні положення: "Ведення по контурній лінії" обирається, якщо ви хочете рухатися по краю ділянки. При включенні даної функції ви можете або позначити першу колію машини, або слідувати паралельно вже позначеній вами колії. Як тільки ви вибрали CONTOUR GUIDANCE, ви починаєте фіксацію першої смуги (без "ведення по лінії"). Якщо пізніше ви захочете слідувати паралельно першій смузі, то "ведення" включиться автоматично. Функція CONTOUR GUIDANCE звичайно використовується для обробки крайових ділянок полів, не прямокутних ділянок і для подальшої їзди паралельно контуру поля.
- 3.2. Перша смуга: Натисніть заздалегідь клавішу CONTOUR GUIDANCE (Ведення по контурній лінії). На екрані висвітиться "LOGGING PASS" ("запис смуги"). Тепер вибрана вами смуга буде зафіксована як початкова.
- 3.3. Подальші смуги: В режимі "Ведення по контурній лінії" прилад Outback S2 завжди орієнтується на попередню смугу, тобто кожна смуга є направляючою для наступної (навіть якщо ця смуга - пряма).
Увага: Коли ви починаєте нову смугу, то приладу необхідно якийсь час для пошуку попередньої смуги. Щоб вам не доводилося чекати, перед розворотом натисніть клавішу STOP GUIDANCE ("закінчити ведення"), а потім, після розвороту, клавішу CONTOUR GUIDANCE ("ведення по контурній лінії").
- 3.4. Установка нової початкової смуги: Наприклад, ви вже проїхали багато смуг, а зараз хочете прокласти нову смугу, яка не відповідає попередній. Ви повинні переїхати в пункт, звідки збираєтеся прокласти нову смугу. Потім потрібно знову підтвердити в меню функцію "LOGGING PASS" ("позначити смугу")
- 3.5. Перемикання функцій: Ви можете у будь-який час перемикатися між функціями "Ведення по контурній лінії" і "Ведення по прямій лінії". Якщо ви перемикаєтеся з "прямих ліній" на "контурні лінії", то прилад починає направляти вас щодо попередньої смуги.

4. Вимірювання площі.

У меню передбачена функція "PERIMETER SETUP". Вибір даного пункту меню натисненням клавіші "ENTER" активізує функцію виміру площі.

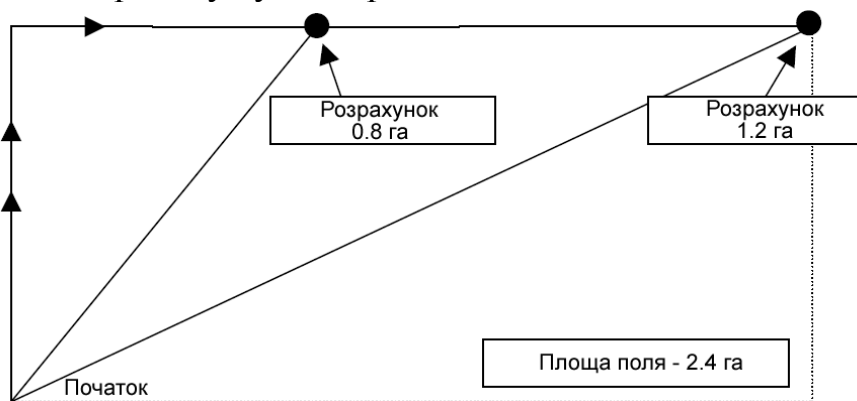


За допомогою клавіш із стрілками Ви можете вибрати одну з опцій: "Справа" "Центр" і "Зліва". Перш ніж приступити до виміру, необхідно у обов'язковому порядку очистити пам'ять системи Outback S2.

Щоб зміряти площу, яку Ви об'їжджаєте в правому напрямі, виберіть "Зліва". Площа, яку Ви об'їхали, обчислюється по лівому зовнішньому краю навісного знаряддя шляхом вказівки робочої ширини, тобто, лівий зовнішній край буде точкою виміру. Щоб зміряти площу, яку Ви об'їжджаєте в лівому напрямі, виберіть "Справа". Тепер площа, яку Ви проїхали, буде розрахована по правому зовнішньому краю навісного знаряддя після вказівки робочої

ширини. Якщо вимір площі повинен бути виконаний без навісних знарядь, виберіть опцію "Центр". Тут точкою виміру буде місце розташування антени. При виборі контурного режиму і натисненні клавіші із стрілкою "вниз" пройдена площа буде показана у вибраній Вами одиниці вимірювання (якщо фут, то в акрах і якщо метр, то в гектарах). Ефективна площа відноситься тільки до значення площі, показаного після замикання контуру.

Для видалення значення площі натисніть клавішу "STOP GUIDANCE", після чого пам'ять приладу буде стерта.



У приведеному прикладі транспортний засіб рухається в правому напрямі з вибраною опцією "зліва" - ліва межа робочої ширини є точкою виміру. Функція "вимірювання площі" доступна тільки в "контурному режимі".

5. Автоматичне зміщення лінії А-В

Дрейф (відхилення від позиції) супутників EGNOS і/або GPS може привести до того, що контрольна колія зміститися через декілька днів. При поверненні на полі в точку, коли потрібно продовжити рух по збереженій колії, можливо, що зв'язок з такою колією буде втрачений. Якщо під час ведення машини уручну уздовж лінії А-В з'ясується, що "реальна" лінія змістилася, є можливість виконати відповідне зміщення лінії і задати її як нову контрольну колію.

Під час руху за допомогою клавіш із стрілками перейти по дворядковому екрану дисплея до пункту "А-В зрушення". Знаходячись на "реальній" лінії АВ, Ви можете одноразовим натисненням клавіші "STRAIGHT GUIDANCE" зрушити нову лінію відповідно до дрейфу (відхиленням) супутників. Функція "Snap" доступна тільки в режимі "А-В".

Порядок виконання роботи

7. Підготувати до роботи систему паралельного водіння **Outback S2** в наступній послідовності:

- а) **Встановлення антени:** Антена на магнітному кріпленні монтується на даху кабіни. Це забезпечує кращий прийом супутникового сигналу. Якщо дах кабіни не металевий, то необхідно наклеїти на неї металеву пластину і змонтувати антену на цю пластину. Металева пластинка йде в комплекті з приладом. При установці не потрібно буде свердлити отвори.



- b) **Установка консолі Outback S2.** Консоль Outback S2 монтується на переднє скло кабіни трохи вище за рульову колонку за допомогою вакуумної присоски. Перш ніж почати монтаж, протріть скло вологою серветкою. Консоль Outback S2 закріплена на монтажній скобі при допомозі шарнірів і дозволяє приладу обертатися, забезпечуючи найбільш комфортну роботу



8. Для оволодіння основами роботи з приладом Outback S2 виконати всі пункти таблиці 2.
9. Налаштувати прилад на режим водіння по прямій лінії.
10. Налаштувати прилад на режим водіння по контуру.
11. Описати порядок вимірювання обробленої площі.
12. Перевірити працездатність і стабільність визначення координат в умовах наближених до польових.

Контрольні запитання

1. Чи може Outback S2 використовуватися як приймач сигналів ГСП для інших приладів?
2. Як зафіксувати пряму АВ?
3. Чи може Outback S2 зберігати поточні координати?
4. Яке джерело живлення передбачене для приладу Outback S2?
5. Як провести очищення пам'яті приладу?
6. Як вибрати тип диференціальної поправки?
7. Чи потрібно задавати точки А та Б в режимі "контурна лінія"?
8. Чи відбувається в режимі "контурна лінія" нумерація смуг?
9. Чи можливо переключати прилад з режиму "контурна лінія" в режим "пряма лінія" і навпаки?
10. Чи доступна функція "вимірювання площі" в режимі "А-В"?

Практична робота № 12

Калібрування растрових зображень карт місцевості

Мета роботи – ознайомитись з методикою проведення та послідовністю виконання географічної прив'язки карт місцевості для використання їх в технологіях точного землеробства.

Теоретичні передумови

Для відображення руху МТА по поверхні поля, для складання картограм-завдань на виконання певних польових технологічних операцій, а також для проведення низки інших важливих операцій пов'язаних з механізованими технологіями точного землеробства використовують растрові та векторні зображення місцевості.

Растрове зображення не є картою, в тому розумінні, яке прийняте в геодезії. Таке зображення формується з окремих пікселів, впорядкованих в певній послідовності. Зображення виглядає як картинка, але при близькому розгляді, видно, що воно представляє з себе набір точок різних за яскравістю та кольорами. По суті, представлення растрового зображення на екрані комп'ютера є аналогом форми в якій растр зберігається у файлі на диску комп'ютера. Однією з форм цього типу є бітовий образ (бітмап) що представляється файлом з розширенням .bmp. Файли *.bmp швидко відображаються на екрані, але займають багато місця в пам'яті комп'ютера.

Картографічне зображення включає великі ділянки одного фону, які можна легко стиснути, зменшивши кінцевий розмір файлів. Одним з найбільш популярних методів стиснення графічних файлів є .jpg формат. Даний формат ефективно зменшує розмір файла, особливо карти. Цей формат чудово підходить для фотографій людей і пейзажів, але менш ефективний для карт, оскільки в процесі компресії з'являються артефакти і трохи втрачається чіткість ліній.

Растрові зображення можуть містити схематичні або фотографічні зображення карт, плани місцевості. Користувач самостійно може намалювати карту в графічному редакторі. Проте у всіх цих випадках, комп'ютер розглядає ці картографічні зображення, як звичайні картинки. Дороги, дома, ліси, водні масиви є для комп'ютера звичайним набором різноколірних пікселів і нічим більше. І лише користувач, може ідентифікувати їх як окремі об'єкти, а всі зображення як карту певної місцевості. Все це є великим і найголовніше обмеженням при використанні растрів як карт.

Основною перевагою растру є можливість використовувати карти будь-яких регіонів і будь-яких масштабів, знявши електронну копію (сканування) з відповідного паперового оригінала. Користувач може самостійно, за допомогою графічного редактора, внести зміни в зображення карти, додавши дорогу або вносячи коментарі. Але при цьому, растрові карти залишаються звичайною картинкою, без додаткових інформаційних можливостей. Зміна масштабу растрової карти має на меті наближення або збільшення зображення без зміни інформації. Збільшене зображення представляє з себе наближену

картинку. Є програми, які при зміні масштабу, замінюють поточну карту іншою картою, більш детальною. Такий метод вимагає підготовки набору карт одного регіону в різних масштабах, відповідно, значно збільшується кількість файлів і їх загальний розмір пам'яті.

При досягненні межі карти, програма повинна самотійно, або уручну, за допомогою користувача, перемикатися на сусідній лист – продовження карти. Можна об'єднати листи сусідніх регіонів у єдине зображення і використовувати для переміщення по карті смуги прокрутки (scrollbars), але робота з об'єктами на карті вже буде менш зручною.

Програми для роботи з растровими картами як правило поставляються без карт. Якщо в інсталяційному комплекті і містяться карти, то звичайно це або базова карта світу, або карти якої-небудь, що не відноситься до користувача, місцевості. Під свої завдання, користувач повинен створювати карти самотійно. Можна сканувати паперові оригінали карт, викачувати їх з Інтернету, купувати на дисках.

Щоб растрове зображення стало дійсно картою для використання з ГСП приймачами його (зображення) необхідно доповнити деякою калібрувальною інформацією. Це пов'язано з тим, що по суті, плоска карта є проекцією зігнутої земної поверхні. "Вигнутість" тим більша, чим більша площа території охопленої на карті. Додаткові спотворення можуть виникнути в процесі сканування, або коли оригінал карти зрушений на деякий кут щодо півночі.

Найпростіше калібрування карти можна провести за допомогою двох точок розташованих на протилежних краях зображення. Передбачається що зображення карти лінійно і не містить спотворень. Калібрування дозволяє інтерпретувати положення на карті виражене в пікселях у значеннях широти і довготи. І відповідно, зворотний процес - геодезичні GPS координати переводяться в піксельні розміри і відображаються на карті.

Кarti великих розмірів або карти що мають деякі спотворення, зрушення, неточну орієнтацію на північ, вимагають 3-х і більше точок для калібрування. Значення координат точок калібрування може бути отримане експериментальним шляхом, за допомогою вимірювання GPS координат на місцевості, або використанням координатної сітки, відображеної на початковій паперовій карті. Якість одержаної растрової карти багато в чому залежить від процесу сканування оригіналу і подальшого калібрування. Чим точніше будуть проведені ці процедури, чим точніше будуть враховані всі особливості проекції оригінальної карти, тим якіснішою буде карта, що розроблена.

З найбільш популярних навігаційних програмних продуктів, що використовуються для роботи з растровими картами, варто виділити OziExplorer і його КПК версію OziCE.

Векторні карти. Векторні карти самі по собі не є зображенням і не зберігають картинку місцевості. Фактично, при виклику векторної карти, вона генерується "на льоту" використовуючи інформацію з баз даних. Векторна карта - це база даних, в якій зберігається інформація про точки, лінії, що сполучають ці точки і полігони, які є замкнутою послідовністю ліній. Кожен об'єкт має додаткові атрибути що характеризують властивість, колір, підписи.

Об'єкт, типу "Озеро" є замкнутим полігоном, із заповненням синього (або іншого схожого) кольору. Цей об'єкт має назву, тип, підтип і інші додаткові дані, які дозволяють не тільки відображати його на карті, але і використовувати в різних алгоритмах пошуку, обчислення і сортування.

Після того, як координати приймача обчислені, його місцеположення відображається на карті відносно положення інших географічних об'єктів з бази даних векторної карти. При цьому на екран виводяться ті об'єкти, що розташовані в безпосередній близькості від поточного місцеположення, з урахуванням вибраного масштабу. Переміщення приймача, супроводжується зміною "картинки", об'єкти, які виходять за межі, ховаються, і відображаються нові ділянки карти. Навігаційна програма, що використовує векторні карти, аналізує поточні координати, вибраний масштаб, налаштування приймача, і створює нове відображення. При цьому, залежно від масштабу, один і той же об'єкт може бути представлений в різному вигляді - схематично, детально, або взагалі не відображатися. Це зроблено для прискорення роботи з картою. Кожне переміщення вимагає нового перемальовування карти і всіх її видимих об'єктів. Чим більше об'єктів і чим детальніше вони представлені, тим більше часу займе цей процес.

Підписи до об'єктів, так само зберігаються в базі даних векторної карти і можуть динамічно "підвантажуватися" для відображення на карті. Деякі програми дозволяють змінювати настройки пов'язані з представленням написів на карті. Можна змінювати, шрифт, колір і розташування написів щодо об'єкту. Залежно від поточного масштабу, написи можуть бути приховані або відображатися вибірково.

Векторні карти розповсюджуються в різних форматах. Деякі можуть бути представлені в єдиних картографічних форматах і використовуватися з більшістю популярних програм, інші тільки у власних, здатних працювати тільки з однією фірмовою програмою. "Закритість" формату обумовлена декількома причинами. По-перше, виробники навігаційного устаткування, разом з картами вимушують купувати користувачів приймачі і програми тільки своєї фірми. По-друге, картографічні дані є інтелектуальною власністю, у виробництво якої були вкладені дійсно великі гроші, і компанії не зацікавлені в розповсюдженні цих даних і у використанні їх в інших навігаційних продуктах.

Векторні карти використовують такі відомі на сьогодні програмні продукти, як: "iGo", "TomTom", "Destinator", "Автосупутник" тощо.

З метою використання як векторних, так і особливо растрових карт їх необхідно калібрувати – прив'язувати до світових координат, що дає можливість у подальшому відслідковувати на таких картах будь-які координати, наприклад від датчика глобальної системи позиціонування.

Порядок виконання роботи

Завдання: провести калібрування растрового зображення західної частини м. Києва і перевірити якість отриманої карти.

7. Запустити програмний продукт OziExplorer.

8. З метою вивчення особливостей програмного забезпечення провести загальний огляд меню і можливі налаштування.
9. Через меню "**завантажити і відкалібрувати карту**" відкрити файл **М-36-049.jpg** західної частини м. Києва.
10. Вивести у візуальне вікно користувача растрове зображення західної частини м. Києва.
11. Провести калібрування растрового зображення не менше ніж по трьох точках. Зберегти файл карти як **М-36-049.map**.
12. Перевірити якість отриманої карти за допомогою "накладання" на карту файлу трека **Буча.plt** (файл задається викладачем) і перевірити точність його проходження.
13. Описати порядок виконання роботи. Зробити копію відкаліброваної карти з нанесеним треком. Зробити і записати висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити сутність утворення растрового зображення.
2. Що таке векторне зображення?
3. Описати переваги і недоліки растрового та векторного зображень.
4. Що таке калібрування карт? Порядок виконання калібрування растрових малюнків.

Практична робота № 13 (4 години)

Обладнання моніторингу електропровідних властивостей ґрунту

Мета роботи – ознайомитись з принципом роботи і будовою обладнання для вимірювання електропровідних властивостей ґрунту.

Теоретичні передумови

Відомо, що Україна має один з самих високих показників родючості ґрунтів у світі. У той же час, питанню охорони родючості ґрунтів не приділяється належної уваги. Понад 20 млн. га земель сільськогосподарського призначення на сьогодні визнано деградованими. Втрати найбільш родючої частини ґрунту становлять щорічно в середньому 15 тонн з гектара, тобто безповоротно втрачається близько 0,45 тонн найголовнішого показника родючості ґрунту - гумусу.

Щорічно, залежно від рівня врожайності, виноситься 100-200 кг/га поживних речовин і вони практично протягом останнього десятиріччя не повертаються до ґрунту. На сьогодні від'ємний баланс елементів живлення становить понад 100 кг/га за рік. На гектар посівної площі вноситься по тонні органіки - в 16 разів менше проти 1990 року. Прогресують різні види руйнування і деградації ґрунтів: еродованість, мінералізація гумусу, переущільнення ріллі, підкислення та осолонцювання раніше нейтральних ґрунтів тощо.

Охорона ґрунтів, раціональне використання, відтворення та збереження їх родючості неможливі без проведення моніторингу стану ґрунтового покриву. На жаль, Україна - одна з небагатьох країн Європи, яка не має моніторингових мереж і сучасної інформаційної системи про стан природних ресурсів, не існує єдиної методики проведення спостережень.

Для ефективного регулювання стану природного середовища, збереження високої якості біосфери і здатності природи до відтворення, значущу роль набувають, у першу чергу, ефективні методи екологічного моніторингу - системи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища. На сьогодні є потреба в датчиках для вимірювання чисельних характеристик про стан основного засобу виробництва продукції рослинництва – ґрунту. Інформація про рівень варіабельності агробіологічних параметрів по площі поля є ключовим моментом для прийняття рішення про доцільність або недоцільність застосування технологій точного землеробства взагалі. Саме тому, для володіння такою інформацією вишукують маловартісні але ефективні методи та способи реєстрації місцевизначених польових даних.

Для забезпечення високопродуктивного збору місцевизначеної інформації найбільш перспективними на даний час вважаються моніторингові системи з вимірювання електропровідності (ЕП) ґрунту. Дослідження ЕП властивостей ґрунту показали високий кореляційний зв'язок між ЕП ґрунту та його агрохімічними і агробіологічними показниками.

Маючи інформацію про електричний опір можна, зокрема, визначати концентрацію розчинених в рідині ґрунту солей, вміст органічної частини в порівнянні з мінеральною тощо. Вимірювання електричного опору відноситься до методів кондуктометрії. Кондуктометрія (від англійського conductivity - електропровідність і грецького metroo - вимірювання) є сукупність електрохімічних методів аналізу, заснованих на вимірюванні електричного опору ґрунту.

Кількісно ЕП характеризується коефіцієнтом питомої електропровідності ґрунту та має розмірність См/м. (См – Сіменс. Вернер Сіменс - німецький інженер, винахідник, вчений, видний політичний і громадський діяч. Засновник фірми Siemens AG - крупного міжнародного концерну, що працює у галузі електротехніки, електроніки, енергетичного устаткування, транспорту, медичного устаткування і світлотехніки):

$$\sigma = \frac{I}{E}, \text{ См/м}, \quad (1)$$

де I - сила електричного струму;

E - електрична напруга.

Величина, зворотна до σ представляє з себе питомий опір:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}, \text{ Ом}\cdot\text{м}. \quad (2)$$

Умовою проходження електричного струму є наявність вільних електронів та іонів. При цьому електронна провідність агрегатів, з яких складається ґрунт, досить низька. Ґрунт в основному має іонну провідність порових розчинів та поверхневу провідність. Тобто, ЕП ґрунту залежить від рівня вологості W , концентрації солей S , утримання газів P та рівня температури T . Наприклад, при рівних значеннях W , P та T питома ЕП ґрунту характеризує міру засоленості ґрунту.

Для вимірювання ЕП ґрунту використовують, як правило, метод 4-х симетрично розташованих контактів (схема запропонована С. Шлюмберже ще в 1932 р.).

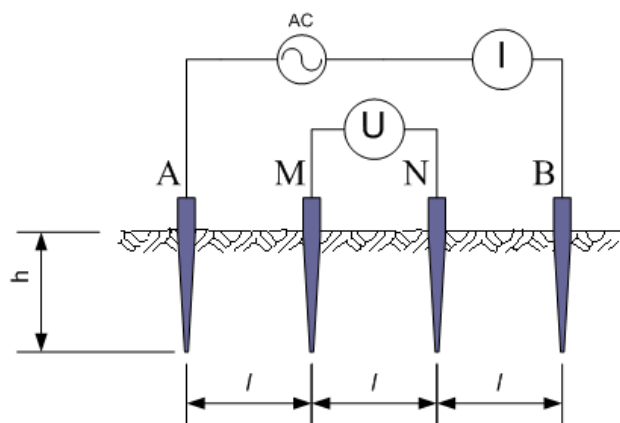


Рис. 1. Схема вимірювання ЕП ґрунту.

Для вимірювання електропровідності в ґрунт вводять два зовнішніх електроди до яких підводять напругу і вимірюють струм I . Між зовнішніми електродами симетрично на рівних відстанях вводять два вимірювальних

електроди на яких вимірюють напругу U . Питомий електричний опір ґрунту при цьому складає:

$$\rho = K \frac{U}{I}, \quad (3)$$

де K - коефіцієнт, що залежить від взаємного розташування і глибини занурення електродів;

Значення K розраховують по формулі:

$$K = \frac{\pi \cdot AM \cdot AN}{MN}, \quad (4)$$

де AM, AN, MN - відстані між відповідними електродами.

Рекомендовано, щоб MN не перевищувало $1/3 AB$. Глибина занурення – близько 15 см. Для випадку, що представлено на рис. 1, $K = 2\pi l$.

Функціональна схема обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту представлена на рис. 2.

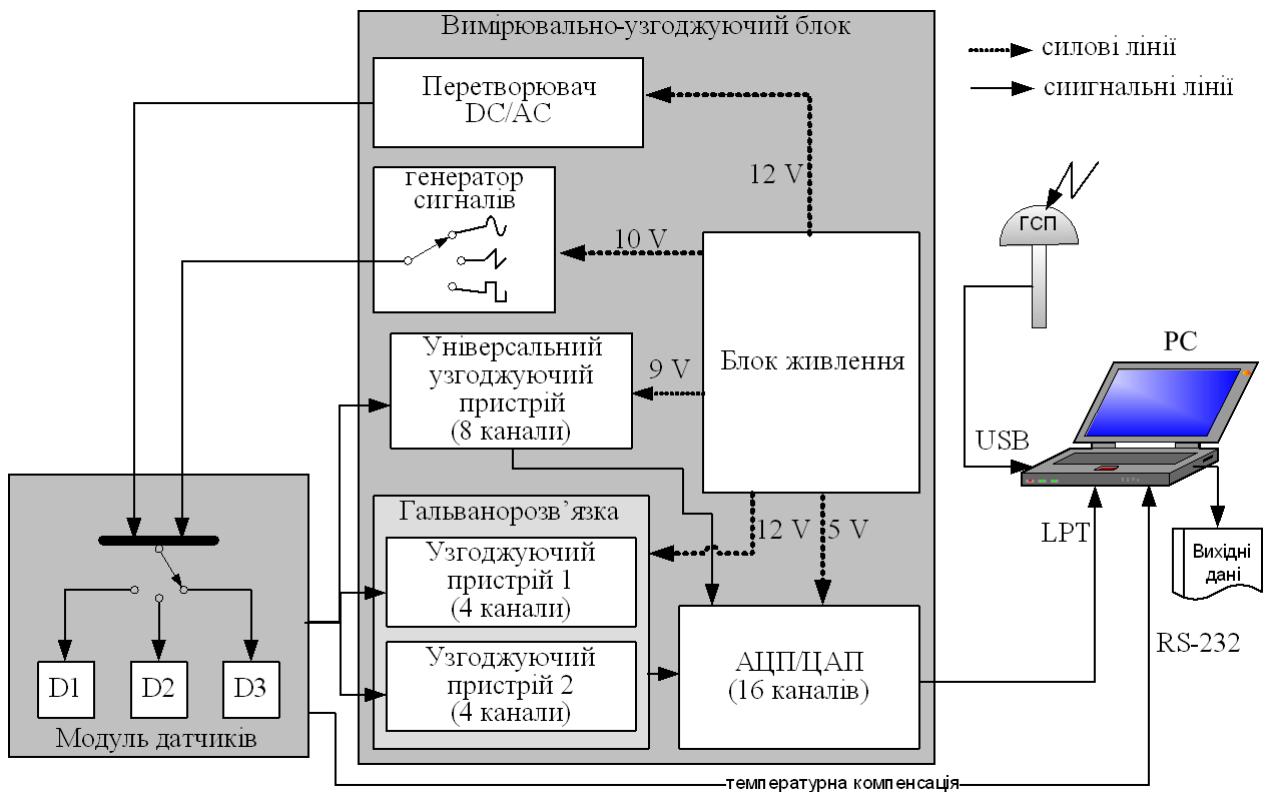


Рис. 2. Функціональна схема обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту.

Прилад для вимірювання ЕП властивостей ґрунту побудовано по модульному принципу з уніфікованими шинами даних. Це дозволяє, наприклад, підключати до вимірювально-узгоджувачого блоку широку гаму датчиків з різними (за фізичною сутністю) вихідними сигналами. На вхід гальванорозв'язки із узгоджувачими пристроями 1 та 2 можна подавати зміни напруги, струму, опору, частоти в широкому діапазоні амплітуд. Універсальний узгоджувачий пристрій на 4 канали може сприймати сигнали змінної ємності та індуктивності. На виході усіх узгоджувачих пристроїв

формується сигнал розмахом 200 мВ, що спрощує комунікацію датчиків з АЦП і зменшує перехресні викривлення.

Через слот модуля датчиків можливо підключати активні та пасивні сенсори. Активні сенсори живляться від перетворювача сталого струму у перемінний (DC/AC/DC перетворювач) та генератора сигналів. Останній може видавати сигнали синусоїдальної, пилоподібної та прямокутної форми.

Живлення усіх вимірювальних компонентів та узгоджуючих пристроїв відбувається від блоку живлення з вихідними напругами 5, 9, 10 та 12 вольт.

З виходу АЦП сигнали по лінії LPT поступають на бортовий комп'ютер. По порту RS-232 поступають сигнали з датчика температурної компенсації, а через порт USB – від датчика глобальної системи позиціонування.

При використанні датчиків-електродів слід враховувати, що для уникнення ефекту "батареї" та зменшення електролітичного ефекту, при введенні електродів у ґрунт, живити останні треба змінним струмом пилоподібної або прямокутної форми. Частота струму не має бути дуже низькою, тому що буде переважати електролітичний ефект. Водночас, частота не має бути дуже високою, тому що сильними стануть індуктивні ефекти. Частота, також, не має бути кратним числу 50, інакше важко буде використовувати 50 Гц фільтри. Частоту струму живлення датчиків-електродів розраховують по формулі:

$$f = \frac{2n+1}{2} 50, \text{Gz}, \quad (5)$$

де n – ціле число.

Підсилювач сигнал-генератора має бути диференціального типу, щоб уникнути прямого "заземлення" жодного з полюсів джерела живлення і тим самим забезпечити симетричність форми змінного струму відносно напруги 0 вольт. Так само узгоджуючий пристрій має також бути диференціального типу, його вхідний опір повинен бути максимально великим (не менше 10 МОм), щоб уникнути впливу граничного опору електрод-ґрунт.

Активні датчики з компенсаційною системою калібрування підключаються до АЦП по мостовій або напівмостовій схемі (рис. 3).

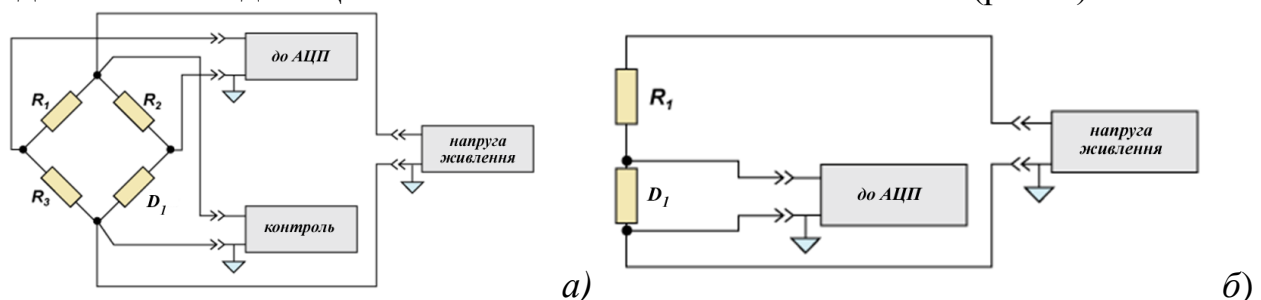


Рис. 3. Схема підключення активних датчиків: а) – мостова схема; б) – напівмостова схема.

У мостовій схемі відбувається контроль напруги, що подається, і вимірюється відносна зміна вихідної напруги у порівнянні з напругою збалансованого моста (0 вольт). У напівмостовій схемі проводиться вимірювання вихідної напруги відносно напруги, що подається.

У якості аналого-цифрового перетворювача використовується модуль **E-330**, який можливо використовувати у комплекті з портативними комп'ютерами завдяки наявності поширеного інтерфейсу LPT в режимі *EPP* або *Bidirectional* (в даний час практично всі комп'ютери підтримують ці режими). Максимальна пропускна спроможність *EPP* порту складає до 1 Мб в секунду. Це дозволяє реалізувати введення сигналів на великих частотах, що необхідно для проведення досліджень в реальному масштабі часу.

Модуль має можливість здійснювати синхронне багатоканальне введення інформації з аналогових каналів з частотою до 100 кГц на канал, а також здійснювати асинхронне введення з різних аналогових каналів з частотою до 500 кГц на канал. Основні техніко-експлуатаційні характеристики удосконаленого модуля **E-330** наведені у таблиці.

Техніко-експлуатаційна характеристика модуля **E-330**.

Параметр	Характеристика
Кількість каналів	16 диференціальних 32 із загальною землею
Розрядність	16 бітовий
Час перетворення	1.7 мкс
Вхідний опір	> 10 МОм
Діапазон вхідного сигналу	±5.12 В, ±2.56 В, ±1.024 В
Максимальна частота перетворення	500 кГц
Захист входів на модулі E-330	при включеному живленні вхідний захист витримує ±20 В; при вимкненому живленні вхідний захист витримує ±10 В.
Інтегральна нелінійність перетворення	±0.8 %, макс. ±1.2 %
Диференціальна нелінійність перетворення	±0.5 %, макс. ±0.75 %
Міжканальне проходження	На смузі 10 кГц менше 0.5 % На смузі 100 кГц - 1.5 %
Зсув нуля	±0.8 %, макс. 1 %
Час встановлення комутатора при перемиканні каналу	не більше 2.0 мкс

На модулі **E-330** є цифрові вхідні і вихідні лінії, за допомогою яких можна управляти зовнішніми пристроями, здійснювати цифрову синхронізацію введення інформації, зокрема проводити синхронний запис географічних координат і вхідних сигналів.

Загальний вигляд модуля E-330 представлено на рис. 4, а на рис. 5 – специфікація рознімача модуля.

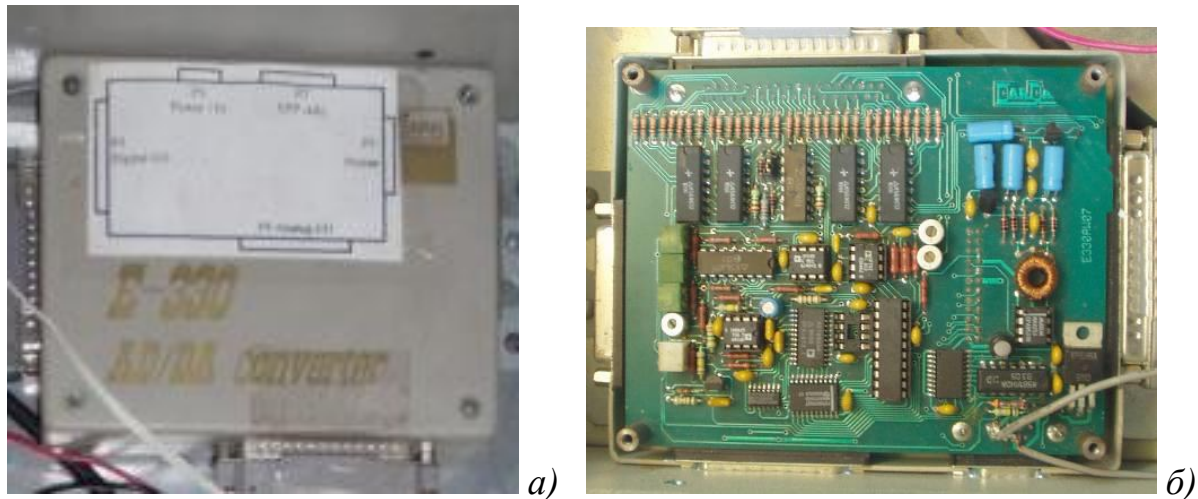


Рис. 4. Модуль аналого-цифрового перетворювача - *E-330*:
a) - загальний вигляд модуля; *б)* – удосконалена плата блоку живлення з функцією видачі зовнішнім споживачам напруги 5 вольт.

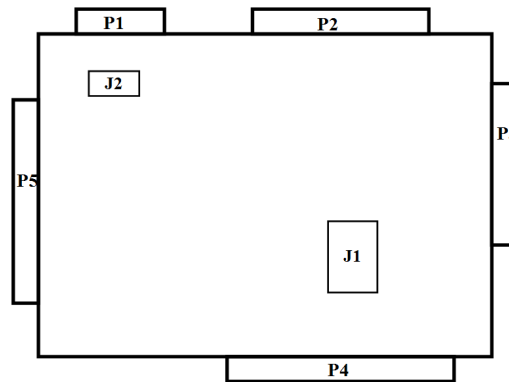


Рис. 5. Специфікація рознімів модуля - *E-330*.

Рознімання модуля мають наступне призначення:

- P1 - роз'єм для підключення живлення;
- P2 - роз'єм для підключення до порту принтера комп'ютера;
- P3 - роз'єм для підключення принтера;
- P4 - роз'єм для підключення аналогових сигналів;
- P5 - роз'єм для підключення цифрових сигналів;
- J1 - перемикач, що вибирає режим підключення вхідних аналогових сигналів (диференціальний або із загальною землею).
- J2 - перемикач, що вибирає режим включення зовнішнього живлення 5 В.

Перевагою модуля є можливість функціонувати у диференціальному режимі. При диференціальному підключенні вимірюється різниця напруги між двома входами каналу. При такому підключенні забезпечується приглушення шумів, що виникають на сполучних дротах, на 60 дБ.

Функціональна схема узгоджуючого пристрою блоку гальванорозв'язки наведена на рис. 6.

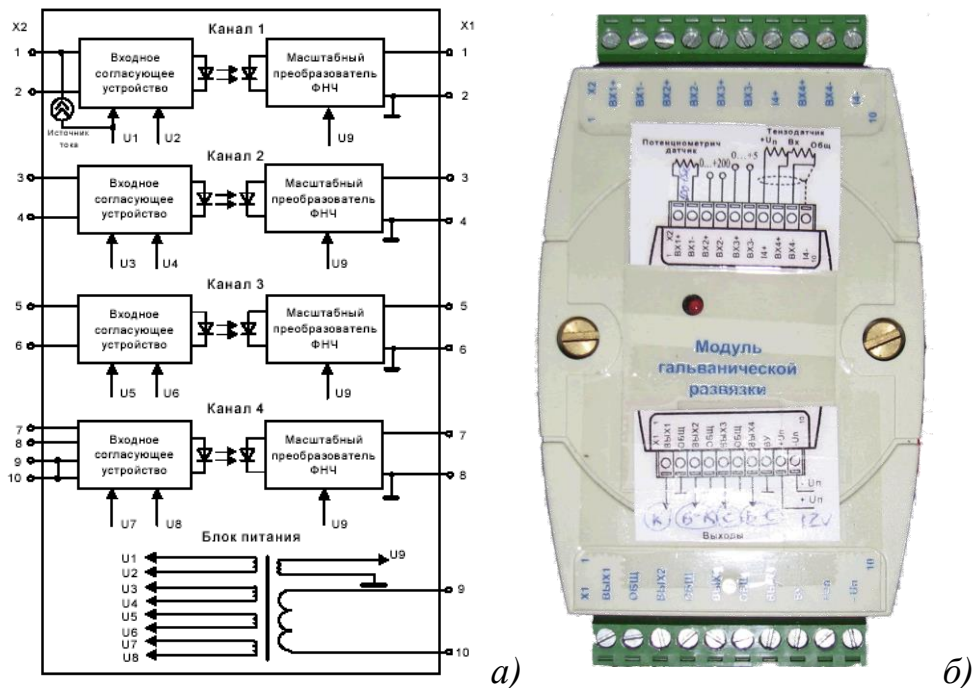


Рис. 6. Функціональна схема узгоджувачого пристрою а) та його загальний вигляд б).

Основне призначення такого узгоджувачого пристрою - забезпечення гальванічної розв'язки виходу датчика з входом АЦП і приведення електричних параметрів сигналу від датчика до нормованого рівня. Основні технічні характеристики:

- діапазон вимірювання напруги для всіх каналів, В – від +1 до +5;
- похибка нелінійності, % – $\pm 0,1$;
- час встановлення вихідної напруги від 10 до 90 %, мс – 250;
- опір навантаження, МОм – не менше 10;
- вихідний опір, Ом – не більше 0,1;
- напруга живлення, В – від 10 до 30;
- струм споживання, А – не більше 0,15;

Узгоджувачий пристрій може працювати при температурах в діапазоні від -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості 98% по чотирьох вимірювальних каналах. Живлення відбувається від загальної силової електричної лінії контролера.

В приладі використано 2 узгоджувальних пристрої з каналами вимірювання:

- опір від 100 до 15 000 Ом;
- напруга ± 10 В;
- напруга від 0 до +5 В;
- тензодатчик з опором не менше 2×90 Ом і напругою живлення 9 В – 2 канали;
- опір від 100 до 400 Ом – 2 канали;
- струм від 0 до 100 мА.

Універсальний узгоджувачий пристрій виготовлено на базі вимірювального приладу DT-890В шляхом додавання до його схемотехніки

цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Усі компоненти зібрані разом у єдиний вимірювально-реєструючий прилад (рис. 7, 8) розмірами 42x31 см.

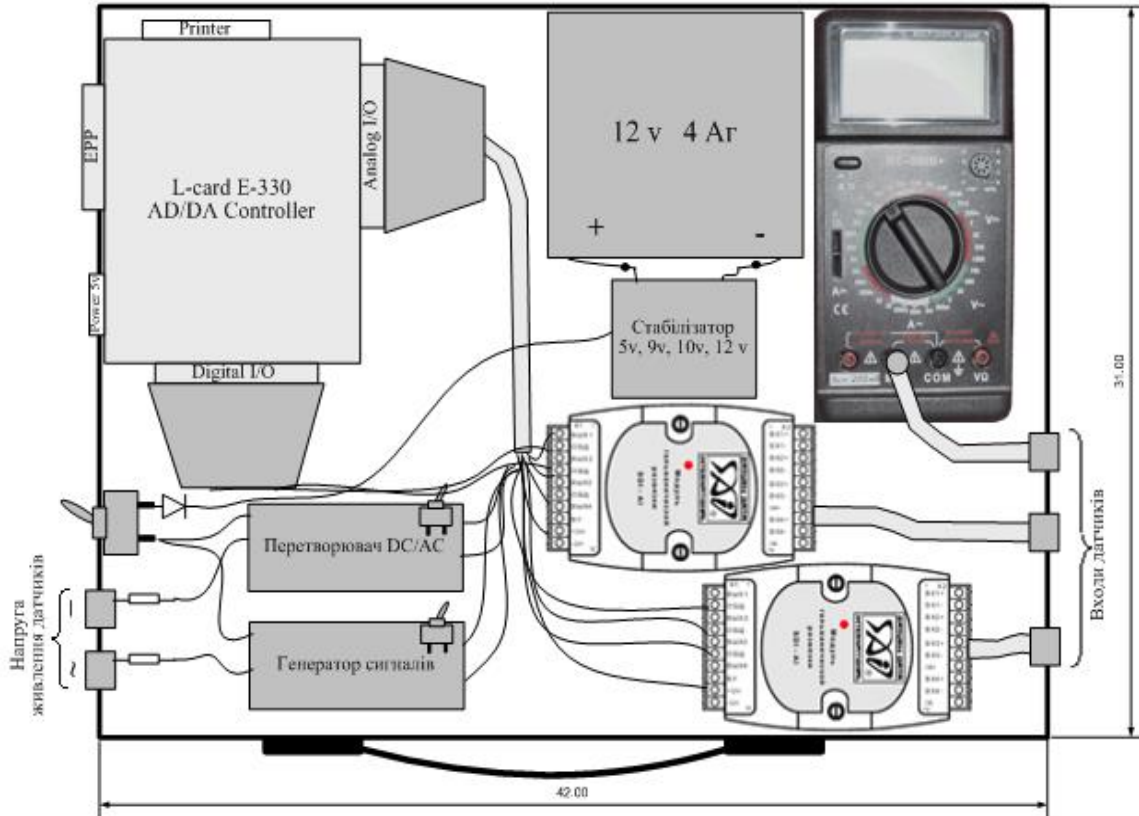


Рис. 7. Компонована схема вимірювально-реєструючого приладу.

Первинним джерелом енергії виступають акумуляторні батареї ємністю 4.5 АГод. Загальна вага вимірювально-реєструючого приладу – 6.3 кг.

Для вхідних ланок сигналів з малою амплітудою використовують екрановані кабелі довжиною до 6 м.



Рис. 8. Загальний вигляд вимірювально-реєструючого приладу.

Функціональна схема обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту поверхнево-контактним способом представлена на рис. 9.

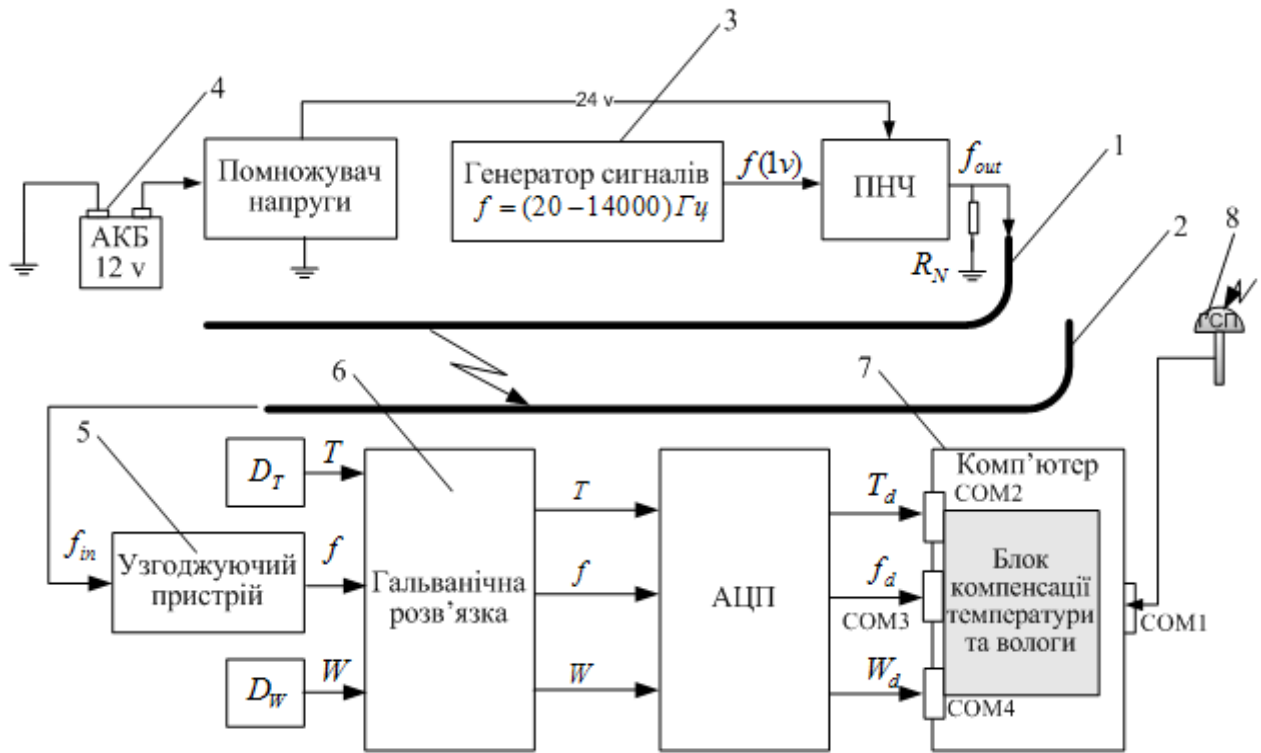


Рис. 9. Схема обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту поверхнево-контактним способом: 1 – випромінююча антена; 2 - приймальна антена; 3 - генератор сигналів; 4 – акумуляторна батарея; 5 - узгоджувачий пристрій; 6 - гальванічна розв'язка; 7 – комп'ютер; 8 – датчик ГСП.

Спосіб вимірювання ЕП властивостей ґрунту базується на вилученні у ґрунтовий простір підсилювачем низької частоти (ПНЧ) електромагнітних хвиль в діапазоні 20-20000 Гц. Ґрунт слугує середовищем, через яке сигнал від випромінюючої антени 1 проходить та спотворюється, а надалі надходить до приймальної антени 2. Для формування сигналу вилучення частотою f застосовано генератор сигналів 3, на виході якого генерується сигнал амплітудою 1 вольт.

З приймальної антени 2 сигнал поступає на узгоджувачий пристрій 5, який служить для узгодження амплітуди сигналу з діапазоном входних можливостей гальванічної розв'язки 6. На два додаткових входи гальванічної розв'язки надходять сигнали від датчика температури ґрунту D_T та датчика його вологості D_W . Далі сигнали T , f та W попадають на аналогово-цифровий перетворювач, а вже з нього на комунікаційні порти комп'ютера 7.

На комунікаційний порт комп'ютера COM1 надходять сигнали від датчика координат глобальної системи позиціонування 8, а на порти COM2, COM3 та COM4 – відповідно сигнали T_d , f_d та W_d .

Комп'ютер, за допомогою програмного забезпечення AgroLog з вбудованим модулем компенсації впливу змін температури та вологи проводить синхронний запис сигналів датчика координат місцезнаходження сенсорної системи в полі і сигналів від датчиків-вимірювачів, що надходять по кожному з чотирьох каналів АЦП (або комбінації цих сигналів) на магнітний

носій з формуванням файлу даних текстового типу з розподільником "кома" і розширенням *.csv. Масиви даних такого формату надалі обробляються за допомогою програмного забезпечення MS Excel.

Порядок виконання роботи

14. У відповідності до рис. 2 налагодити схему обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту.
15. За формулою (6.4) розрахувати значення коефіцієнта K при $l=0.15$ м.
16. За формулою (6.5) розрахувати частоту f струму живлення датчиків-електродів при $n=1$.
17. Налагодити обладнання у відповідності до визначених значень параметрів K та f .
18. На ґрунтовому каналі підготувати 3 ділянки з вологістю ґрунту 26%, 34% і 42%.
19. Протягнути по поверхні ґрунту вимірювальну установку, що зібрана у відповідності до рис. 9, і провести запис даних на USB флеш-карту.
20. За допомогою офісних комп'ютерів побудувати в програмі MS Excel графік зміни питомого електричного опору ґрунту і роздрукувати.
21. В звіті стисло законспектувати теоретичні передумови, описати порядок виконання роботи, подати рисунки 2 та 9. Додати роздруковку графіка питомого електричного опору ґрунту. Зробити висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чому вимірювання ЕП властивостей ґрунту є ефективним моніторинговим засобом?
2. Дати визначення що таке питома електропровідність та питомий опір ґрунту.
3. Навести схему вимірювання ЕП ґрунту методом 4-х симетрично розташованих контактів і подати формулу розрахунку питомого електричного опору.
4. Як розрахувати частоту струму живлення датчиків-електродів приладу для вимірювання ЕП властивостей ґрунту?
5. Яке призначення пристрою гальванорозв'язки?
6. Описати схему обладнання для вимірювання ЕП властивостей ґрунту поверхнево-контактним способом.

Практична робота № 14

Обладнання моніторингу стану ґрунтового повітря

Мета роботи – ознайомитись з принципом роботи і будовою обладнання для вимірювання рівня вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі.

Теоретичні передумови

В рільництві основним засобом виробництва є ґрунт, тому збереження і відтворення його родючості є головним фундаментальним завданням будь-якої системи землеробства. Добре відомо, що основою родючості ґрунту є гумус, тому аксіомою є положення, що чим вищий вміст гумусу в ґрунті тим вища його родючість.

Зниження природної родючості ґрунту викликало цілий ряд екологічних проблем як місцевого, так і глобального характеру. Наприклад, однією з них є проблема глобального потепління на нашій планеті. Причина потепління полягає в збільшенні вмісту парникових газів в повітрі, серед яких одним з основних є вуглекислий газ (CO_2). Як показали розрахунки, проведені вченими різних країн світу, на долю сільського господарства припадає більше 20% загального планетарного викиду вуглекислого газу в атмосферу.

Тому, збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті є напрямком, який дозволяє вирішити проблему збереження родючості ґрунту та екологічну проблему глобального потепління на планеті. Одним із способів моніторингу родючості ґрунту є спостереження за динамікою секвестрації та емісії вуглекислого газу. Пов'язане це з тим, що вуглець є основою формування гумусу, який обумовлює фізико-механічні, хімічні та біологічні властивості ґрунтів.

Важливим показником якості ґрунту є рівень життєдіяльності ґрунтових організмів. Інтегрованим показником діяльності ґрунтової біоти може служити інтенсивність виділення вуглекислого газу.

Для вирішення означених задач моніторингу стану ґрунту необхідно мати сучасні засоби і методики визначення вмісту вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі та його емісії з ґрунту в залежності від різних технологічних факторів (обробітку ґрунту, рівня добрив, сівозмін та ін.).

Для визначення емісії CO_2 з ґрунту використовують, так званий, метод «комірок» (рис. 1).

Суть методу «комірок» полягає у визначенні спеціальними індикаторами кількості CO_2 , що виділяється з певної площі поверхні ґрунту протягом визначеного часу. Недоліком такого методу є усереднений результат вимірювання по часу. Іншими словами, отримання часової розгортки зміни емісії CO_2 протягом певного часу (наприклад, однієї доби) є утрудненим. Також цими методами неможливо фіксувати динаміку накопичення вуглекислого газу в різних шарах ґрунту, що особливо важливо, наприклад, при заробці органічних добрив в ґрунт на різну глибину.

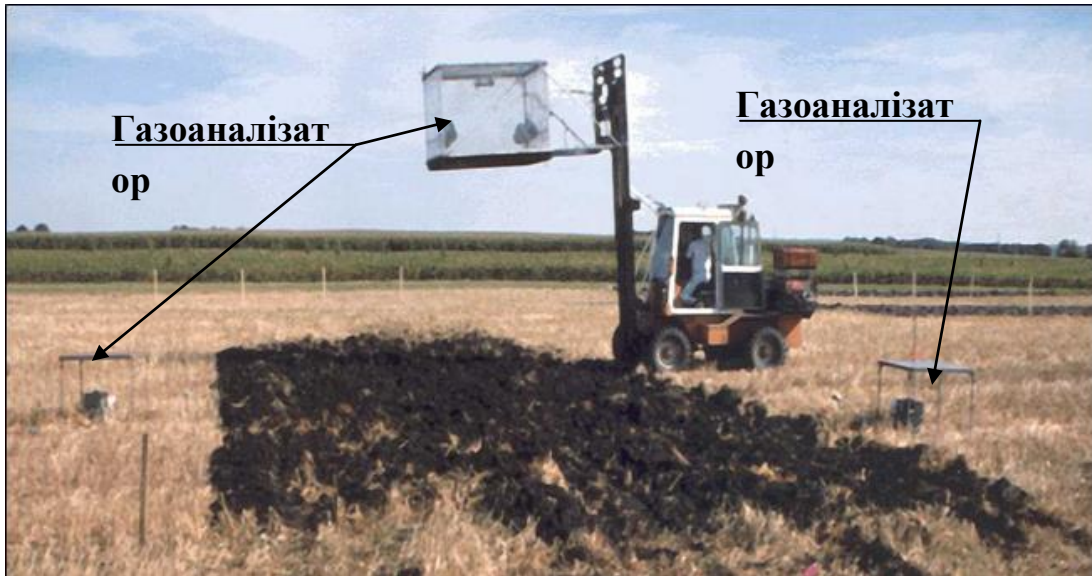


Рис. 1. Схема методу «комірок» для визначення інтенсивності виділення CO_2 певною площею поверхні ґрунту під дією зовнішніх факторів

Вуглекислий газ надходить із ґрунту в атмосферу по, так званому, вуглецевому циклу. Вуглець являє собою суттєву частину клітинної структури більшої частини живої та рослинної біомаси в ґрунті. При фотосинтезі відбувається синтез вуглецю в клітинах рослин шляхом поглинання вуглекислого газу (CO_2) із атмосфери. Рослини отримують енергію сонячного світла через хлоропласти, які містять хлорофіл: ця «зелена фабрика» багата вуглеводнями, ліпідами і білком, що є основою життя на планеті. Рослини поглинають вуглекислий газ (CO_2) і виділяють в атмосферу молекулярний кисень (O_2), підтримуючи таким чином газовий баланс.

Залишена на поверхні ґрунту стерня (пожнивні залишки) починають розкладатися, як тільки вміст води і рівень температури досягне оптимального значення. При заробленій стерні і вологому ґрунті, що достатньо насичений киснем, відбувається швидке окислення зароблених в ґрунт органічних речовин, оскільки мікроорганізми отримують максимальне живлення від стерні. Цей феномен призводить до швидкої втрати ґрунтового вуглецю, який вивільнюється в атмосферу у вигляді вуглекислого газу (CO_2). Ще однією формою втрати вуглецю може бути виникнення анаеробних умов, коли утворюється газ метан (CH_4). Виділення цих парникових газів якраз і зв'язано з процесом глобального потепління.

Окислення органічних речовин починається, коли пожнивні залишки спочатку піддаються впливу целюлотичних грибків, а потім усіх видів мікроорганізмів ґрунтової фауни. При таких умовах швидке розкладання органічних речовин, що викликане переорюванням поверхні ґрунту, розщеплює розчинні вуглеводні та компоненти гумусу з низькою молекулярною вагою, які є не дуже стійкими. Цей швидкий розпад і вивільнення CO_2 перешкоджає формуванню вуглецю в ґрунтовому профілі.

На Світовому Конгресі по Охороні Навколишнього Середовища, який проходив в Боні (Німеччина) у червні 2008 року, було констатовано, що рівень CO_2 в атмосфері у 1850 р. складав 280 проміле, а в 1997 р. доходив вже до 375

промиле. В теперішній час щорічне збільшення CO_2 в атмосфері складає 1,5 проміле.

Впровадження нульової обробки на даний момент складає 30% в Канаді та США і трохи більше 50% в Бразилії. Американський та бразильський досвід показують, що результати кращі в тому випадку, коли нульова обробка поєднується з технологіями, такими як поліпшення постачання води, сівозміни з фуражними та бобовими культурами, внесення поживних залишків, комплексні засоби в боротьбі із шкідниками тощо.

Для реєстрації рівня органічного вуглецю в ґрунті та спостереження за динамікою його накопичення в різних шарах ґрунту використовується методика, сутність якої полягає у реєстрації місцевизначених даних з вмісту вуглекислого газу у ґрунтовому повітрі по шарах ґрунту шляхом висмоктування певного об'єму ґрунтового повітря з заданої глибини і подачею цього повітря до газоаналізатора, який виконаний на базі фотоіонізаційного (ФІД) та інфрачервоного (ІЧД) датчиків. Послідовність реалізації даної методики представлено на рис. 2.

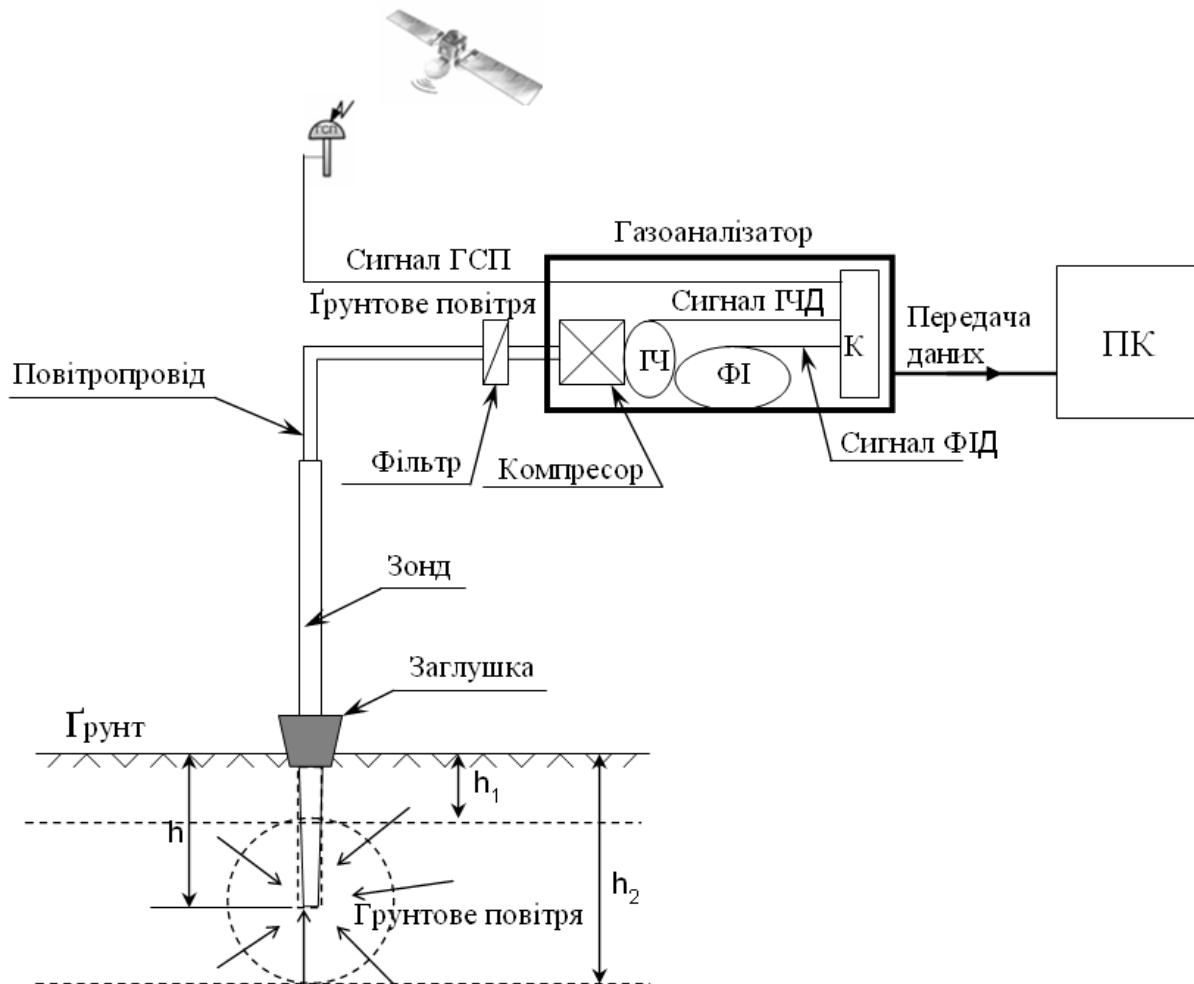


Рис. 2. Схема приладу для реєстрації місцевизначених даних з вмісту вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі

Зонд, виготовлений у вигляді пустотілого циліндра діаметром 20 мм, занурюють у ґрунт на задану глибину $h = (h_1 + h_2)/2$, яка визначається умовами вимірів (параметром дослідного шару $\Delta h = h_2 - h_1$, що задається). Якщо ґрунт достатньо щільний, то за допомогою бура робиться свердловина, у яку

вставляється зонд. Спеціальна заглушка закриває свердловину, щоб унеможливити потрапляння через забірний отвір зонда атмосферного повітря. Забірний отвір знаходиться на кінці зонда та захищений від забивання ґрунтом. За допомогою цього зонда по гнучкому повітропроводу ґрунтове повітря подається через фільтр до газоаналізатора. Концентрація газів ґрунту визначається в проміле за допомогою інфрачервоного та фотоіонізаційного детекторів в автоматичному режимі. Параметри роботи детекторів (час автокалібрування, час попереднього просмоктування повітря компресором та час вимірювання) задаються перед початком експерименту і визначаються в кожному конкретному випадку індивідуально.

Основним моніторинговим обладнанням для вимірювання вмісту вуглекислого газу в ґрунті є типовий газоаналізатор, наприклад, газоаналізатор «Ecorprobe 5», виробництва фірми RS Dynamics з Чехії (рис. 3).

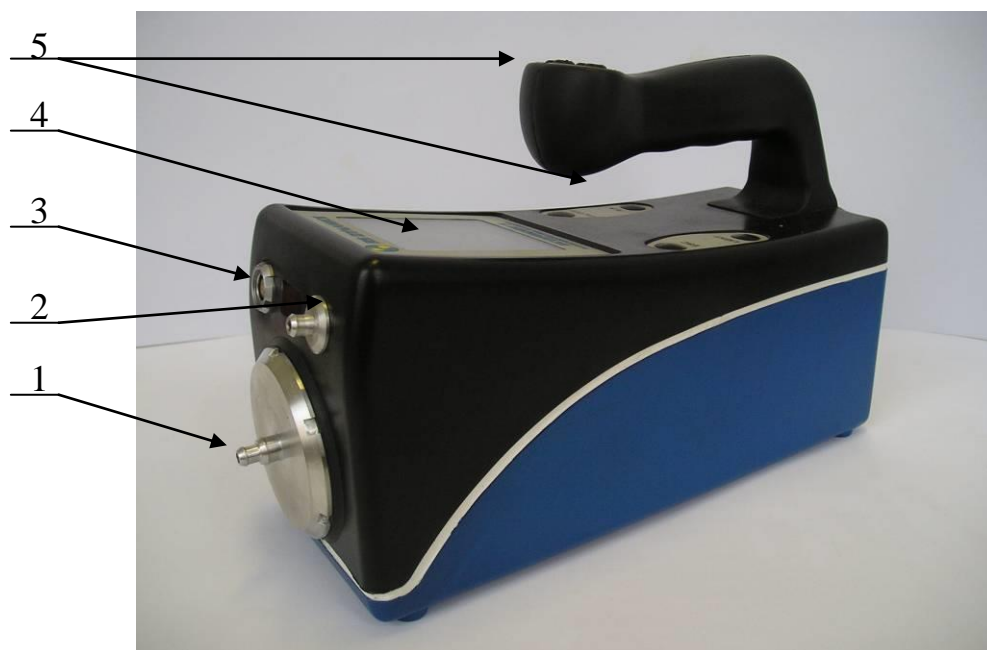


Рис. 3. Газоаналізатор «Ecorprobe 5» («RS Dynamics», Чехія):

- 1 – патрубок для забору газу на аналіз; 2 – патрубок для виведення дослідженого газу за межі приладу; 3 – мультифункціональний роз’єм; 4 – дисплей; 5 – панель ручного управління та корекції роботи.

Це повністю автономний прилад із власним джерелом живлення (акумуляторна батарея). Подача газу для аналізу відбувається за допомогою вбудованого повітряного насосу через патрубок 1. Через патрубок 2 досліджений газ видаляється з приладу. Результати вимірювання певного параметру прилад може видавати на зовнішній пристрій через мультифункціональний роз’єм 3. Також через цей роз’єм відбувається автоматичне дистанційне управління приладом ззовні, наприклад, з персонального комп’ютера. У випадку ручного управління передбачено відповідну панель управління 5 та графічний дисплей 4.



Рис. 4. Панель управління та графічний дисплей Газоаналізатор «Ecoprobe 5»

При проведенні вимірювань використовуються поняття "області" і "станції". Сутність цих понять розкривається рисунком 5.

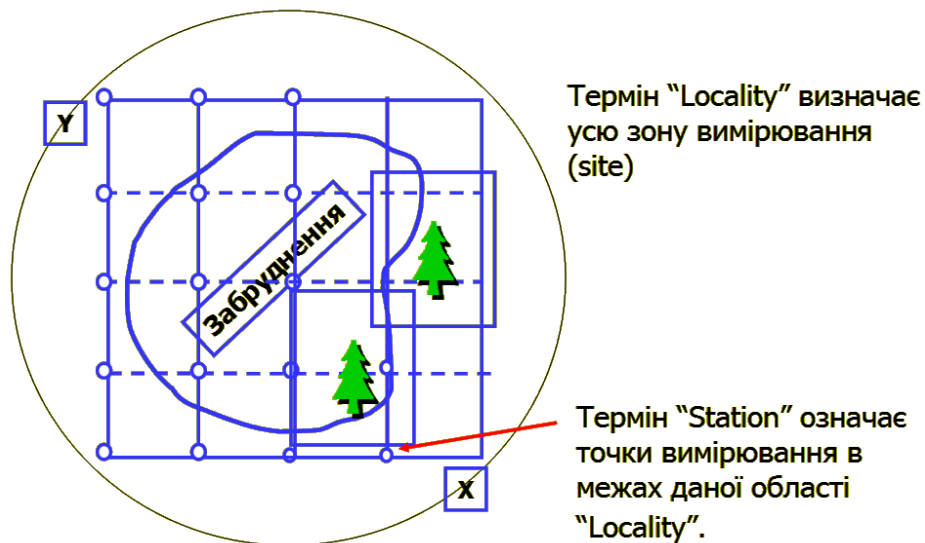


Рис. 5. Сутність понять "області" і "станції".

Зв'язок прилада з комп'ютером відбувається за допомогою програми для комунікації ECOPROBE View Plus. ECOPROBE View Plus – пакету програм, що дозволяє передавати дані від приладу до комп'ютера і забезпечує графічну інтерпретацію даних, процедури калібрування шкали вимірів і зв'язок по інтернету між віддаленим приладом ECOPROBE 5 і базовим офісом. ECOPROBE View Plus дозволяє імітувати клавіатуру приладу для віддаленого його контролю.

Після натиску на кнопку ON/OFF відкривається меню привітання і далі - основне меню (рис. 6). Під час вимірювань в офісних умовах, будуть будуватися тільки графіки від IR CO₂ каналу, так як немає органічних забруднень, які реєструються по інших каналах. CO₂ канал, як правило, дає

значення близько 300 ppm на свіжому повітрі. Більші концентрації можуть бути зафіксовані в приміщеннях, де дихають люди.



Рис. 6. Меню привітання і основне меню приладу.

Для проведення вимірювань створюється файл конфігурації (рис. 7).

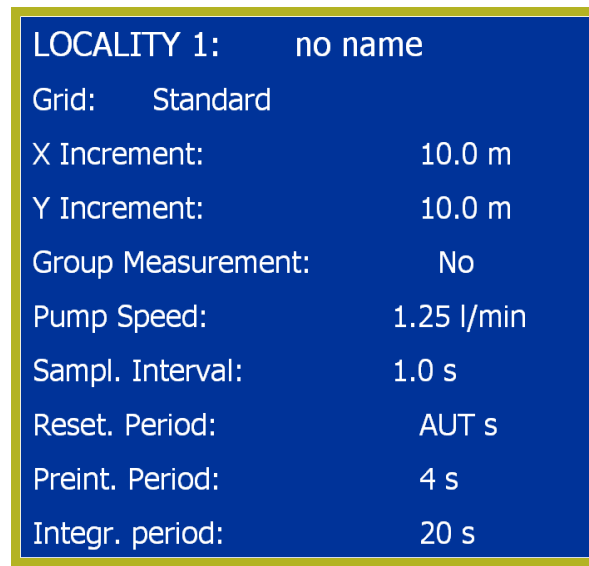


Рис. 7. Меню створення файлу конфігурації.

На рис. 8 а) показано процес вимірювання стану ґрунтового повітря по різних каналах. Наприклад, під час вимірювань в офісних умовах, будуть будуватися тільки графіки від IR CO2 каналу, так як немає органічних забруднень, які реєструються по інших каналах. CO2 канал, як правило, дає значення близько 300 ppm на свіжому повітрі. Більші концентрації можуть бути зафіксовані в приміщеннях, де дихають люди.

Після декількох вимірів результати видаються на дисплей у вигляді стовпчиків гістограми – рис. 8 б). Маленький курсор вказує останнє вимірювання, при цьому можна розглядати кожен вимірюваний станцію, переміщуючи курсор, користуючись лівою стійкою на інструментальній ручці. Вимірювання можна продовжувати, якщо переміщати курсор на останню вимірювану станцію і натискати кнопку запуску вимірювання.

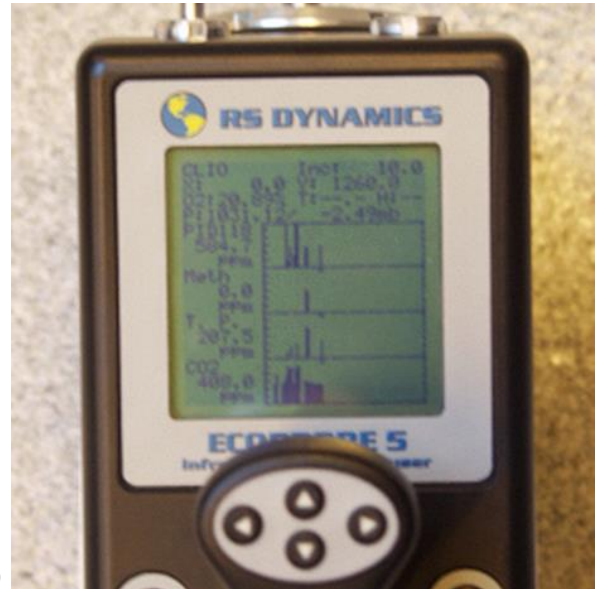
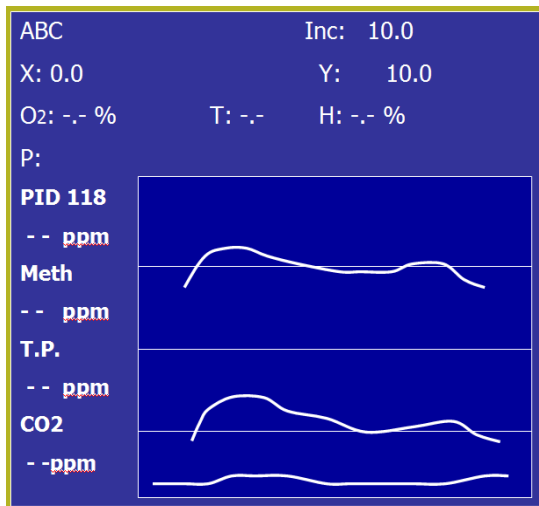


Рис. 8. Процес вимірювання стану ґрунтового повітря: а) - типи графіків вимірювань; б) - результати вимірів на дисплеї.

Порядок виконання роботи

22. Підготувати до роботи газоаналізатор «Ecoprobe 5».
23. Налаштувати прилад на вимірювання под IR CO₂ каналу.
24. На експериментальній ділянці з супісчаним типом ґрунту підготувати свердловину на глибину 25 см і користуючись зондом з заглушкою провести аналіз ґрунтового повітря на вміст CO₂.
25. Провести вимірювання за п. 3 на глинястій ділянці.
26. Перенести прилад до аудиторії і за допомогою програмного продукту ECOPROBE View Plus перенести записані експериментальні дані на офісний комп'ютер.
27. За допомогою програмного продукту Golden Software Grapher побудувати графіки аналізу ґрунтового повітря на вміст CO₂ на супісчаний та глинястій ділянках.
28. В звіті подати теоретичні передумови, описати порядок виконання роботи, подати рисунки 2 та 5. Додати роздруківку графіків аналізу ґрунтового повітря на вміст CO₂ і зробити висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Подати актуальність реєстрації рівня органічного вуглецю в ґрунті та спостереження за динамікою його накопичення.
2. Описати схему обладнання для вимірювання рівня вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі і стеження за рівнем забруднення ґрунту.
3. Описати порядок роботи з газоаналізатором «Ecoprobe 5».
4. Охарактеризувати поняття "області" і "станції".
5. Описати можливості програми для комунікації ECOPROBE View Plus.

Практична робота № 15 (4 години)

Моделювання роботи дозатора машини для внесення ТМ в системі точного землеробства

Мета роботи – побудувати математичну модель функціонування дозатора машини для внесення технологічних матеріалів (ТМ) в технологіях точного землеробства і провести оптимізацію її параметрів.

Теоретичні передумови

1. Основи функціонування машини для внесення ТМ

Машини для внесення ТМ при роботі за системою точного землеробства повинні одночасно з традиційними задачами виконання агротехнічних вимог до процесу внесення виконувати ще додаткові задачі з реалізації "електронних" планів внесення ТМ, які синтезовані на підставі алгоритмів оптимального співвідношення між потребою елементарних ділянок поля і нормою внесення ТМ. При цьому, обов'язковим елементом спеціалізованого обладнання є навігаційна апаратура для визначення положення машини в полі..

Для проведення, наприклад, сівби із змінними нормами можливо використовувати карт- або сенсор-технологію. Для реалізації сівби за сенсор-технологією бажано використовувати системи з адаптивним ладнанням. Для здійснення процесу сівби за карт-технологією необхідно сформулювати картограму-завдання на операцію сівби. Така картограма базується на інформації про урожайність культури попереднього року сільськогосподарських робіт та даних з моніторингу фізико-механічних та агрохімічних параметрів ґрунту. На підставі цієї інформації та на основі агрономічних знань, історичних відомостей про поле і знаннях алгоритмів взаємозв'язку між місцевизначеними параметрами поля генерується електронна картограма заданих норм висіву насіння по площі поля. Тобто, однією з умов застосування місцевизначеної сівби є ідентифікація відмінностей у властивостях елементарних ділянок поля. Необхідно знівелювати цю різницю, наприклад, шляхом застосування місцевизначеної сівби - висівати таку кількість насіння на одиницю площі, щоб отримати максимальний врожай при мінімальних витратах посівного матеріалу.

Досвід впровадження технології місцевизначеної сівби показує, що для отримання найкращих показників по урожайності на ґрунтах з різним вмістом поживних речовин і вологи, необхідно створювати різну густоту стояння рослин. Зокрема, на ґрунтах з більшим вмістом поживних речовин доцільно висівати і більшу кількість насіння на одиницю площі. На рис. 1 показана залежність врожайності зерна кукурудзи від густоти стояння рослин та норми внесення азотних добрив. Вигляд поверхні відгуку свідчить, що для отримання максимальної врожайності зерна кукурудзи для кожної з ділянок поля з різним вмістом поживних речовин необхідно запроваджувати сівбу з відповідно різною запланованою густотою стояння рослин.

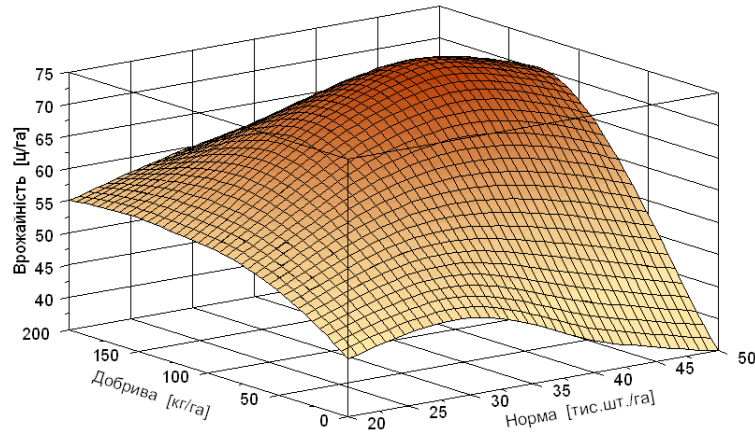


Рис. 1. Залежність врожайності зерна кукурудзи від густоти стояння рослин та норми внесення азотних добрив.

Наприклад, при дозі внесення азотних добрив на рівні 50 кг/га оптимальна норма сівби складає 25 тис. шт. насінин на гектар, а при дозі внесення добрив – 150 кг/га оптимальна норма висіву насіння складає близько 42 тис. шт./га.

Задана щільність $\lambda(S)$ розподілу технологічного матеріалу (ТМ) по площі живлення S визначається співвідношенням:

$$\lambda(S) = \frac{\lambda(t)}{BV}, \quad (1)$$

де $\lambda(t)$ - інтенсивність потоку ТМ, кг/с;

B – ширина захвату сівалки, м;

V - робоча швидкість руху, м/с.

Точність реалізації необхідної щільності розподілу ТМ по площі поля за місцевизначеною технологією залежить від великої кількості факторів, починаючи з точності реєстрації агробіологічних параметрів поля і побудови базових картограм та картограми внесення ТМ і закінчуючи якістю роботи бортового обладнання МТА. Але в першу чергу необхідно чітко собі уявляти процес функціонування дозуючої системи машини для внесення ТМ, як динамічного об'єкту регулювання з вихідним параметром $\lambda(t)$ – інтенсивність потоку ТМ. Тобто, з точки зору аналізу функціонування машини для внесення технологічних матеріалів в системі точного землеробства як дозатора, точність реалізації плану внесення ТМ є похідна величина від якості та усталеності роботи системи регулювання інтенсивністю потоку ТМ.

Для утворення регульованої щільності $\lambda(S)$ розподілу ТМ по площі поля, а разом з цим і інтенсивності потоку $\lambda(t)$ необхідно мати апаратно-програмний комплекс спеціалізованого обладнання. Основним параметром при функціонуванні системи є модель керуючої дії $U(t)$, що її випрацьовує контролер бортового комп'ютера машини-реалізатора. Місце контролера в системі програмно-апаратного комплексу керування змінними нормами внесення ТМ показано на схемі обладнання для керування щільністю (рис. 2).

Обладнання працює в ручному і автоматичному режимах, що визначається датчиком режиму роботи. В автоматичному режимі, приймач сигналів глобальної системи позиціонування (ГСП) передає на бортовий

комп'ютер інформацію про місце знаходження МТА в полі. Від картограми заданих норм внесення ТМ надходить інформація про необхідний рівень технологічних внесень. У відповідності до швидкості руху МТА, що визначається відповідним датчиком, бортовий комп'ютер передає сигнал керування з контролера на привод регулятора положення заслінки вихідного вікна потоку ТМ. Датчик зворотного зв'язку надає інформацію про реальну норму внесень.

На дисплей бортового комп'ютера виводиться карта поля і місце МТА на ньому, а також видається інформація про біжуче значення норми внесень, швидкості МТА, оброблену площу, загальну кількість внесеного технологічного матеріалу, час роботи тощо. Вся ця інформація реєструється бортовим комп'ютером і в подальшому може бути проаналізована. Дисплей дозволяє оперативно контролювати перебіг виконання технологічної операції внесення ТМ. В будь-який момент можна перейти на ручний режим керування технологічним процесом роботи МТА, тобто працювати зі сталюю, призначеною спеціалістом, нормою внесення ТМ.

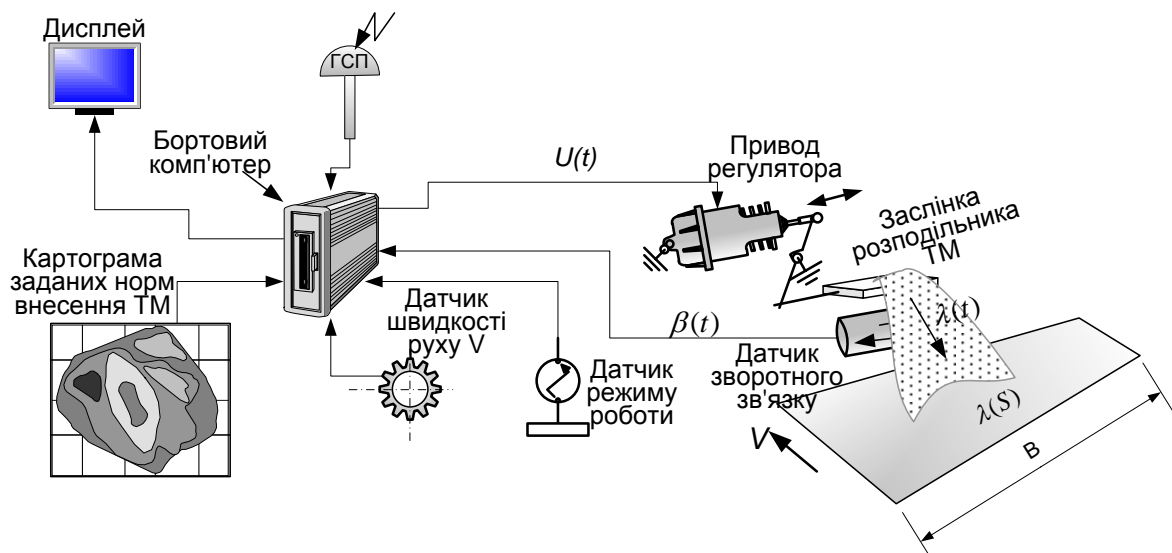


Рис. 2. Схема обладнання для керування щільністю розподілу ТМ по площі поля

Регулювання норми внесення ТМ під час робочого процесу можливо здійснювати зміною частоти обертання вала дозатора, або шляхом зміни положення заслінки. Останнє є більш простим варіантом реалізації змінних норм внесення ТМ, тому що в цьому випадку базова конструкція машини для внесення ТМ потребує мінімальних змін. Функції обчислення інформації, що надходить від датчика ГСП, картограми заданих норм внесення ТМ, датчиків кінематичного режиму руху МТА та зворотного зв'язку бере на себе бортовий комп'ютер, що має слот для магнітної картки з електронною картограмою внесення ТМ.

Точність місцевизначення МТА обумовлена, в основному, обчислювальними можливостями датчика координат ГСП. Оцінки визначення координат МТА в полі, що ідуть від датчика координат, оцінки курсу і швидкості руху МТА разом з оцінкою $\beta(t)$ сигналу датчика величини дійсної інтенсивності потоку $\lambda(t)$, що виконує функції датчика зворотного зв'язку, а

також інформація від картограми внесення ТМ необхідні для випрацьовування закону керуючої дії $U(t)$. Бортовий комп'ютер, привод регулятора, регулятор інтенсивності потоку ТМ та датчик контролю інтенсивності потоку утворюють замкнену динамічну систему регулювання (рис. 3).

Структура та параметри керуючої дії $U(t)$ обираються виходячи з умов забезпечення необхідних значень показників усталеності та якості перехідних процесів в формі моделі простору станів, що описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = Ax + B\delta(t) \\ U(t) = Cx + D\delta(t) \end{cases} \quad (2)$$

де A, B, C, D – коефіцієнти;

x - вектор стану системи;

δ - вектор вхідного сигналу.

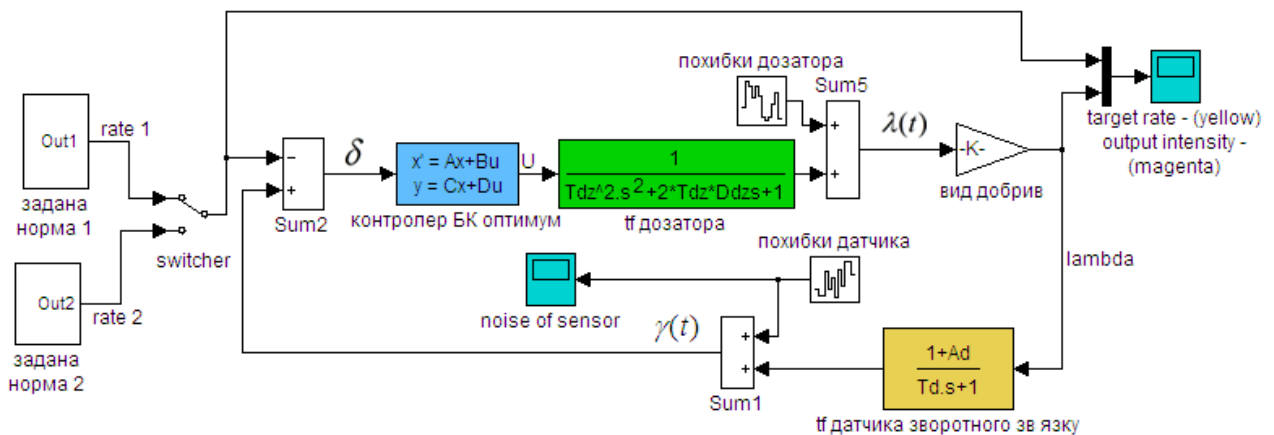


Рис. 3. Модель система регулювання інтенсивністю потоку ТМ

Тип приводу дозатора (регулятора інтенсивності потоку ТМ) залежить від конструкції машини і виду дозуючої системи. В якості механізму приводу регулятора інтенсивності потоку ТМ (наприклад, для проведення сівби або внесення мінеральних добрив зі змінними нормами) можливо використовувати пневмо- або гідроциліндри, електродвигуни з редукторами, магнітні виконуючі пристрої тощо. В загальному, більшість з таких пристроїв відноситься до позиційних приводів і їх модель описується диференційним рівнянням із сталими коефіцієнтами:

$$T_{dz}^2 \lambda''(t) + 2T_{dz} D_{dz} \lambda'(t) + \lambda(t) = U(t), \quad (3)$$

де D_{dz} - коефіцієнт затухання механізму приводу;

T_{dz} - стала часу механізму приводу.

Як показано на рисунку 3, необхідним елементом дозуючої системи машини-реалізатора є датчик контролю інтенсивності виходу потоку ТМ з дозатора. Модель датчика представимо рівняннями:

$$\begin{cases} \gamma(t) = \lambda(t)A_d; \\ \mu'(t) = -\frac{1}{T_d}[\mu(t) - \lambda(t)], \end{cases} \quad (4)$$

де $\gamma(t)$ - сигнал, що надходить від датчика;

$$A_d = 1 + \Delta_d(t) + \xi_d(t);$$

$\Delta_d(t)$ та $\xi_d(t)$ - систематична та випадкова складові відносної помилки функціонування датчика;

T_d - стала часу датчика;

$\mu(t)$ - проміжна змінна величина.

Систему 8.4 представимо у вигляді:

$$\gamma(t) \left[\frac{s}{A_d} + \frac{1}{T_d A_d} \right] = \frac{\lambda(t)}{T_d}. \quad (5)$$

Тоді передаточна функція моделі датчика інтенсивності вихідного потоку ТМ буде мати вигляд:

$$W = \frac{1 + A_d}{T_d s + 1} \quad (6)$$

Рівняння (2), (3) та (5) складають модель функціонування машини-реалізатора для технологій точного землеробства. Аналіз такої моделі дає можливість обрати структуру та значення параметрів керуючої дії $U(t)$ (закону регулювання) які забезпечують досягнення усталеності процесу функціонування, а також роботу при допустимих значеннях помилки слідкування за виконанням завдання.

2. Аналіз моделі функціонування машини для внесення ТМ

При функціонуванні дозувальної системи машини для внесення ТМ у виробничих умовах на робочі елементи системи діють різного роду збурення. Такі збурення можуть бути обумовлені, наприклад, нестабільністю тиску в пневматичній або гідравлічній системі, вібраціями рами машини, похибками роботи навігаційної системи МТА, датчика інтенсивності вихідного потоку ТМ тощо. Перехід з однієї норми внесення ТМ на іншу (що необхідно для виконання технологій змінних норм внесення ТМ) також можна розглядати як частковий випадок збурень. Ці збурення будемо враховувати різного роду викривленнями у вигляді випадкових шумів.

Математичне моделювання на комп'ютері зводиться до розв'язання системи диференціальних або різницевих рівнянь, що описують динамічні властивості досліджуваного об'єкта, в результаті чого отримують графіки перехідних процесів об'єкта в характерних режимах його роботи.

При дослідженні систем автоматичного регулювання і, зокрема, систем керування приводами управління інтенсивністю вихідного потоку ТМ для моделювання дуже важливо скласти структурну схему, що уявляє собою графічну інтерпретацію математичного опису системи. В структурну схему,

крім неперервних та (або) дискретних динамічних ланок можуть входити арифметичні ланки, "типові нелінійності" та нелінійності довільного вигляду, задані аналітично або графічно, різні ключі, логічні елементи тощо.

Перехідні процеси можна розраховувати як за допомогою програм, написаних будь-якою алгоритмічною мовою, що потребує від дослідника достатньо високої кваліфікації в галузі програмування та обчислювальної математики, так і за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє користувачу задавати моделі у вигляді математичних рівнянь або у вигляді структурних схем. Одним із найзручніших програмних засобів структурного математичного моделювання на теперішній час є додаток Simulink пакета MATLAB фірми Mathwork.

Основою для розробки моделей в Simulink є бібліотеки блоків, з яких складаються структурні схеми САР, що повинні бути дослідженими. Розрахунок перехідних процесів може бути виконаний за допомогою відповідних операцій Simulink-меню або в програмному режимі (з використанням функцій пакета MATLAB).

Simulink - це інтерактивне середовище для моделювання і аналізу широкого класу динамічних систем. Simulink надає користувачеві графічний інтерфейс для конструювання моделей із стандартних блоків за допомогою технології "drag-and-drop". В Simulink входить велика бібліотека готових блоків, що дозволяє легко створювати моделі. Ви просто переносите компоненти з бібліотеки в нову модель і сполучаєте їх за допомогою ліній зв'язків. Групуючи блоки в підсистеми, можна створювати ієрархічні моделі. Число блоків і зв'язків в моделі не обмежене. Результати моделювання відображаються в процесі роботи. Можливо змінювати параметри моделі навіть у той момент, коли виконується моделювання.

Розв'язання математичної моделі процесу управління змінними нормами внесення ТМ і оптимізацію керуючої дії $U(t)$ будемо проводити саме в середовищі Simulink.

Аналіз функціонування дозуючої системи будемо проводити на прикладі розподільника мінеральних добрив МВД-900 з механізмом приводу заслінки дозатора у вигляді "електродвигун-редуктор-заслінка" з параметрами $T_{dz}=0,5$ с, $D_{dz}=7$, а також з величинами параметрів $T_e=0,4$ с. Коефіцієнт, що характеризує вид добрив $K=0.366$.

Початкові значення коефіцієнтів системи (1) представлені матрицями:

$$A = \begin{pmatrix} -12000 & -7200 \\ 7 & 0 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 200 \\ 6.0 \end{pmatrix}; \quad (7)$$

$$C = (50.0 \quad 1.0); \quad D = 0.$$

Графік результатів розв'язання математичної моделі керування змінними нормами внесення ТМ у відповідності до схеми на рис. 3 і коефіцієнтів (7) наведений на рисунку 4. З графіку видно, що відтворення заданої (з імпульсними переходами) норми внесення ТМ «задана норма 1» відбувається незадовільно по амплітуді, особливо для її максимальних значень, а також має місце запізнення в часі при переході з одного рівня норми внесення ТМ на інший.

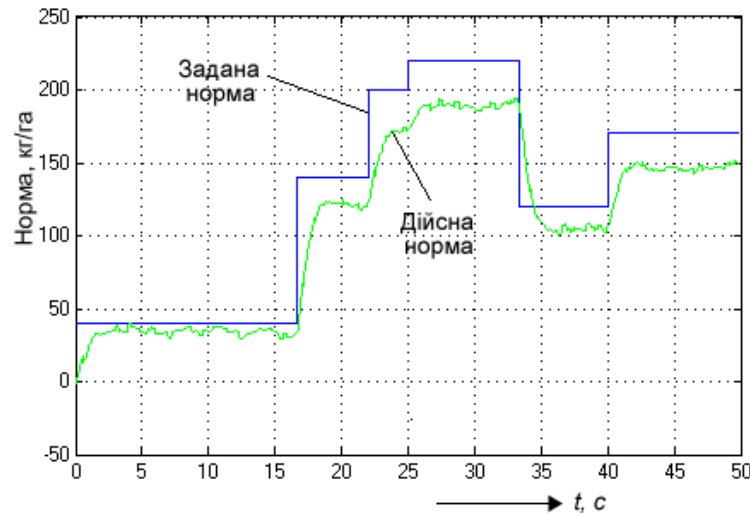


Рис. 4. Графік реалізації заданої норми внесення ТМ (без оптимізації керуючої дії $U(t)$)

Багато мати систему керування робочим режимом внесення добрив з оптимальними параметрами. Для цього необхідно провести оптимізацію структури керуючої дії $U(t)$ по мінімуму відхилень дійсної норми внесення мінеральних добрив від заданої, що і є одним із завдань даної роботи.

Порядок виконання роботи

1. Запустити програмний продукт Matlab 6.5, а із нього інтерактивне середовище моделювання Simulink. Відкриється вікно з бібліотеками блоків.
2. Для початку формування структурної схеми відкрити нове вікно (Simulink → File → New → Model).
3. У відповідності до рис. 4 та формул (1)- (6) скласти модель системи регулювання інтенсивністю потоку ТМ.
4. Провести моделювання отриманої моделі за умов значень коефіцієнтів A , B , C , D у відповідності до виразу (8.2) за період моделювання 50 с.
5. Провести пошук оптимальних значень коефіцієнтів A , B , C , D системи диференціальних рівнянь, що описують роботу контролера з випрацювання керуючої дії $U(t)$. Процес пошуку відбити в звіті 2-3 графіками наближення змін реальної норми внесення добрив до заданої.
6. Проаналізувати вплив рівня похибок датчика контролю інтенсивності вихідного потоку ТМ на якість виконання заданого режиму роботи шляхом збільшення параметру «Noise Variance» з 5 до 20. Записати висновки.
7. В звіті подати теоретичні відомості, описати порядок складання моделі функціонування машини-реалізатора для технологій точного землеробства, подати схеми за рис. 3 та 4, додати роздруківки графіків реалізації заданої норми внесення ТМ і записати висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити основні підходи і принципи побудови обладнання для забезпечення місцевизначеного внесення ТМ.
2. Навести схему і пояснити послідовність роботи складових елементів обладнання для місцевизначеної сівби.
3. Як обрати структуру і параметри керуючої дії системи для місцевизначеного внесення ТМ?
4. З яких елементів складається модель машини-реалізатора для технологій точного землеробства?
5. В чому полягає суть пошуку оптимального значення керуючої дії контролера?
6. В чому полягають практична цінність і можливості використання пакету Simulink для моделювання і аналізу динамічних систем?

Рекомендована література

Базова

1. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Броварець О.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Система точного землеробства" для студентів сільськогосподарських вузів. – К.: Центр інформаційних технологій. 2011. – 42 с.
2. Ess D., Morgan M. The precision-farming guide for agriculturists. Deere & Company, Moline, second edition, - 2003, - 138 p.
3. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Волянський М.С. Терміни точного землеробства // Техніка АПК. – 1999. - № 5. С. 29-30.
4. Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р., Ямков О.В. Система точного землеробства: ефективність і веління часу // Пропозиція. – 2000. - № 6. С. 97.
5. Аніскевич Л.В., Гаврилюк Г.Р. До впровадження системи точного землеробства // Збірних наукових праць Національного аграрного університету "Механізація сільськогосподарського виробництва", – К.: НАУ, 2000. - т. ІХ. - С. 128-130.
6. Аніскевич Л.В. Технологія компенсаційних внесень технологічних матеріалів в системі точного землеробства // Збірник наук. праць НАУ "Механізація сільськогосподарського виробництва". – К.: НАУ. - 2002, - С. 30-43.
7. Аніскевич Л.В. Сенсор-технологія в точному землеробстві // Науковий вісник НАУ. - К.: НАУ. - 1998. - В. 9. - С. 70-72.
8. Аніскевич Л.В. Місцевизначене керування технологічними процесами с.-г. машин // Механізація сільськогосподарського виробництва - К.: НАУ. - 2000. - Т. ІХ. - С. 43-46.
9. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Захарін Ф. М., Броварець О.О. Польова інформаційна машина системи підтримки виробництва продукції рослинництва. Рекомендації до застосування в галузі сільськогосподарського машинобудування. – К.: МінАПК, 2010. – 77 с.
10. 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. 2007. – 55 с.
11. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. (Экологические основы). - Кишинев: Штиница, 1990. - 432 с.
12. Dawson C. Implication of Precision Farming for fertilizer application policies // Paper of the International Conference in Cambridge. Strensall, York, UK. – 1996. – 44 p.
13. Свірень М.О., Лещенко С.М., Бойко А.І., Банний О.О. Результати експериментальних досліджень роботи висіваючих апаратів посівних машин для систем точного землеробства // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний

- міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 41. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 208 – 216.
14. Свірень М.О., Лещенко С.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів висівних апаратів для систем точного землеробства // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2012. - №41. – С. 210-220.
 15. Свірень М.О., Бойко А.І., Лещенко С.М., Банний О.О. Методика оцінки якісних показників роботи висівних систем точного землеробства // Журнал "Техніка АПК". – К.: 2012. - №8(35). – С. 35-39.
 16. Аніскевич Л.В., Свірень М.О., Ямков О.В. Оптимізація закону керування нормами внесення технологічних матеріалів у технологіях точного землеробства // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка і енергетика АПК. – К.: 2012. – Випуск 170, част. 1. – С. 214-225.
 17. Свірень М.О., Бойко А.І., Лещенко С.М. Теорія втрати працездатності та управління процесом висіву при точному землеробстві // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів : Львів. нац. агроуніверситет, 2012. – № 16. – С.188-199.
 18. Свірень М.О., Петренко Д.І. Системи точного землеробства. // Навчально-методичні вказівки до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 8.05050313 "Обладнання переробних і харчових виробництв". Кіровоград: КОД. – 2011. – 38 с.
 19. Свірень М.О., Бойко А. І., Амосов В. В., Федорчак В. В. Пневмоімпульсний висівний апарат сівалки для точного землеробства. // Пат. 44525 Україна, МПК А01С7/08. Заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № U200903242; заявл. 06.04.09; опубл. 12.10.09, Бюл. № 19.
 20. Свірень Н.А., Іванько І.П., Шмат С.І., Петренко Н.Н. О способе оценки системы "Почва-растение". // Техника в сельском хозяйстве. Журнал №4. – М.: - 1989. – С. 22-25.

Допоміжна

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Кравчук В.І., Рудь А.В., Мошенко І.О. Програма навчальної дисципліни "Система точного землеробства" для підготовки фахівців ОКР "Магістр" спеціальності 8.10010203 "Механізація сільського господарства". К.: - Аграрна освіта. -2010. -28 с.
2. Василенко П.М., Аніскевич Л.В. Математическое моделирование функционирования мобильных многомерных машинных агрегатов с дифференциальными формами связей // Сб. науч. тр. АGROMECH'87, Bratislava, 1987, - С. 122-127.
3. Аніскевич Л.В. Адаптивне управління нормами внесення технологічних матеріалів в точному землеробстві // Науково-виробничий журнал "Електротехніка і механіка", № 1, 2007. –С. 57-66.

11. Інформаційні ресурси

1. <https://www.ispag.org/>
2. <http://www.auvsi.org/Atlanta/conferences/usag2014/>
3. <http://www.farms.com/precision-agriculture/>
4. <http://www.precisionagriculture.org.nz/events/12th-international-conference-on-precision-agriculture-2014-usa/>
5. <http://www.aces.edu/anr/precisionag/>
6. http://www.stahly.com/gps/gps_systems
7. Сайти фірм-виробників обладнання для точного землеробства

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1	7
Програмний продукт для точного землеробства AgroLog	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2	13
Використання обладнання ГСП для картографування місцевизначених параметрів поля	13
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3	17
Аналіз формату передачі даних обладнання ГСП	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4	23
Відбір зразків ґрунту для побудови картограм рівня поживних елементів по площі поля при агрохімічному аналізі ґрунту	23
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5	26
Побудова картограм агрохімічних параметрів ґрунту за допомогою програмного продукту "Surfer"	26
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6	31
Обладнання картографування врожайності зернових культур	31
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7	35
Застосування програмного продукту "FS Yield Mapping" для побудови картограм врожайності зернових культур	35
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8	38
Побудова картограм заданих норм внесення мінеральних добрив	38
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9	43
Порівняльний аналіз методів інтерполяції польових місцевизначених даних	43
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10	50
Порядок організації диференціального сигналу ГСП	50
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11 (4 ГОДИНИ)	55
Система паралельного та контурного водіння MTA Outback S2	55
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12	72
Калібрування растрових зображень карт місцевості	72
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13 (4 ГОДИНИ)	76
Обладнання моніторингу електропровідних властивостей ґрунту	76
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14	86
Обладнання моніторингу стану ґрунтового повітря	86
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 15 (4 ГОДИНИ)	93
Моделювання роботи дозатора машини для внесення ТМ в системі точного землеробства	93
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	101

Навчальне видання

Аніскевич Леонід Володимирович
Свірень Микола Олександрович
Броварець Олександр Олександрович
Коваленко Микола Миколайович
Косенко Ірина Миколаївна

СИСТЕМА ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей
208 "Агроінженерія" та 133 "Галузеве машинобудування"

Редактор: Войтовицька Я.І.
Технічний редактор: Лисенко В.Ф.
Комп'ютерне верстання: Безкровний В.В.