

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет приладобудування

Кафедра інформаційно-вимірювальної техніки

«На правах рукопису»
УДК 502.211:631.5

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Метрологія та вимірювальна
техніка»**

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

**на тему: «Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система
агромоніторингу»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи ПВ-91мп
Калюжна Віолета Вадимівна _____

Науковий керівник:

Доцент, к.т.н., доцент,
Павлишин Микола Михайлович _____

Консультант з розробки стартап - проекту:

Доцент, к.е.н., доцент,
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент,
Баженов Віктор Григорович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”

Факультет - Приладобудівний

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти - другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою “метрологія та вимірювальна техніка”

Спеціальність 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Володимир ЄРЕМЕНКО

“ ”

2019 р.

З А В Д А Н Н Я
на магістерську дисертацію студенту
Калюжній Віолеті Вадимівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації “Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система агромоніторингу”

науковий керівник дисертації Павлишин Микола Михайлович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по університету від “ ” _____ 2019 року №

2. Строк подання студентом дисертації 09.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження землі сільськогосподарського призначення

4. Предмет дослідження (вихідні дані - для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою)

Методи та засоби моніторингу стану ґрунтів

5. Перелік завдань, які потрібно зробити

1) Дослідження проблеми моніторингу стану ґрунтів

- 2) Розробка електричних структурної та функціональної схем ІВС агромоніторингу
- 3) Розробка алгоритмів функціонування ІВС.
- 4) Проектування бази знань ІВС
- 5) Метрологічне та програмне забезпечення ІВС
6. Перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу 7 плакатів
7. Орієнтовний перелік публікацій Дві публікації по темі магістерських досліджень
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап проекту	Бояринова К.О. , к.е.н., доцент кафедри менеджменту		

9. Дата видачі завдання 15.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Розробка структури та змісту магістерської дисертації	30.10.2020	
2	Дослідження проблеми моніторингу стану ґрунтів	06.11.2020	
3	Розробка структурної та функціональної схем ІВС та алгоритмів функціонування	16.11.2020	
4	Разработка структури бази знань	21.11.2020	
5	Разработка метрологічного забезпечення ІВС	05.12.2020	
6	Оформлення та захист МД	15.12.2020	

Студент

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Віолета Калюжна
(ім'я, прізвище)

Микола Павлишин
(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Обсяг виконаної роботи

- Основна частина - 134 ст.;
- Кількість ілюстрацій - 19;
- Таблиць - 45;
- Формули - 43;
- Додатків - 4;
- Джерел за переліком посилань - 24;

Актуальність теми. Ефективність сільськогосподарських виробництв в значній мірі залежить від правильності планування технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур. Таке планування може бути ефективним лише при наявності інформації про стан всіх видів агроресурсів. Оскільки ґрунт є основним видом агроресурсів, то максимальна кількість інформації про його поточний стан є важлива та актуальна. Традиційні методи аналізу ґрунтів вимагають відбору проб ґрунту, перевезення їх до стаціонарної агрохімічної лабораторії, виконання вимірювання необхідних параметрів ґрунту. Все це вимагає часових та матеріальних затрат.[6] Це призводить до того, що інформація отримана в результаті такого аналізу є запізнілою. Тому вчені та інженери ведуть пошуки методів та розробку засобів для експрес-аналізу поточного стану ґрунтів. Саме на вирішення цих завдань направлені дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

1. Науково-дослідна робота на тему “ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО - ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АГРОМОНІТОРИНГУ” (автор - Калюжна Віолета)
2. Приймала участь у всеукраїнському конкурсі наукових робіт зі спеціальності Метрологія та інформаційно -вимірювальна техніка, та відповідно до наказу № 29-18-35 від 17 квітня 2020 року м. Луцьк, щодо підведення підсумків II туру конкурсу, була нагороджена дипломом III ступеня.

3. Публікації. XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні” 10-11 грудня 2019 р. м. Київ, Україна. Збірник праць конференції. Секція 10.

Мета і задачі дослідження.

Мета: 1) Розробка методів та засобів експрес - аналізу оцінки параметрів поточного стану ґрунту.

- 2) Зменшити часові та матеріальні затрати на реалізацію таких вимірювань.
- 3) Підвищити ефективність реалізації завдань оцінки стану ґрунту.
- 4) Розробка рекомендацій прийняття управлінських та технологічних рішень.

Задачі: 1) Вимірювання параметрів (фізико-хімічних) ґрунту методами експрес-аналізу.

2) Формування інтегральної оцінки поточного стану ґрунту.

3) Розробка рекомендацій реалізації технологій сільськогосподарських структур.

Об’єкт дослідження. Стан основного ресурсу сільськогосподарського виробництва ґрунту.

Предмет дослідження. Методи інформаційно-вимірювальної системи експрес - аналізу параметрів ґрунту.

Методи дослідження. 1) Методи прямих та опосередкованих вимірювань основних параметрів ґрунту.

2) Методи моделювання та математичної обробки в результаті вимірювання з метою пошуку оптимальних управлінських рішень.

3) Створення баз знань предметної області діяльності.

Наукова новизна одержаних результатів. Проаналізувавши всі недоліки існуючих приладів, було створено нову інтелектуальну систему експрес-аналізу ґрунту, в якій за допомогою створення нового алгоритму роботи системи, а також використання сучасних датчиків для збору аналітичної інформації, були виправлені слабкі сторони попередників, такі як:

неможливість змінювати алгоритм роботи, відсутність аналізу даних, відсутність можливості зберігання, відсутність автономної роботи, неможливість замінити частини системи, складність обслуговування.

Принцип роботи системи. Система працює наступним чином: Одразу після підключення системи до живлення відбувається автоматичне включення, система готова до роботи. На дисплеї відображає температура та вологість атмосферного повітря. Датчики занурюємо у ґрунт на глибину 3-5 см. При натисканні на кнопку виконуються почергове вимірювання та відображення параметрів. Індикатор горить червоним, що означає низьку вологість. Після повторного натискання на кнопку система вимірює температуру на датчиках та відображає її. При наступних натисканнях дисплей відображає рН та вміст метану. В програмному забезпеченні є можливість вибору системи, якщо їх декілька, та додавання ІВС, якщо придбали нову. Наступний рядок відображає поточний стан атмосферного повітря, а саме його температуру та вологість. Наступна частина інтерфейсу поділяється на праву та ліву. Ліва частина програми відповідає за інтелектуальний аналіз даних. Користувач може задати норми для параметрів, які вважає припустимими, та натиснути кнопку “Apply” для проведення аналізу. Після чого в нижній частині програми можна побачити до якої групи віднесли стан аналізованого параметра ґрунту в даний момент часу: 1 група - зелена зона - значення параметра, які задовольняють користувача та відповідають нормальним значенням заданим раніше (враховуючи похибку приладу).

2 група - помаранчева зона - значення параметра, які виходять за межі нормальних на $\pm(20...30)\%$.

3 група - червона зона - значення параметра, які значно більші/менші від заданих користувачем ($>+30\%$ / $<-30\%$ від нормальних значень)

В пам'яті комп'ютера зберігаються у файли, що дозволяє системи:

1) Визначити чи не виходить за встановлені діапазони можливих значень кожного параметра;

2) Ідентифікувати поточний стан ґрунту та віднести до визначеного класу.

Одночасно результат вимірювання вибраного параметру зображається на окремому цифровому відліковому пристрої. Данні при необхідності користувач може зберігати на зовнішній носій. При цьому треба звернути увагу в яку саме групу потрапив параметр при аналізі та прийняти потрібні рішення для усунення небезпечної ситуації. При потраплянні до груп 1,2,6,7 діоди стають червоними в середній частині програми з'являються попереджувальні надписи для привернення уваги користувача та швидшої реакції на ситуацію.

Висновок

Використання розробленої систему дозволяє оперативно отримувати результати про поточний стан ґрунтів, а саме: температури ґрунту, вологості ґрунту, рН показника та вміст метану на необхідних глибинах. Часові затрати на отримання такої інтегральної характеристики складає максимум 5 хвилин, що надає суттєві переваги перед традиційними методиками аналізу параметрів ґрунту, суттєво підвищує ефективність процесів вимірювання і робить доступним вимірювання параметрів безпосередньо на полі агрономами або технологами. На даному етапі система протестована та готові до використання. За допомогою інтерфейсу користувача можна встановити критичні параметри ґрунту, виходячи за які система надсилає сповіщення на станцію (або користувачу). Також при введенні, в відповідні поля, параметрів для аналізу, система показує до якої групи можна віднести теперішні данні. Окрім цього, дані з датчиків можна записати на зовнішню пам'ять. Це допомагає в подальшому порівнянню, веденню статистики та спрощує аналіз ґрунту. В результаті було отримано систему, яку можна використовувати як в домашніх умовах для кімнатних рослин, городів, полях, так і на інших територіях сільськогосподарськими підприємствами та

регіональними екологічними підрозділами. Потреба в таких ІВС до 1000 штук на рік.

Розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє забезпечити ефективний інтерактивний режим спілкування користувача з системою. Подальший розвиток дослідження орієнтовано на розробку програмного забезпечення системи прогнозування можливих змін стану ґрунтів в короткотерміновій перспективі.

Ключові слова: ЕКСПРЕС-АНАЛІЗ, АЛГОРИТМИ, ПАРАМЕТРИ ГРУНТУ, ПРОГНОЗУВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ГРУНТ - ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
1.1. Актуальність завдань моніторингу біосфери.....	13
1.2. Сучасний стан ґрунтового покриву Землі та антропогенний вплив на нього.....	18
1.3. Основні проблеми погіршення якості ґрунтів.....	22
1.4. Наукові та організаційні засади ґрунтового моніторингу	27
1.5. Критерії оцінювання і види ґрунтового - екологічного моніторингу	31
Висновок до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2. ВИБІР НАПРЯМКУ РОЗРОБКИ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТРОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	35
2.1. Опис та обґрунтування параметрів агромоніторингу	35
2.1.1. Температура ґрунту	36
2.1.2. Вологість ґрунту.....	38
2.1.3. Кислотність ґрунту	38
2.1.4. Електропровідність ґрунту	41
2.1.5. Вміст метан в ґрунті	42
2.2. Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик існуючих аналогів.....	44
2.2.1. AgriLab	44
2.2.2. MARS	45
2.2.3. Caipos GmbH.....	46
2.2.4. ТОВ «Вента Лаб»	51
2.2.5. Стартап Teralytic.....	52
Висновок до розділу 2	54
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АГРОМОНІТОРИНГУ	56
3.1. Призначення та галузь застосування приладу.....	56
3.2. Технічні характеристики ІВС	56
3.3. Розробка структури та режимів функціонування інформаційно-вимірювальної системи	57
3.3.1. Структурний розрахунок схеми	57
3.3.2. Опис складу схеми електричної структурної	58
3.3.3. Робота інформаційно - вимірювальної системи за структурною схемою.....	59
3.3.3.1. Канал вимірювання температури	59
3.3.3.2. Канал вимірювання вологості ґрунту	61
3.4. Розробка схеми електричної функціональної, алгоритмів функціонування та часових діаграм роботи ІВС.....	66

3.4.1. Опис роботи інформаційно-вимірювальної системи за функціональною схемою	67
3.4.2. Розробка алгоритму роботи схеми та часової діаграми	70
3.5. Розробка схеми електричної принципової.....	70
3.6. Розрахункова частина	71
3.7. Аналіз даних та прогнозування в ІВС агромоніторингу.....	74
3.7.1. Рекомендації по експлуатації системи та програмного забезпечення	74
3.7.2. Прогнозування в ІВС агромоніторингу.....	76
3.8. Розрахунок вартості системи.....	78
3.9. Тестування системи	79
Висновок до розділу 3	80
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ “ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІВС АГРОМОНІТОРИНГУ”.....	82
4.1. Опис ідеї проекту	82
4.1.1. Зміст ідеї та напрямки застосування	82
4.1.2. Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї	86
4.1.3. Інформативна карта стартап - проекту	84
4.1.4. Морфологічна карта проекту	86
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту	87
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	88
4.3.1. Характеристика ринку	88
4.3.2. Характеристика потенційних клієнтів	89
4.3.3. Фактори загроз та можливостей.....	90
4.3.4. Аналіз конкуренції	91
4.3.5. Аналіз конкуренції за М. Портером.....	93
4.3.6. Аналіз факторів конкурентоспроможності	93
4.3.7. Аналіз сильних та слабих сторін проекту	95
4.3.8. SWOT- аналіз проекту	96
4.3.9. Альтернативи ринкового впровадження.....	97
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	98
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	103
Висновок до розділу 4.....	108
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	112
ДОДАТОК А.....	114
ДОДАТОК Б.....	122
ДОДАТОК В.....	127
ДОДАТОК Г.....	128

ВСТУП

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого й організовують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

[2] На сьогодні однією з основних проблем людства є охорона і раціональне використання земель, тому що до 98% продуктів харчування населення Землі отримує за рахунок обробітку землі, а за своє існування людство втратило до двох мільярдів гектарів родючих земель. Земельний фонд становить 13392 млн га, тобто приблизно чверть усієї поверхні Земної кулі.

[4] Земельні ресурси світу поділяють на продуктивні, малопродуктивні та непродуктивні землі. Сільськогосподарські землі займають третю частину земельного фонду. Основним постачальником продуктів харчування є орні землі. Сьогодні можливостей для розширення орних площ практично не залишилося. Навпаки, у багатьох країнах відбувається їх неухильне скорочення за рахунок деградації ґрунтів, опустелювання, а збільшення обсягу продовольчих ресурсів за останні десятиліття досягнуто за рахунок інтенсифікації сільського господарства. [5] За даними ФАО (FAO — Food and Agriculture organization) приблизно половина населення планети не отримує повноцінного харчування, від недоїдання щороку страждає до 800 млн людей, які проживають в Африці, Південній Америці, Південно-східній Азії, та лише такі країни, як Австралія, Канада, Нова Зеландія, США, ПАР забезпечують своє населення продуктами харчування власного виробництва.

Задля збереження світового земельного фонду необхідно раціонально використовувати продуктивні землі, вживати заходів щодо охорони ґрунтового покриву, боротися з деградацією ґрунтів.

Широке використання сучасних інформаційних технологій має вирішальне значення для розвитку економіки, ефективного управління та покращення стану довкілля і умов життєдіяльності людей. Для роботи з даними, які змінюються в просторі і часі, найбільше застосування набули геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі та деякі інші.

РОЗДІЛ 1 ГРУНТ - ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Актуальність завдань моніторингу біосфери.

[3] За міжнародним стандартом (СТ іСО 4225-80) моніторинг – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану й зміни об'єктів. Цей термін було запропоновано напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища в 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміна «контроль». Крім спостережень та отримання інформації, моніторинг передбачає й елементи активних дій, таких, як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Моніторинг (англ. monitoring, від лат. monitor – той, що контролює, попереджує) довкілля – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом з метою раціонального використання природних ресурсів та охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення наукового обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки. Моніторинг земель є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля.

Завданням моніторингу земель є періодичний контроль динаміки основних ґрунтових процесів у природних умовах і при антропогенних навантаженнях, прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.

До завдань моніторингу земель відносяться:[6] довгострокові систематичні спостереження за станом земель; аналіз екологічного стану

земель; своєчасне виявлення змін стану земель, оцінка цих змін, прогноз і вироблення рекомендацій про попередження і усунення наслідків негативних процесів, інформаційне забезпечення ведення державного земельного кадастру, землекористування, землеустрою, державного контролю за використанням і охороною земель, а також власників земельних ділянок.

Моніторинг земель є однією із функцій управління в сфері використання та охорони земель.

Моніторинг земель складається із систематичних спостережень за станом земель (зйомки, обстеження і вишукування), виявлення змін, а також оцінки: стану використання угідь, полів, ділянок; процесів, пов'язаних із мінами родючості ґрунтів, заростанні сільськогосподарських угідь, забруднення земель токсичними речовинами; стану берегових ліній, річок, морів, озер, водосховищ, гідротехнічних споруд; процесів, пов'язаних з утриманням ярів, землетрусами та іншими явищами; стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазовими об'єктами, очисними спорудами, а також іншими промисловими об'єктами.

Як галузь екологічної науки моніторинг довкілля ґрунтується на загальних екологічних законах і взаємодіє з природничими, географічними й технічними науками. [8] Його завдання полягають у постановці та виробленні теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень; науковому обґрунтуванні складу, структури мережі й методів спостережень за природним фоном, природними явищами, планетарними процесами, рівнем забруднення середовища, станом біоти (сукупності живих організмів, що населяють певний район у певний проміжок часу), фізичними параметрами біосфери; виборі методів, методик оцінювання і прогнозування стану довкілля; розробленні рекомендацій щодо управління станом складових біосфери. Метою моніторингу довкілля є екологічне обґрунтування перспектив та вдосконалення системи моніторингу навколишнього середовища, оцінювання фактичного і прогнозованого його

стану; попередження про зниження біорізноманіття екосистем, порушення екологічної рівноваги у довкіллі, погіршення умов життєдіяльності людей.

Предметом моніторингу довкілля як науки є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання й прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних та антропогенних факторів.

Об'єктами моніторингу довкілля залежно від рівня та мети досліджень можуть бути навколишнє середовище, його елементи (атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунтовий і рослинний покриви, екосистеми, їхні абіотичні й біотичні складові, біосфера) та джерела впливу на довкілля.

Моніторинг довкілля як комплексна галузь знань послуговується загальнонауковими методами досліджень, такими, як аналіз і синтез, сходження від конкретного до абстрактного, узагальнення, математичне й статистичне оброблення інформації. [9] Разом з тим, моніторинг довкілля розробляє власні методи аналізу, прогнозування стану екологічних систем і процесів, що в них відбуваються. На підставі дослідження зв'язків між процесами й складовими екосистем, впливу на них природних та антропогенних факторів моніторинг з'ясовує спільні закономірності функціонування, а також особливості стану екосистем, компонентів біосфери на різних просторово-територіальних рівнях. Ця наука забезпечує здобуття нових знань про навколишнє середовище з використанням методів оцінювання і прогнозування стану його елементів (атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтового і рослинного покриву), розкриває їх взаємозв'язки і взаємовпливи.

При виконанні своїх функцій моніторинг довкілля використовує різноманітні методи отримання первинної та вторинної інформації. Методи отримання первинної інформації реалізуються через безпосередні спостереження на відповідних станціях, постах, створах. Такими є метеорологічні, гідрологічні, океанічні, геофізичні, біологічні, фонові спостереження. Дані про стан довкілля отримують і за допомогою

дистанційних засобів спостережень, зокрема внаслідок прямих спостережень із супутників Землі, вертикальних зондувань, фотографічних та геофізичних зйомок, а також геостаціонарних спостережень.

[4] Методи отримання вторинної інформації полягають в упорядкуванні та опрацюванні бази даних, отриманих за допомогою первинної інформації. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання й узагальнення інформації функціують географічні інформаційні системи (ГІС) – комп'ютерні бази даних, поєднані з певними аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією.

Для оброблення бази даних, оцінювання і прогнозування стану довкілля застосовують метод аналогій (досліджуваний об'єкт оцінюється відповідно до його типової моделі), емпіричне узагальнення (вивчення зв'язків між явищами та процесами об'єкта дослідження), моделювання (побудова фізичних, математичних, цифрових моделей).

Необхідним є дослідження середовища у динаміці, тобто оцінювання минулого, сучасного його станів, а також прогнозування змін його параметрів у майбутньому.

Моніторинг довкілля передбачає виконання таких загальних завдань:[6]

- спостереження за факторами впливу на навколишнє природне середовище і за його станом;
- оцінювання фактичного стану довкілля; – прогнозування стану навколишнього природного середовища і його оцінювання;
- дослідження стану біосфери, оцінювання й прогнозування її змін;
- визначення обсягу антропогенної дії на навколишнє природне середовище;
- встановлення факторів і джерел забруднення навколишнього природного середовища;
- виявлення критичних та екстремальних ситуацій, що порушують екологічну безпеку.

Необхідність виконання цих завдань зумовлює структуру моніторингу, яка формується з таких блоків: «Спостереження за довкіллям», «Оцінювання фактичного стану довкілля», «Прогнозування стану довкілля», «Оцінювання прогнозованого стану довкілля»

Блоки «Спостереження...» і «Прогнозування ...» тісно пов'язані між собою, оскільки прогнозування змін довкілля можливе лише за наявності достатньої інформації про його фактичний стан (прямий зв'язок). Прогнозування передбачає знання закономірностей змін стану природного середовища, наявності схеми й можливостей їх прогнозованого розрахунку, а також спрямованість прогнозу, яка значною мірою визначає структуру спостережень (зворотний зв'язок).

Отримані в результаті спостережень або прогнозу дані, які характеризують стан довкілля, оцінюють залежно від того, в якій сфері діяльності передбачається їх використання. Оцінювання передбачає з'ясування певних антропогенних впливів, вибір оптимальних умов для діяльності, визначення наявних екологічних резервів за умови знання допустимих навантажень на навколишнє середовище.

Система моніторингу може охоплювати локальні райони [12] (локальний і регіональний моніторинг), окремі держави (національний моніторинг) та Землю загалом (глобальний моніторинг).

Моніторинг є важливою складовою системи управління якістю довкілля, оскільки передбачає належне інформування про конкретні особливості й наслідки взаємодії людства з навколишнім середовищем. інформація про його стан та тенденції змін є основою розроблення заходів для охорони природи, враховується вона і при плануванні розвитку економіки. Результати оцінювання наявного й прогнозованого стану біосфери визначають комплекс вимог до підсистем спостережень.

Для вивчення природних процесів, що відбуваються в екосистемах і біосфері використовують методи спостережень та досліджень різних галузей знань (геології, гідрогеології, метеорології, хімії, біології, фізики, екології,

грунтознавства). Залежно від мети здійснюють моніторинг компонентів біосфери [10] (атмосфери, гідросфери, літосфери), біологічний, екологічний моніторинг, моніторинг чинників впливу, джерел забруднення та інші його види на різних територіальних рівнях. З огляду на предмет спостережень виокремлюють абіотичний, геофізичний, фізичний, хімічний, санітарно-токсичний види моніторингу. Цим далеко не вичерпується класифікація систем моніторингу, оскільки в наукових дослідженнях і практичній діяльності керуються різноманітними підходами й принципами. Різні види моніторингу можна проводити на певних територіальних рівнях: локальному, регіональному, глобальному, які відрізняються площею охоплення, мережею, програмами спостережень, об'єктами і предметами дослідження.

Об'єктами спостереження можуть бути:[2] – окремі місця і зони, розміри яких не перевищують десятки кілометрів (локальний моніторинг); – локальні джерела підвищеної небезпеки: території поблизу місць поховання радіоактивних відходів, зони впливу АЕС, хімічні заводи (імпактний моніторинг); – території площею до тисяч квадратних кілометрів (регіональний моніторинг); – загальносвітові процеси й явища в біосфері та в екосфері Землі (глобальний моніторинг). Система моніторингу на глобальному рівні, як правило, вибірково охоплює підсистеми регіонального та локального моніторингів. За критерієм вибору предмета спостереження найбільшу практичну цінність мають екологічний, фоновий, глобальний, кліматичний види моніторингу.

1.2. Сучасний стан ґрунтового покриву Землі та антропогенний вплив на нього

Суша займає приблизно четверту частину Земної кулі та є осередком людського життя. Наявність ґрунтового покриву зумовила багатоманітність рослинного і тваринного світу, він є джерелом корисних копалин, основою сільськогосподарського виробництва. Саме тому ґрунт піддається

величезному антропогенному тискові, легко ушкоджується, порушується та належить до важковідновних природних ресурсів.

[7]Ґрунт — окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворювальних порід, часу.

Головною ознакою, яка відрізняє ґрунти від гірських порід, що формують основну частину літосфери є родючість. Для порівняльних оцінок родючості ґрунтів за їх природними особливостями (з урахуванням рівнів інтенсифікації землеробства) проводиться бонітування ґрунтів (лат. *bonitas* — доброякісність) — порівняльне оцінювання родючості ґрунтів за їхніми природними особливостями та продуктивністю при певних рівнях інтенсифікації землеробства, виражене у балах. В Україні цей показник становить від 22 до 31 бала у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах до 65 — 100 балів у чорноземах типових.

До складу ґрунту входять: [6] мінеральна основа, що становить 50 – 60% загального складу (неорганічний компонент, котрий утворився з материнської породи в результаті вивітрювання); органічна речовина — до 10% (утворюється при розкладі мертвих організмів і їх частин (листя, тварини)); повітря — до 15 – 25% (знаходиться в порах ґрунту та необхідне для існування кореневої системи рослин); вода — до 25 – 35% (необхідна всім ґрунтовим організмам як розчинник речовин, яких потребують рослини).

Важливим компонентом ґрунту є гумус (перегній) — органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами.

Різноманітність природних умов й ґрунтоутворних факторів формує дуже строкату картину ґрунтового покриву Землі. Ґрунти, починаючи від примітивних первинних, що формуються на вивітреній породі, до родючих чорноземів, поширені на суходолі.

[7] Види ґрунтів різняться за мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, родючістю. В Україні налічується понад 38 основних типів ґрунтів. Існує також міжнародна номенклатура продовольчої й сільськогосподарської організації ООН/ЮНЕСКО, де використовують назви ґрунтів, які характерні для певних країн (чорнозем, підзол, солонець, солончак) і синтезовані назви (придумані для ґрунтів), поширені на кількох континентах (флювісоль, грейсоль, андосоль, каштанозем та ін.).

[12] З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60% усіх сільськогосподарських угідь України і розташовані в межах лісостепу та степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4 – 9%, їх товщина сягає 1 – 1,5 м. До 18,5 % площ орних земель припадає на дерново-підзолисті, дернові й сірі лісові ґрунти, які формувалися в умовах надмірної зволоженості, в них мало гумусу, вони переважно кислі, але мають високу природну родючість.

Великі площі припадають на бурі лісові й буро-підзолисті ґрунти, поширені в межах лісової смуги вертикальних зон Карпат, Криму, Передкарпаття і Закарпаття, та лучні й болотні ґрунти, які трапляються в західних і північних районах України. Загалом ґрунти України наділені високою природною родючістю.

Ґрунтовий покрив України має виразний зональний характер, із чітким виокремленням найпоширеніших типів. Формуючись на відкладах лесового комплексу за сприятливих кліматичних умов (достатньо теплих і зволених), чорноземи вирізняються підвищеним вмістом гумусу (4 – 9 %) та є найродючішими ґрунтами. Залежно від зміни природних умов (передусім зволоження) сформувалися різні види чорноземів: у Лісостепу домінують чорноземи опідзолені й типові мало- і середньогумусні, у північному степу — чорноземи звичайні, у центральному степу — чорноземи південні. Солонці та солончаки становлять особливу групу ґрунтів у посушливих степах України.

Солонці характеризуються незначною водопроникністю і наявністю ущільненого солонцевого горизонту, сформованого нагромадженням натрієвих солей при інтенсивному капілярному піднятті й наступному випаровуванні мінералізованих ґрунтових вод. Фрагментарні, з інтенсивним засоленням, солонці поступаються справжнім солончакам. Поряд з природними особливостями степу (плоский рельєф, незначна кількість атмосферних опадів, підвищене випаровування тощо) надмірному засоленню ґрунтів та утворенню солонців і навіть солончаків сприяють нерозважлива господарська діяльність, зокрема непродумана організація зрошувальних робіт.

Бурі лісові (буроземи) та буро-підзолисті ґрунти, які формуються за відносно теплого і достатньо вологого клімату підлістяними або хвойними лісами, поширені у гірських районах та передгір'ях українських Карпат і Криму. Вони вирізняються грудкуватою або горіховою структурою й підвищеною кислотністю.

Лучні та болотні ґрунти, що формуються в умовах значного і надмірного зволоження, поширені у північних та західних регіонах України, де вони характеризуються розвитком процесів оглеєння. Проте трапляються подібні ґрунти й на окремих локаліях лісостепової та навіть степової зон (на заплавах річок, у глибоких ярах, балках й інших депресіях поверхні), де їх утворення супроводжується процесами засолення.

Рівень гумусованості ґрунтів теж має зональну залежність. Так, якщо дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються невисоким вмістом гумусу (0,7 – 2,0 %), а в лісостепу гумусованість зростає від 1,0 – 2,5 % у ясно-сірих ґрунтах до 4,0 – 6,0 % у чорноземах типових, то в чорноземному степу кількість гумусу знижується у протилежному напрямку — з півночі на південь – від 6,0 до 1,5 % . Протягом останніх десятиріч в Україні спостерігається стала тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах, що пояснюється як природними процесами (насамперед ерозійно-дефляційними),

так і спрацюванням гумусу в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

У сільському господарстві ґрунт є основним засобом виробництва, важливою ознакою якого є саме родючість. Людина, використовуючи ґрунт, змінює її за допомогою обробітку, внесення добрив, запровадження сівозмін, зрошення тощо. Залежно від способу використання ґрунт може поліпшуватися, ставати більш родючим або навпаки.

1.3. Основні проблеми погіршення якості ґрунтів

[5]Основними причинами погіршення якості земель є природні стихійні лиха (вулкани, землетруси, затоплення) й антропогенні фактори (цілеспрямована діяльність людини):

- порушення правил агротехніки та сівозміни;
- вирубування охоронних лісів;
- розорювання схилів;
- неправильне ведення гідротехнічних меліорацій;
- надмірний випас худоби;
- забруднення ґрунтів різними речовинами в результаті сільськогосподарської діяльності;
- безпідставне вилучення сільськогосподарських земель.

Природа у процесі еволюції виробила механізм самовідновлення ґрунтів і оптимального пристосування до несприятливих умов. Сьогодні техногенні навантаження зростають до розмірів, які переважають поріг стійкості ґрунтів. Відновлення природних ресурсів природним шляхом уже неможливе. Оскільки зменшити або хоча б стабілізувати техногенне навантаження практично неможливо, відбуваються незворотні негативні зміни у стані земельних ресурсів. Наймасштабнішу шкоду земельним ресурсам завдають процеси ґрунтової ерозії, опустелювання, засолення.

Ґрунтова ерозія (лат. *erosio* — роз'їдання) — руйнування та вилучення ґрунтів і підстеляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних

опадів і спричинених ними схилових стоків, наслідком чого є деградація ґрунтів, забруднення водного й повітряного басейнів.

Ерозійні процеси поділяють на водні, вітрові та агротехнічні. При цьому вирізняють ерозію нормальну, яка проявляється на територіях, не порушених господарською діяльністю людини, та прискорену, що розвивається внаслідок антропогенного впливу (розорювання схилів, нерегульовані випаси на них худоби, суцільне вирубування лісів тощо). За сучасних умов переважають процеси прискореної ерозії сільськогосподарських угідь. [8] За ступенем еродованості виокремлюють слабо-, середньо- та сильноеродовані землі.

В Україні еродовані 12,9 млн га сільськогосподарських угідь (30,8%), у т.ч. 10,6 млн га ріллі (31,6%), а площі еродованої ріллі зростають приблизно на 70 тис. га.

Водна ерозія проявляється головним чином через площинний змив на схилах, який зумовлює різні ступені змитості ґрунтів, а також через лінійний розмив, при якому відбувається повне руйнування сільськогосподарських угідь і формується яружно-балковий рельєф.

Найнебезпечнішими з огляду на активізацію водно-ерозійних процесів в Україні є правобережжя Дніпра, Десни, Сейму, Сіверського Дінця, Донецька височина, хоч наслідки водної ерозії спостерігаються практично в усіх областях і регіонах України. Водна ерозія зумовлює вимивання значної частини родючого ґрунту, який, потрапляючи у водні об'єкти, забруднює їх.

[7] Вітрова ерозія (дефляція) полягає у видуванні й перевідкладенні пилюватих (зрідка – дрібнопіщаних) частинок ґрунту і проявляється на розораних просторах степової та лісостепової зон, на переосупінених територіях Полісся і Прикарпаття, проте найбільші площі дефляційних земель зосереджені на територіях Запорізької, Донецької, Херсонської й Луганської областей (по 350 – 400 тис. га в кожній). Значна частина ґрунту внаслідок дефляції потрапляє в атмосферу.

Отже, ерозія ґрунтів глобально забруднює біосферу. Захист ґрунтів від ерозії полягає в здійсненні організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних та гідротехнічних заходів. Агротехнічні заходи передбачають регулювання поверхневого стоку талих і дощових вод, правильний обробіток ґрунту (оранка, культивація, посів поперек схилу), борознування, лункування для затримки стоку, обладнання території зливовідвідними борознами, застосування ґрунтозахисних сівозмін (насичення багаторічними травами, виключення просапних культур, полосне розміщення культур поперек схилів), залуження території.

Для боротьби з вітровою ерозією додатково накопичують вологу в ґрунті, створюють захисний рослинний покрив, упроваджують безвідвальний обробіток ґрунту (на поверхні залишається значна частина рослинних решток).

Лісомеліоративні заходи полягають у створенні лісонасаджень певного призначення: лісові й садові смуги (шириною 10 – 20 м) для захисту полів від вітрової ерозії та суховіїв; смуги для затримання і розподілення снігу; протиерозійні насадження на схилах уздовж балок ярів (шириною до 60 м); суцільне або часткове заліснення земель, непридатних для сільськогосподарського використання; лісові насадження на дні балок, ярів для закріплення русел, які чергуються із залуженими ділянками; водоохоронні насадження на берегах річок, озер, ставків, каналів для зниження замулення та розмиву.

Головною метою гідротехнічних заходів є [10] створення гідротехнічних споруд (вали, тераси, канали та ін.), за допомогою яких перерозподіляють вологу в ґрунтовому профілі й на поверхні земель, відводять надлишкову вологу і поверхневий стік.

Вплив людини на природні процеси посилює тенденцію аридизації (лат. *aridus* — сухий) суші (поширення сухого клімату, для якого характерне недостатнє зволоження й високе випаровування при високій температурі повітря), яка може призводити до опустелювання, однак цей процес

відбувається за будь-яких кліматичних умов, а його інтенсивність залежить від водного та теплового режиму.

Опустелювання — виснаження аридних і напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

Сьогодні на планеті приблизно 900 млн га займають пустелі та засушливі землі, 5 млн га родючих земель щорічно вилучають з освоєння внаслідок опустелювання.

Значного збитку ґрунтам завдає засолення і вторинне засолення, яке спричиняє повну непридатність ґрунтів для сільськогосподарського використання. Засолюються ґрунти в усіх країнах Близького та Середнього Сходу, в зрошуваних районах Австралії, США, Мексики, Аргентини, України.

Скорочення площі сільськогосподарських угідь відбувається також унаслідок будівництва та розширення міст, населених пунктів, промислових підприємств, доріг. Антропогенна діяльність спричиняє хімічне забруднення ґрунту. Ґрунтам завдають шкоди два основні джерела хімічних забруднень:

- викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту;
- хімічні засоби захисту рослин та добрива, що використовуються у сільському господарстві.

Розподілення продуктів техно генезу на поверхні ґрунту зумовлено метеорологічними, топографічними, геохімічними факторами і характером джерел забруднення. Забруднення (миш'яком, свинцем, цинком, марганцем, залізом, сіркою), як правило, концентруються навколо промислових центрів та вздовж автомагістралей, а особливо навколо підприємств чорної металургії.

Техногенні аномалії утворюються вздовж автомагістралей та в міських зонах, де особливо сильне забруднення свинцем (з вихлопними газами автотранспорту на земну поверхню потрапляє до 260 тис. т свинцю на рік), цинком, меншою мірою кадмієм та іншими металами. Ширина придорожніх аномалій свинцю досягає 100 м. Найбільше забруднена свинцем рослинність,

що знаходиться на віддалі до 10 м від шосе, на висоті 1 – 2 м над рівнем поверхні.

Ґрунт має також властивість адсорбувати забруднювальні речовини з повітря. Доведено, що в середньому кожен квадратний метр поверхні за рік поглинає 6 кг забруднювальних речовин з атмосфери.

Хімічне забруднення ґрунтів спричиняє низку негативних явищ: зростання процесів ґрунтової ерозії;[6]

- зміну структури ґрунту, зменшення його пористості;
- зниження водопроникності;
- погіршення водно-повітряного режиму;
- підкислення ґрунту;
- збільшення вимивання мінерального азоту, калію, заліза, фосфатів кальцію, легкоокислювальної органічної речовини;
- гальмування процесів трансформації азоту;
- пригнічення активності більшості ґрунтових ферментів;
- інвертази, уреази, каталази, фосфотази, що відіграють величезну роль у біогенних процесах ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив постійно змінюється, особливо під дією антропогенних чинників.

Відбуваються постійні зміни в структурі й площах земельних угідь за рахунок вилучення орних земель для створення захисних лісових насаджень і полезахисних лісових смуг, будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд та ставків-мулонакопичувачів, укріплення берегів, захисту сільськогосподарських угідь, рекультивації порушених земель, переведення сильноеродованих, заболочених, підтоплених площ у сіножаті й пасовища, збільшення площі земель природоохоронного призначення.

Для України [9] характерна висока розораність території, яка становить 57,1 % і перевищує екологічно обґрунтовані межі (розораність території США — 15,8 %, Великої Британії, Франції, Німеччини — від 28,1 до 31,8 %). Саме висока розораність територій, тобто екстенсивне ведення сільського

господарства, спричинили деградацію ґрунтового покриву, призвели до порушення природних процесів ґрунотворення.

Комплексний моніторинг ґрунтів і реалізація заходів, спрямованих на їх відновлення, є необхідною умовою збереження родючості ґрунтів, їх деградація може стати в майбутньому глобальною екологічною катастрофою, оскільки саме сільськогосподарське виробництво забезпечує людство продуктами харчування.

1.4. Наукові та організаційні засади ґрунтового моніторингу

Широкомасштабний екологічний моніторинг як система спостережень, оцінювання та прогнозування досліджуваного об'єкта, завданням якої є вироблення раціональних управлінських рішень, дає змогу отримати фактичні дані про стан і динаміку екосистем. Ґрунтовий моніторинг — складова загального екологічного моніторингу, якому приділяють велику увагу в розвинутих країнах.

Моніторинг ґрунтового покриву [11] — система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості.

За масштабами спостережень та узагальненнями отриманої інформації виділяють локальний, регіональний і глобальний види моніторингу ґрунтів. Контролювання їх стану дає можливість отримати дані про середовище або конкретну його складову в зонах активної виробничої діяльності людини.

Потреба у здійсненні моніторингу ґрунтів зумовлена винятковою важливістю підтримки компонентів природного середовища, зокрема ґрунтового покриву, в стані, за якого він зберігає здатність до регуляції циклів біофільних елементів як основи життєдіяльності людини та біосфери загалом. У всьому світі антропогенний чинник за останні десятиріччя значно посилив фізичну, фізико-хімічну, біологічну, ерозійну деградацію ґрунтів, забруднення екотоксикантами. Ґрунтовий моніторинг не тільки забезпечує

контролювання антропогенних впливів, а й запобігає його негативним наслідкам.

Моніторинг ґрунтів усі розвинуті країни здійснюють на основі рекомендацій Організації Об'єднаних Націй з 60 — 70 років минулого століття,]2] зважаючи на власні національні особливості. Як правило, ґрунтовий моніторинг проводять у проблемних регіонах.

Системи моніторингу основані на спостереженнях, дослідженнях, оцінюванні, прогнозуванні, оптимізації родючості ґрунтів, урожайності рослинності; особлива увага приділяється ерозії ґрунтів і опустелюванню.

Практика розвинутих країн свідчить, що ґрунтово-екологічний моніторинг як складова моніторингу довкілля дає змогу істотно підвищувати продуктивність ґрунтів, віддачу від засобів індустріалізації, поліпшувати якість сільськогосподарської продукції.

В Україні система спостережень за окремими складовими навколишнього середовища діє в гідрології, метеорології, агрохімії, ґрунтознавстві, лісівництві тощо. Однак системи відомчих засобів моніторингу стану ґрунтового покриву мають низку істотних недоліків: відсутність комплексної організації робіт на державному рівні (розрізненість та методична несумісність, відсутність позавідомчої мережі центрів розроблення ґрунтово-екологічної інформації та алгоритмів її опрацювання; застарілість методичного й інформаційного забезпечення робіт на галузевих рівнях, відсутність еталонних зразків тощо).

Оперуючи наявною науковою інформацією про деградаційні процеси й вміст у ґрунті екотоксикантів, неможливо виробити чіткі управлінські рішення як на державному, так і на регіональному рівнях, оскільки вона лише частково відображає справжню сутність та масштаби природних і антропогенних процесів у ґрунтовому покриві.

Згідно з проектом Положення про державну систему моніторингу довкілля, моніторинг ґрунтів слід здійснювати за загальнодержавною та регіональними (місцевими) програмами, які визначають спільні дії

центральных і місцевих органів виконавчої влади, узгоджені з метою й завданнями щодо охорони навколишнього середовища, екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Завданням ґрунтового моніторингу є контролювання динаміки основних фізичних, хімічних, біологічних та інших ґрунтових процесів — у природних умовах та за антропогенних навантажень.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу (В. Медведєв, Т. Лактіонов, 1992), згідно з якою мета моніторингу — отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації й поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату — розширеного відтворення ґрунтової родючості. Земельним кодексом України передбачено проведення моніторингу ґрунтового покриву як основи практичних заходів щодо екологічного оздоровлення ґрунтів. Такий моніторинг має забезпечити:

- підтримання здатності ґрунтів до регуляції циклів біофільних елементів;
- контролювання і запобігання негативному розвитку процесів ґрунтоутворення, які проявляються в дегуміфікації, ерозії, переущільненні, підтопленні, засоленні тощо;
- поліпшення родючості ґрунтів, віддачі від меліорації й хімізації та підвищення якості сільськогосподарської продукції;
- вироблення критеріїв загального оцінювання сучасного стану ґрунтового покриву.

Об'єктами ґрунтового моніторингу є основні типи, підтипи (виділяють у межах типу ґрунту, вони якісно відрізняються за основними процесами ґрунотворення і є перехідними між типами), роди (виокремлюють у межах підтипу ґрунту за якісними генетичними особливостями, що формуються внаслідок впливу комплексу місцевих умов: складу ґрунтоутворюючих порід, хімізму ґрунтових вод), види (виділяють у межах роду, вони різняться за ступенем розвитку ґрунотвірних процесів: опідзолення, гумусування, засоленості) та різновиди (визначають за механічним складом верхніх

грунтових горизонтів і ґрунтоутворюючих порід) ґрунтів, які вибирають у межах ґрунтової провінції та максимально відображають мозаїчність (строкатість) ґрунтового покриву, всі види і рівні антропогенного навантаження.

[5] Ґрунтова провінція — таксономічна одиниця в ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає однорідні за складом і структурою ґрунтового покриву, сукупністю факторів ґрунтоутворення та можливістю господарського використання ґрунтів території. Отримати необхідну інформацію для організації моніторингу можна з ґрунтова-картографічних матеріалів землевпорядних проектних установ, аналітичного і картографічного матеріалу періодичних агрохімічних обстежень, агрокліматичної інформації гідрометеослужби, відомостей наукових та проектних установ про ймовірні джерела забруднення ґрунтів тощо.

Діяльність системи державного ґрунтового моніторингу контролюють Міністерство екології та природних ресурсів (визначення залишкової кількості пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях); Міністерство охорони здоров'я (спостереження за хімічним та біологічним забрудненням ґрунтів на території населених пунктів); Міністерство сільськогосподарської продукції (радіологічні, агрохімічні й токсикологічні спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання); Міністерство лісового господарства (визначення концентрації радіонуклідів токсичних речовин у лісовому ґрунті); Державний комітет гідрометеорології (визначення концентрації пестицидів, важких металів у ґрунті).

[3] Гідрогеологомеліоративні експедиції Держкомітету з водного господарства здійснюють моніторинг ґрунтів меліоративного фонду, іригаційної ерозії; гідрометеостанції забезпечують кліматичною інформацією й оцінюють післядію злив і пилових бур; УкрНДІ «Укрземпроект» та його філії забезпечують вихідну інформацію і контролюють земле використання;

Держсортонережа й дослідні станції надають для моніторингу спеціальні варіанти дослідів.

Обґрунтований вибір пунктів спостережень, їх репрезентативність відповідно до ґрунтово-географічного районування, комплексні спостереження і дослідження, їх координацію й узагальнення передбачають науково-організаційні принципи організації ґрунтового моніторингу.

1.5. Критерії оцінювання і види ґрунтово - екологічного моніторингу

Складовою методичної основи ґрунтового моніторингу є система показників контролю, за допомогою яких можна впливати на стан і процеси в ґрунті, регулювати його родючість. Тому необхідним є встановлення регіональних критеріїв гранично допустимих навантажень на ґрунт та ГДК різних забруднювачів і необхідних видів моніторингу.

Критерії оцінювання ґрунтово - екологічного моніторингу. Як ознака виконаної оцінки, мірило для оцінювання предмета чи явища, вони мають бути порівнюваними у часі й просторі та сприяти управлінню ґрунтовими процесами з метою створення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур. Це зумовлює низку обмежень при доборі критеріїв оцінювання при моніторингу ґрунтів.

Найважливішими умовами вибору певних критеріїв є незначна мінливість за відносно довгий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановити коливання показників унаслідок дії антропогенних і техногенних факторів; наявність простої й зручної методики, що дає змогу визначити та кількісно оцінити показник; наявність функціональної залежності між критерієм і дією антропогенних факторів; просторово-часову його симетричність (ізотропність).

Перспективний та віддалений моніторинг дають можливість контролювати показники, що характеризують стан структурної частини ґрунту, оцінюючи яку, з'ясовують потенційну родючість. Ці показники

(валовий, хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, вміст валових запасів та якісного складу гумусу, валові запаси азоту, фосфору, калію, мікроелементів, важких металів, радіонуклідів) малодинамічні, кількісно змінюються дуже повільно. Контроль за ними слід здійснювати не частіше, як один раз на 5 — 10 років

Оперативний моніторинг забезпечує постійне спостереження за найбільш динамічними показниками (рухомі форми поживних елементів, рН, фізичний стан ґрунту, вміст рухомих форм важких металів), що зумовлюють рівень ефективної родючості та агроекологічний стан ґрунтів.

Система моніторингу ґрунтів, яка передбачає комплексне виконання перспективного, віддаленого та оперативного його видів, сприяє отримуванню об'єктивної інформації про гранулометричний, мінералогічний склад ґрунту, вміст у ньому гумусу; показники формування водного, температурного, поживного, окисно-відновного режимів та показники екологічного стану ґрунту (рівень еродованості, ступінь деградованості за рівнем забруднення важкими металами, пестицидами).

[8] На основі інформації про стан ґрунту розробляють заходи для управління продуктивністю ґрунтів, тобто підвищення їх родючості та поліпшення екологічного стану ґрунтового покриву.

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів проявляються як на регіональному, так і на глобальному рівнях. Тому розроблення програм спостережень за хімічним забрудненням ґрунту є актуальним завданням. Складання таких програм передусім потребує адекватної оцінки сучасного стану ґрунту та прогнозу його змін.

Необхідну інформацію отримують за допомогою системи спостережень, яку здійснюють з метою виконання таких завдань:

- реєстрація наявного рівня хімічного забруднення ґрунтів; виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін забруднення ґрунтів залежно від їх розміщення та технологічних параметрів джерел забруднення;

- прогнозування змін хімічного складу ґрунтів у майбутньому та оцінювання можливих наслідків забруднення ґрунтів;
- обґрунтування складу та характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків забруднення ґрунтів і заходів, спрямованих на корінне поліпшення забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень забруднення ґрунтів.

Зміст і характер проведення спостережень за рівнем забруднення ґрунтів та їх картографування у різних (сільських або міських) умовах мають певні особливості.

Залежно від завдань, які необхідно виконати,[7] виокремлюють такі види спостережень:

1. Режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин у ґрунтах протягом визначеного часу).
2. Комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднюючих речовин у системі «атмосферне повітря — ґрунт», «ґрунт — рослина», «ґрунт — вода», «ґрунт — відкладення дна»).
3. Вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин у ґрунтах.
4. Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених відповідно до запитів певних організаційних пунктах.

На основі спостереження за рівнем забруднення ґрунтів одержують інформацію не тільки про ступінь їх хімічного забруднення, а й з'ясовують тенденції розвитку процесів і прогнозують зміни забруднення під дією різноманітних факторів.

У зв'язку з нерівномірним забрудненням довкілля, актуальним є закладення стаціонарних площадок екологічних досліджень у межах адміністративних районів за трьома методами. За першим методом як основу розміщення сітки стаціонарних площадок застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2 – 3 напрямки. На карту у відповідному масштабі в підвітряному напрямку наносять прямі лінії (протилежні напрямку вітру) з

позначенням віддалей від джерела забруднення (0,5, 1,5, 10, 20, 30, 50 км). У цих точках закладають постійні або тимчасові ділянки екологічних досліджень. Згідно з другим методом, площадки екологічних досліджень розташовують на перетині ліній двокілометрової сітки на ґрунтовій карті. Відповідно до третього методу на ґрунтову карту наносять основний напрямок вітру та проводять радіуси відповідних румбів. Потім окреслюють дуги на віддалі 2, 3, 4, 5 км від джерела забруднення. Віддаль між радіусами повинна бути не більша ніж $22,5^\circ$.

Як правило, ґрунтові проби відбирають на віддалі 5 – 50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас, за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії основних автомагістралей проби відбирають у межах 10 – 200 м, селищних доріг 5 – 50 м від дороги. Опорні розрізи закладають на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи — до глибини 30 см. Проби сухих ґрунтів відбирають у полотняні щільні мішечки, мокрі — в поліетиленові, які після доставки в лабораторію негайно сушать у приміщенні, що добре провітрюється, й аналізують.

Здійснення моніторингу ґрунтів у такий спосіб дає змогу виявити локальні ділянки забруднення ґрунтів і визначити рівень їх забруднення певними хімічними речовинами, встановити джерела забруднення ґрунту, дослідити міграційні особливості шкідливих речовин у ґрунті та розробити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації.

Висновок до розділу 1

Оцінюючи стан моніторингу і контролю якості ґрунту в Україні, не можна не звернути увагу на факт практичної відсутності свідчень високої ефективності цієї діяльності. Контролем, і особливо, моніторингом багато організацій різних міністерств і відомств, чіткий механізм координації їх діяльності не розроблений, оцінка її ефективності не опирається на обрану систему критеріїв.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР НАПРЯМКУ РОЗРОБКИ. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТРОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1. Опис та обґрунтування параметрів агромоніторингу

Моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, обробки і відображення. [6] На основі зібраної інформації було вирішено створити свою систему, яка буде вимірювати необхідні параметри, а саме температуру, вологість, кислотність, вміст метану, електропровідність, та проводити аналіз цієї інформації.

Контроль змін фізичних параметрів, які відображають зміни фізичних процесів ґрунту, є необхідним елементом моніторингу з метою оцінки стану земель і визначення найбільш ефективних прийомів їх збереження і підвищення родючості. Якщо агрохімічна характеристика ґрунтів є однією з найважливіших складових частин теоретичного обґрунтування ефективного застосування добрив та хімічних меліорантів, то агрофізична характеристика є такою ж важливою складовою частиною теоретичного обґрунтування всіх основних ланок землеробства (системи обробітку ґрунту, системи сівозмін тощо) і меліорації, основними завданнями яких є в першу чергу покращення ґрунтово-фізичних умов у відповідності з вимогами сільськогосподарських рослин. Значення фізичних властивостей ґрунту для його родючості особливо посилюється за умов інтенсивного використання сільськогосподарських земель. Застосування сільськогосподарської техніки підвищеної енергоємності і ваги, поширення площі зрошення, застосування рідких органічних добрив – це ті фактори, які можуть призвести до погіршення фізичного стану орних земель, їх деградації.

Після надходження сонячної радіації до поверхні Землі значна її частина перетворюється в тепло, тому Сонце є основним і практично єдиним

джерелом теплової енергії на планеті. У порівнянні з сонячною радіацією, всі інші джерела тепла мізерні. Наприклад, певна кількість тепла надходить з земних надр. Це складає 54 кал на рік на кожний квадратний сантиметр поверхні, що у 5000 разів менше ніж тепло від Сонця. З глибиною температура надр збільшується на 1 градус на кожні 35 м, що також не дозволяє говорити про її суттєвий вплив на біоту. Таким чином, Сонце – це не лише джерело світла, а й джерело тепла, за рахунок яких формуються наземні екосистеми.

Сонячне випромінювання не лише забезпечує світлом, але й створює температурні умови, необхідні для росту та розвитку рослин. Температурний режим, як і світловий, змінюється на Землі протягом року та доби. Він залежить від широти місцевості, висоти над рівнем моря, відстані від морів, океанів, річок, озер та інших водойм. На нього впливають льодовики, вітри, колір ґрунту та його структура. Сонячні промені, проходячи крізь атмосферу, нагрівають повітря та ґрунт. Чим чистіше повітря, тим швидше нагрівається ґрунт, чим воно брудніше, тим швидше нагрівається повітря і повільніше ґрунт.

Як відмічалось вище, половина сонячної променистої енергії, яка доходить до земної поверхні, припадає на теплові інфрачервоні промені. Чим вище над горизонтом знаходиться Сонце, тим менший шлях цих променів через атмосферу, тим менше вони поглинаються і розсіюються в ній, тим більше їх доходить до Землі та сильніше нагрівається її поверхня. Одночасно з нагрівом поверхні нашої планети відбувається її охолодження за рахунок теплового випромінювання, особливо в нічний час. Частина теплового випромінювання від земної поверхні нагріває внутрішні води, частина – атмосферне повітря, частина – проходить через атмосферу і розсіюється у космосі. В атмосфері теплове випромінювання стикається з пилом, молекулами газів, краплями води, кристалами льоду, відбивається від них і може знову повертатися на земну поверхню. Значна частина теплового

випромінювання затримується хмарами, які нагріваються і випромінюють надлишок теплової енергії, повертаючи її на земну поверхню.

[9] Нічна температура залежить від кількості тепла та інтенсивності віддачі, поглиненого наземними об'єктами і атмосферою протягом дня. Наприклад, водойми, завдяки великій теплоємності води, здатні накопичувати значну кількість тепла при нагріванні та поступово віддавати її при охолодженні. Це призводить до згладжування максимальних температур на прилеглий суші під дією повітряних мас над водою. Саме тому для тієї частини Західної Європи, що омивається морями, властиві менш значні коливання температури як протягом доби (день – ніч), так і протягом року (зима – літо), ніж це відмічається у континентальних районах Східної Європи.

Таким чином, видовий склад фітоценозів закономірно змінюється у відповідь на температури умови, пов'язані як з географічними, так і з ландшафтними особливостями місця зростання. Ці зміни відбуваються поступово.

2.1.1. Температура ґрунту

Рослинний покрив не лише залежить від такого екологічного фактора як температура, але й сам впливає на температуру навколишнього середовища. [3] Це особливо чітко прослідковується у лісових рослинних угрупованнях. Під впливом лісу температурний режим повітря та ґрунту змінюється і відрізняється від температурних умов сусідніх земельних угідь. Крайності температур у лісі згладжуються: мінімальні та максимальні величини проявляються менш різко. Середньорічна температура ґрунту у лісі, за даними Г. Ф. Морозова, нижча, ніж у полі. В ялиновому лісі – на 2 – 3 °С, у дубовому – на 1,5 – 2,5 °С. Влітку температура повітря у лісі на 8 – 10 °С нижча, ніж у відкритому полі. В лісових екосистемах спостерігаються вертикальні відмінності температури повітря. Дослідження професора В. Н. Оболенського показали, що середні температури на поверхні ґрунту у лісі і на поверхні крон деревостану відрізняються влітку на 2,9°С, а максимальні –

на $7,1^{\circ}\text{C}$. Тому під наметом деревних порід складається своєрідний мікроклімат, який включає в себе і температурний режим. Втім, ліс впливає не лише на температуру повітря на зайнятій ним території, а й на загальний клімат планети. Саме тому, в епоху глобальних кліматичних змін збереження лісів є надважливою задачею.

Значення води в житті рослин переоцінити важко. Вона необхідна для підтримки структурної цілісності клітин, тканин, усього організму. Всі життєві процеси в рослинах проходять у водному середовищі. Вода приймає участь у процесі фотосинтезу, у транспорті мінеральних речовин. На створення 1 частини органічної речовини рослина витрачає близько 400 частин води. Кількість води, яка надходить до рослин, визначає весь хід обміну речовин, забезпечує не лише наростання біомаси, але й особливості анатомії та морфології рослини. Для водоростей вода є середовищем мешкання, а для суходільних рослин – важливим екологічним фактором. При вивченні екології рослин в тому чи іншому районі земної суші слід пам'ятати про різну кількість опадів протягом року. В екваторіальній зоні є два періоди дощу: березень – квітень та жовтень – листопад. Але в Африці в басейні річки Конго, при дуже великій кількості річних опадів (до 2 230 мм), є дуже сухі періоди року (липень – серпень), коли дощі не випадають. У середніх широтах, в тому числі й в Україні, максимальна кількість опадів частіше припадає на липень – вересень та січень – лютий. Рослини по різному поглинають воду протягом вегетаційного періоду. Найбільша її кількість поглинається при наявності вологого ґрунту, добре розвинутої транспіруючої поверхні та теплого, сухого повітря. Для прикладу можна навести соснові ліси, що зростають на високих піщаних дюнах в помірному кліматі. В таких екологічних умовах високий ступінь транспірації спостерігається лише в період вегетації безпосередньо після дощу. Велика кількість вологи поглинається після літніх злив, але цей процес припиняється через декілька діб після того, як закінчується комбінована дія сили тяжіння і поглинальної здатності коренів, в результаті чого настає точка стійкого в'янення.

2.1.2. Вологість ґрунту

Вологість ґрунту, при якій рослини починають сохнути, називається вологістю в'янення. Запаси води, який залишилися після настання точки стійкого в'янення, важкодоступні і називаються мертвим запасом.

Таким чином, саме вологість є одним з чинників довкілля, які визначають тип рослинного угруповання. В процесі еволюції рослини виробили ряд специфічних пристосувань, направлених як на максимальне використання вологи, так і на її надлишок чи нестачу. Крім того, водне середовище – це місце існування великої і важливої групи нижчих рослин водоростей.

2.1.3. Кислотність ґрунту

Хімізм ґрунтового розчину визначається кислотністю, кількістю та складом розчинених в ньому іонів. Розрізняють актуальну і потенціальну кислотність ґрунту. Актуальну визначають як від'ємний десятковий логарифм концентрації вільних іонів гідрогену в ґрунтовому розчині (рН). В різних ґрунтах актуальна кислотність коливається в межах від рН 3 до рН 11, тобто концентрація іонів гідрогену змінюється від 10^{-3} до 10^{-11} ммоль/л. Ґрунти з рН 3-4 називають сильно кислими, з рН 4 – 5 – кислими, з рН 5-6 – слабо кислими. Нейтральний ґрунт має рН 6 – 7, а лужний – рН 8-11. Високою кислотністю характеризуються болотні та підзолисті ґрунти, а лужністю – солонці. Чорноземи мають значення рН, близьке до нейтрального. В потенціальній кислотності розрізняють:

- обмінну кислотність, зумовлену увібраними іонами гідрогену, які здатні на обмін з катіонами нейтральних солей;
- гідролітичну кислотність, зумовлена увібраними іонами гідрогену, які не витісняють катіони нейтральних солей, але здатні заміщуватися основами лугів або гідролітично лужних солей.

В Україні у значних кількостях обмінна кислотність зустрічається лише в бурих лісових ґрунтах Криму і Карпат та деяких інших. Гідролітичну кислотність мають всі кислі ґрунти України. В дерново- підзолистих ґрунтах вона в 2 – 3 і більше разів вища, ніж у бурих лісових.

Таким чином, кислотність ґрунтів залежить від вмісту в ґрунтовому розчині обмінних іонів гідрогену, алюмінію, кальцію та інших іонів ґрунтового поглинального комплексу. Надлишок іонів гідрогену та алюмінію призводить до закислення, а іонів натрію – до залуговування. Загалом, кислотність ґрунту зумовлюється різними абіотичними факторами, серед яких варто виділити також:

- властивості материнських порід;
- склад ґрунтових вод;
- кліматичні умови.

Наприклад, граніт дає продукти вивітрювання з кислотою реакцією, а деякі ґрунтові води спричиняють лужність через насиченість їх вапном. При значних опадах і нестачі тепла розпад органічних решток проходить з утворенням розчинних органічних кислот, які надають ґрунту кислу реакцію, що підсилюється нестачею вапна. Це характерно для Полісся України при утворенні підзолистих ґрунтів під хвойними лісами. Поліські лісові ґрунти мають рН близько 5, а на торф'яних болотах -3,5-4,5.

Рослинний покрив також активно впливає на зміни кислотності ґрунтів. Так, звичайні для України ялина та сосна, містять у шпильках смоляні кислоти, які дають кислі продукти розпаду. Шпильки модрини, навпаки, акумулюють багато вапна, тому реакція ґрунту під ними більш лужна. Сильно лужне середовище (рН 9,2 – 9,9) створюють у верхніх горизонтах ґрунту пустельні рослини – саксаули, черкеси.

Загальновідомо, що нормальне протікання метаболічних процесів у рослин і всіх ґрунтових організмів може відбуватися лише в межах оптимального значенні рН. Залежно від напрямку та розвитку ґрунтоутворювального процесу вплив кислотності на рослини проявляється по-різному. До рослин, які зростають на дуже кислих (рН 4 – 4,5) субстратах, слід віднести мохи зозулин льон і сфагнуми, журавлину болотну та дрібноплідну. Більшість рослин успішно розвиваються на слабо кислих (льон, картопля, пшениця, кукурудза, люпин) та нейтральних (соняшник, люцерна, бавовник, огірки) ґрунтах. Вплив кислотності на рослини модифікується іншими мінеральними складовими ґрунтового розчину. Якщо в ґрунтовому розчині є іони кальцію і його буферність висока, то шкідливий вплив кислотності ґрунту зменшується, а якщо в розчині є іони алюмінію, феруму і мангану, то її токсичність для рослин і ґрунтових мікроорганізмів збільшується.

2.1.4. Електропровідність ґрунту

Електропровідність – здатність ґрунту (суспензій) проводити електричний струм. Залежить від вологості ґрунту, фазового стану вологи, вмісту в ґрунті солей, її температури, густини, гранулометричного складу і т.д. Кількісно характеризується коефіцієнтом питомої електропровідності ґрунту.

Коефіцієнт питомої електропровідності ґрунту – кількісна характеристика електропровідності ґрунту. Рівний коефіцієнту пропорційності між щільністю електричного струму і градієнтом напруги електричного струму.

Питома електропровідність використовується для оцінки загальної кількості розчинених у воді (суспензії) солей натрію, калію, кальцію, хлору, сульфату, гідрокарбонату і ін. Наявність іонів дво- і тривалентного заліза,

марганцю, алюмінію, нітрату, і т.п. не робить серйозного впливу на електропровідність (якщо, звичайно ж, ці іони не містяться в значній кількості). Електропровідність змінюється в залежності від температури, що часто призводить до незначної похибки вимірювань. Однак, сучасні прилади дозволяють мінімізувати похибки вимірювання завдяки розрахованим і занесеним в пам'ять фізичним залежностям питомої провідності від температури. За допомогою електропровідності можна побічно оцінити електрохімічний склад ґрунту згідно вивчених методів і зіставити його з параметрами середовища.

Виробляючи вимір засоленості ґрунту, по суті, проводять вимірювання розчинених у воді неорганічних солей. Всі солі містять деяку водорастворимую частину, яка при досягненні певного рівня надає згубний ефект на зростання рослин – з'являється засоленість ґрунту. Засоленість є результатом низької проникності ґрунту.

2.1.5. Вміст метан в ґрунті

Відомо, що основними джерелами викидів парникових газів є: енергетика, транспорт та сільське господарство. В даній ситуації мова піде про реалізацію вимог п. 3.4 Кіотського протоколу, а саме, зменшення емісії парникових газів через управління землями сільськогосподарського призначення. Досвід інших країн, насамперед Канади, показує, що головною вимогою для проведення розрахунків вмісту вуглецю (а як результат і парникового газу – діоксиду вуглецю CO_2) в ґрунтах – є отримання даних із конкретної сільськогосподарської діяльності. отримання таких даних без глибокого вивчення результатів вимірювань агрохімічного складу ґрунтів (вміст гумусу, органічної речовини, вуглецю, вологи, гранульності, щільності ґрунту та ін.) – практично неможливе.

В наведені методики розрахунків (оцінки) можливої емісії і вміст метану в ґрунті сільгоспризначення. Для України найбільш оптимальною є методика,

що отримала назву «Тіер-2». однак оцінка чи розрахунки за даною методикою мають відносно значну похибку. Виходом з даної ситуації є не оцінювання (теоретичне), а вимірювання (практичне) метану над поверхневим шаром ґрунту, особливо, в процесі його обробки. Розроблена інформаційно-вимірювальну систему (ІВС) для вимірювання концентрації парникових газів (CO_2 , CH_4 , N_2O), насамперед метану.

Катагенетичні гази утворюються за рахунок катагенетичного перетворення органічної речовини. При зануренні осадових порід на глибину та одночасному збільшенні тиску від 10 до 200÷250 МПа й температури від 25÷300С до 250÷3000С органічна речовина, що міститься у цих породах, перетворюється на вугілля. Це супроводжується виділенням газу, в основному метану та інших вуглеводнів. Газовиділення метану у гірничі виробки завжди супроводжує видобуток вугілля. Газовиділення може траплятися або повільно та рівномірно по всій товщі, що розкривається, із пор породи; або може бути локальним і відбуватися лише в одному місці товщі з тріщин або у вигляді газового фонтану та струменів; або може бути раптовим у вигляді інтенсивного прориву та різкого викиду великої кількості газу. В осадовій товщі гірських порід катагенетичні гази або утворюють скупчення (райони нафтових, газових і кам'яновугільних родовищ), або розсіяні у породах. Для нафтових родовищ характерними є CH_4 , важкі вуглеводневі гази, N_2 та CO_2 , а в якості домішок – H_2S , H_2 та благородні гази. Для газових родовищ набір газів такий самий, але важкі вуглеводневі гази зазвичай присутні в якості домішок. Такий самий газовий склад є типовим і для районів родовищ кам'яного вугілля, але серед основних газів необхідно назвати лише катагенетичний метан, всі інші утворюють домішки.

Біогенні гази формуються за рахунок життєдіяльності у ґрунтах різноманітних організмів – від одноклітинних бактерій до вищих рослин та тварин. Біогенні гази у ґрунтах, головним чином, представлені органічними сполуками. Природні горючі гази складаються з метану (до 98%), а також із

суміші етану, пропану, бутану, ізобутану та пентану. Шахтний метан виникає за рахунок трансформації органічних решток у вугілля під впливом високих тисків і температур. Інтенсивність виділення метану з боліт змінюється у досить широких межах. Наприклад, величина емісії метану в західносибірських болотах коливається від 0,1 до 40 мг/(м² год.) [17]. 101 Крім метану, біохімічним шляхом (в основному за рахунок бактеріального розкладення, рідше – за рахунок відновлення мінеральних солей) утворюється вуглекислий газ, сірководень та водень. При цьому найбільше значення має вуглекислий газ, кількість якого у повітрі ґрунтово-рослинного шару сягає від 0,2 до 2% (за об'ємом).

2.2. Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик існуючих аналогів

2.2.1. AgriLab

[20]Агроконсалтингова компанія, яка розробляє комплексні рішення для підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств. Аналізує – проводить комплексний агрохімічний аналіз, визначає потенціал поля; оптимізує – надає рекомендації щодо системи удобрення культур; прогнозує – визначає планову врожайність з урахуванням економічної доцільності; налаштовує – створює технологічні карти для роботи техніки, модернізує і переобладнує техніку для впровадження систем точного землеробства; оцифровує і автоматизує роботу господарства клієнта, створюючи програмні рішення для агрономів, впроваджуючи технології GPS моніторингу.

Із великого списку послуг розглянемо агрохімічний аналіз ґрунту. Агрохімічний аналіз ґрунту проводять для визначення причини

неврожайності, оптимізування витрат на систему живлення, з'ясування, чи підходить конкретна ділянка для вирощування тих чи інших культур.

AgriLab пропонує пакети з різним набором показників відповідно до потреб господарства. Показники агрохімічного аналізу: рН, сума катіонів, вміст гумусу.

Таблиця 6. Переваги та недоліки AgriLab

Переваги	Недоліки
Надійний та якісний аналіз ґрунту;	Аналіз лише великих територій;
Відносно невелика вартість послуги;	Самостійне ведення статистики;
Гарантія на послугу 1 місяць;	Для надійності результатів потрібно проводити регулярну діагностику в цій самій компанії;
Сертифіковані прилади для проведення аналізу;	Неможливість швидко відреагувати при критичному стані ґрунту;
Результати аналізу в друкованому вигляді з коротким поясненням;	Неможливість постійного спостереження.

2.2.2. MARS

Проект, створений з метою моніторингу агроресурсних систем та прогнозування урожайності основних сільськогосподарських культур з використанням даних дистанційного зондування землі.

Команда розробила та буде пропонувати такі послуги:

- Моніторинг та оптимізація використання агроресурсних систем;
- Агрометеорологічне прогнозування росту та врожайності основних сільськогосподарських культур;
- Програмування та експертиза агротехнологій.



Таблиця 7. Переваги та недоліки MARS

2.2.3. Cairpos GmbH

Переваги	Недоліки
Аналіз ґрунту та зовнішнього середовища на першій території;	Початковий проект, який не дає гарантії якості;
Дослідження багатьох параметрів ґрунту (вміст солей, домішок, рН, вологість, температура, тиск) ;	Повільна процедура аналізу;
Моделювання карти прогнозу умов росту посівів;	Необхідність замовляти послугу перед кожним посівом;
Можливість економії на добривах, воді та інше.	Відсутнє спостереження за посівом протягом взрощування;
	Невстановлена вартість за послуги.

Виробником обладнання для моніторингу погодних умов, ґрунту, опадів і рівня води. Cairpos GmbH пропонує повний спектр рішення моніторингу рівня води в річках і водоймах для раціонального використання водних ресурсів, систем розсилки попереджень про повені.

Компанія продає такі метеостанції:

CaipoBase - заснована на інтернет-з'єднанні система моніторингу вологості ґрунту і кліматичних умов, що працює від сонячної енергії. CaipoBase збирає дані, як з безпосередньо підключених датчиків, так і з бездротових сенсорів, і передає їх на веб-сервер кожену годину або відповідно налаштувань користувача. Всі дані також можуть бути завантажені прямо на комп'ютер через стандартний порт USB. Внутрішня пам'ять дозволяє зберігати дані за 2 роки (в залежності від кількості підключених сенсорів). CaipoBase підтримує всі датчики Caipos. CaipoBase використовується в моніторингу погоди, моніторингу вологості ґрунту, рівня води, опадів і т.д. Технічні характеристики систем наведені в таблиці 8

Таблиця 8. Технічні характеристики CaipoBase

Технічні характеристики	
Розмір основного блоку	130x150x120 мм
Батарея	6V 4.5AH, 7.2AH, 12AH
Сонячна панель	149x199x3.2 мм, 1.08W
Макс. число датчиків	32 кабельних, 64 бездротових
Потужність	20-70 μ A
Внутрішня пам'ять	4MB (да 2 років даних)
З'єднання	GSM/GPRS, USB
Інтервал збереження даних	1 мін. - 2 год
Інтервал передачі даних	1 год - 10 мін
Робоча температура	-40°C - +80 °C
Клас захисту	IP65
Автономна робота	Більше 1 місяця
Захист від блискавки	вбудована




Рис. 2. Зовнішній вигляд CaipoBase

CaipoWave - Бездротові сенсорні вузли CaipoWave разом з базовою станцією CaipoBase роблять використання датчиків в моніторингу вологості і температури ґрунту недорогим, простим і, дійсно, бездротовим.

На відміну від датчиків, підключених проводами до станції, бездротові сенсори можна без будь-яких проблем встановити, перенести в інше місце або прибрати в будь-який час. Вихід з ладу одного з сенсорів ніяк не впливає на роботу інших датчиків. Бездротові сенсори не заважають роботі сільськогосподарських машин.

Таблиця 9. Технічні характеристики CairoWave

Технічні характеристики		 <p>Рис.3. Зовнішній вигляд CairoWave</p>
Розмір	100x320x62 мм	
Вага	150 гр (без датчиків)	
Батарея	Lithium AA 3.6 V, 2.4 Ah	
Термін роботи батареї	4-5 років	
Інтерфейси	4-х аналогових, 1-х цифровий	
Робоча температура	-40°C - +85°C	
Робоча вологість	0 – 100 %	
Макс. число датчиків	5	
Діапазон з'єднання	до 1 км1	
Радіод стандарт	IEEE 802.15.4 783/868/915 MHz	
Напруга	2.7 V – 5.5 V	
Датчики	В-ть и темп. ґрунту, звол. листа	

CairoRain - є найменшою в світі, найбільш точною і економічно вигідною системою моніторингу опадів і ґрунту. CairoRain вимірює опади і посилає дані на веб-сервер. Дані можна також завантажити на комп'ютер, використовуючи стандартний порт USB. Внутрішня пам'ять дозволяє зберігати дані за 8 років. CairoRain використовується для моніторингу осадков, стихійних бедствий и др.

Принцип дії станцій представлений на Рис.5



Рис. 4.

Зовнішній вигляд CairoRain

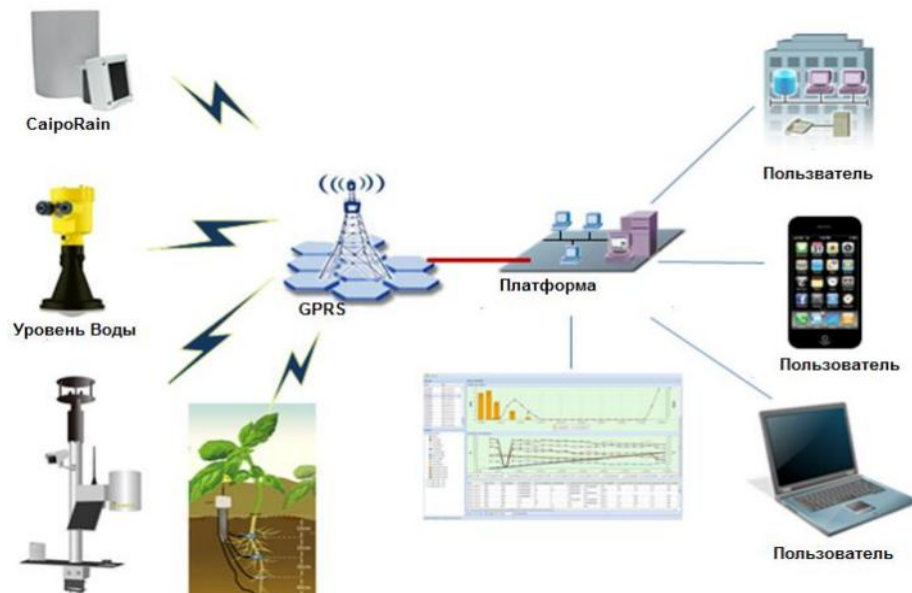


Рис. 5. Принцип дії станцій

Таблиця 10. Переваги та недоліки Саірос GmbH

Переваги	Недоліки
Довготривале застосування;	Висока вартість;
Можливість виконувати аналіз ґрунту в будь-який час;	Самостійне ведення статистики;
Висока точність приладів;	Самостійне аналізування даних.
Можливість завантажувати та переглядати данні з будь-якого пристрою;	
Універсальність;	
Низьке електроспоживання;	
Швидка установка та просте використання.	



2.2.4. ТОВ «Вента Лаб»

Один з найбільших постачальників і виробників високоточного лабораторного, біоаналітичні і промислового устаткування.



[22] Головне завдання компанії - забезпечити клієнтів лабораторним обладнанням кращих світових брендів і власного виробництва, з максимальним рівнем сервісної підтримки. Тому, крім поставок устаткування, вони проводимо сервісні випробування, розробляють нові рішення, організовують відкриті лабораторні виставки і конференції, проводять семінари, презентації приладів. Розглянемо прилади представлені в компанії «Вента Лаб», які використовуються для визначення тих самих параметрів, що і розроблений нами прилад.

[23]

Таблиця 11. Технічні характеристики приладів компанії «Вента Лаб»

Назва аналогічного приладу та його технічні характеристики	Фото, ціна
1	2
<p>1. Вологомір ґрунту Rapitest 1825</p> <p>Діапазон виміру: 0,0 - 9,9;</p> <p>Похибка: 0,1;</p> <p>Корозійно-стійкий щуп датчик 145 мм.;</p> <p>Живлення: 3 x 1,5V (LR44 / AG13);</p> <p>Розміри: 265 x 50 x 20 мм.;</p> <p>Вага: 60 гр.</p>	 <p>Рис.7. Вологомір Rapitest 1825</p> <p>650 грн</p>
<p>2. Цифровий рН метр Rapitest 1845</p> <p>Діапазон вимірювання кислотності ґрунту (рівня рН): від 3,5 до 9,0 рН</p> <p>Крок виміру: 0,1 рН</p> <p>Живлення: батарейки LR44 3 шт. (у комплекті)</p> <p>Розміри електрода: довжина 150 мм, діаметр 6 мм</p>	 <p>Рис.8. рН метр Rapitest 1845</p>

Продовження таблиці 11

<p>1. Термометр шуп для измерения температуры WT-1 Діапазон вимірюваної температури: -50 ° C до 300 ° C; Похибка: ± 1 ° C; Живлення: Батарейка плоска кругла DC1.5V; Розмір: 20.5x206 мм; Розмір дисплея: 21x8 мм; Довжина зонда: 110 мм; Матеріал корпусу: протиударний пластик ABS; Вага: 55 г.</p>	 <p>Рис.6. Термометр WT-1</p> <p>210 грн</p>
<p>3. Прилад контролю ґрунту 4 в 1 Luster Leaf Rapitest 1818</p> <p>Мультимонітор 4 в 1 для вимірювання параметрів ґрунту - рН метр, вологомір, вимірювач N-P-K і люксометр.</p> <p>Діапазон вимірювання рівня рН ґрунту: від 0 до 9 Діапазон вологості: 1-4 Діапазон вимірювання рівня освітленості: 0-10</p>	 <p>Рис.9. Luster Leaf Rapitest 1818</p> <p>630 грн</p>

Таблиця 12. Переваги та недоліки приладів компанії “Вента Лаб”

Переваги	Недоліки
Гарантія на кожен прилад до 12 місяців;	Висока вартість;
Довготривале застосування;	Самостійне ведення статистики;
Можливість виконувати аналіз ґрунту в будь-який час;	Неможливість одночасного аналізу декількох параметрів;
Висока точність приладів;	Затрати на обслуговування приладів;
Швидке реагування при критичних показниках.	Самостійне аналізування даних.

2.2.5. Стартап Teralytic

[24] Новостворений проект на створення бездротових ґрунтових зондів власної розробки.

Кожен зонд має 26 датчиків, включаючи перший в світі бездротової сенсор NPK працює в режимі реального часу. Новий пристрій буде доступно всім бажаючим до сезону посадки



Рис.10.

Teralytic

в 2019 року. Зонд Teralytic дозволяє проводити збір і передачу даних про стан ґрунту в реальному часі 24 години на добу і 365 днів на рік. За слів віце-президента компанії Миган Хайнса, це дозволить фермеру виявляти негативні зміни в ґрунті до того, як вони стануть проблемними. Для ефективної роботи зондів і отримання точної інформації, компанія застосовує технології машинного навчання, обробляючи зібрані з зондів дані в хмарі.

Зонд Teralytic має форму трубки довжиною в пів метра. Класичний аналіз ґрунту - це ручний або напівмеханізований, тривалий процес, на кілька днів або тижнів. Teralytic позиціонує свій продукт як рішення, яке дозволить фермеру стежити за станом ґрунту без проведення відбору проб і в режимі онлайн. Вбудовані в зонд датчики дозволяють отримувати таку інформацію, як:

- Мікроклімат : Зонд має датчики для стеження за погодою на ділянці, збирає інформацію про температуру, вологість, рівні інсоляції.
- Аерація ґрунту: показує кількість O₂ і CO₂ міститься в ґрунті, а також його обмін з атмосферою.
- Якісні показники ґрунту: рівень засоленості, вологість, кислотність (pH) і показники за вмістом азоту, фосфору і калію (NPK)

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

У продаж зонд Teralytic повинен надійти в 2019 році, і буде реалізовуватися на ринку пакетно - мінімальне замовлення становить 10

зондів, а його вартість складе \$ 5000. Вартість додаткового зонда складе 500 доларів США. Пакет буде включає в себе шлюз LoRa для підключення датчиків і всього програмного забезпечення, необхідного для запуску аналізу.

Специфікація: напруга живлення: 5 В;

споживаний струм: 150 мА;

розміри: 32 x 20 x 22 мм.

Таблиця 13. Переваги та недоліки приладу Teralytic

Переваги	Недоліки
Довготривале застосування;	Висока вартість;
Можливість виконувати аналіз ґрунту в будь-який час;	Невелика партія створена на заказ;
Висока точність приладів;	Тривалий час чекати розробку та доставку приладу;
Невеликий розмір приладу;	Самостійне аналізування даних.
Просте використання;	Закордонний проект
Універсальність;	

Таблиця 14. Порівняння метрологічних хар-к існуючих аналогів

№	Назва ІВС (послуги)	Метрологічні хар-ки		Компанія	Вартість
		Діапазон	Похибка		
1	Агрохімічний аналіз ґрунту	pH ґрунту: від 0 до 9 Вологості: 1-4 Освітленості: 0-10	1 0,1 1	AgriLab	25-35 \$
2	Моніторинг та оптимізація використання агроресурсних систем	-	-	Проект MARS	-
3	CaipoBase CaipoWave	0-100% -40°C..+85°C	0,1 % 0,1°C	Caipos GmbH	2000 \$ 3000 \$
4	Термометр щуп WT-1	50 ° C до 300 ° C	1°C	ТОВ «Вента Лаб»	210 грн
5	Вологомір ґрунту Rapitest 1825	0,0 - 9,9	0,1	ТОВ «Вента Лаб»	650 грн
6	pH метр Rapitest 1845	від 3,5 до 9,0 pH	0,1	ТОВ «Вента Лаб»	650 грн
7	Luster Leaf Rapitest 1818	pH ґрунту: від 0 до 9 Вологості: 1-4 Освітленості: 0-10	0,1 0,01 0,1	ТОВ «Вента Лаб»	630 грн
8	Teralytic	Інформація відсутня	-	Стартап Teralytic	5000 \$

Висновок до розділу 2

В даному розділі було проведення аналітичного огляду метрологічних та технічних характеристик існуючих рішень. Можемо дійти до висновку, що в Україні існує багато компаній, які надають послуги дослідження ґрунту або випускають прилади, які самі здатні проводити аналіз. Всі розглянуті системи не відповідають вимогам сучасного агромоніторингу, насамперед:

- Робота в конкретних межах вимірювання;
- Неможливість змінювати алгоритм роботи;
- Відсутність аналізу даних;
- Відсутність можливості зберігання;

- Відсутність автономної роботи
- Обмежена кількість інформації для аналізу
- Неможливість заміни частин системи
- Складність обслуговування

Проаналізувавши всі недоліки існуючих приладів, було вирішено створити нову інтелектуальну систему агромоніторингу, в якій за допомогою створення нового алгоритму роботи системи, а також використання сучасних датчиків для збору аналітичної інформації, будуть виправлені слабкі сторони попередників. Новостворена система буде протестована в реальних умовах експлуатації для виявлення можливих помилок у роботі програми та її складових.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АГРОМОНІТОРИНГУ

3.1. Призначення та галузь застосування приладу

ВС має призначення системи для вимірювання параметрів стану ґрунту, а саме – температури, вологості, рН - показника, вмісту метану та електропровідності.

Даний прилад може застосовуватись як невід’ємна складова мобільної лабораторії екологічного моніторингу якості довкілля зокрема стану довкілля; як система оцінки якості ґрунту в кімнатних рослинах, в сільському господарстві, метеорології та ДСНС (Державна служба з надзвичайних ситуацій) .

3.2. Технічні характеристики ІВС

Технічні та метрологічні характеристики каналів вимірювання представлено в таблиці 15.

Таблиця 15. Технічні та метрологічні характеристики каналів

Канал вимірювання Хар-ка	Температура	Вологість	Водневий показник рН	Метан	Електропровідність
Абсолютна похибка вимірювання	±0,5 °C	±5 %.	± 0,1	± 5ppm	± 300 us/cm
Діапазон вимірювання	-55 +125 °C	0 % 1000%	0 - 14	300 5000 ppm	0-10000 us/cm
Час вимірювання	5 s	180 s	< 1 min	10 s	< 1 min
Живлення датчиків	3,5 ... 5 V	3,5 ... 5 V	5 V	5 V	3,6 ... 30V

ІВС виконує функції:

1. Почергове вимірювання параметрів ґрунту:
 - вимірювання рівня вологості,
 - вимірювання температури ґрунту,
 - вимірювання водневого показника рН ;
 - вимірювання вмісту метану;
 - вимірювання електропровідності ґрунту.
2. Забезпечення індикацією результатів вимірювання;
3. Забезпечення можливості управління, калібрування, введення програмного забезпечення з окремої клавіатури та регулювання норм параметрів.

3.3. Розробка структури та режимів функціонування інформаційно-вимірювальної системи

3.3.1. Структурний розрахунок схеми

На підставі отриманого завдання та аналізу характеристик існуючих рішень розроблено структурну схему ІВС, яка представлена на Рис. 11

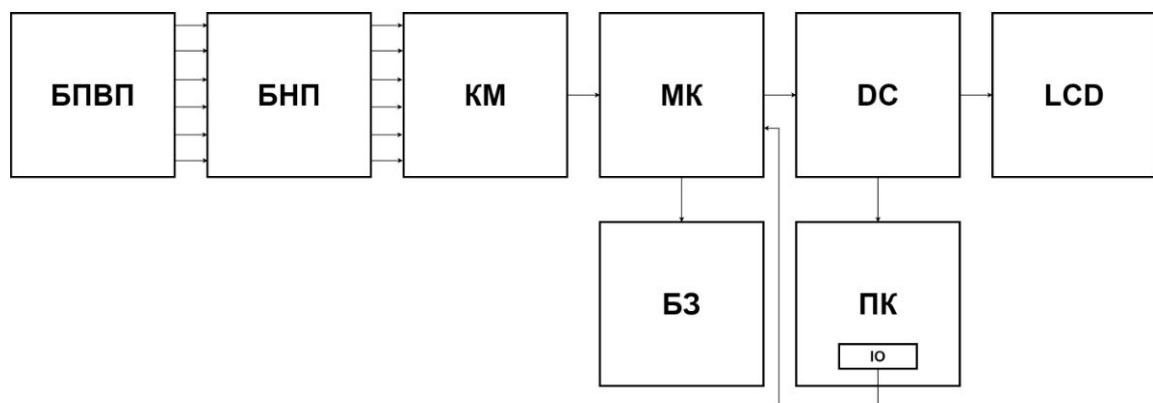


Рис. 11. Структурна схема ІВС

Де БПВП - блок первинних вимірювальний перетворювачів

БНП - блок нормуючих пристроїв

КМ - комутатор

МК - мікроконтролер

DC - дешифратор

LCD - дисплей

БЗ - база знань

ПК - персональний комп'ютер

ІО - пристрій вводу виводу

3.3.2. Опис складу схеми електричної структурної

Первинні вимірювальні перетворювачі представляють собою окремі датчики, кожен із яких вимірює відповідний параметр якості ґрунту – температуру, вологість, водневий показник, вміст метану, електропровідність.

Нормуючі пристрої представляють собою підсилювачі напруги, яка є вихідним сигналом датчиків. Дані пристрої нормують сигнал до рівня від 0 до 5 V, що є обов'язковою умовою для роботи пристроїв подальшої обробки отриманого сигналу.

Мікроконтролер являє собою програмно-керований пристрій, який призначено для обробки та виконання логічних операцій з цифровою інформацією, яку перетворить вбудований аналого-цифровий перетворювач. Мікроконтролер також має в своєму складі комутатор, який виконує функцію почергового підключення вихідних сигналів первинних вимірювальних перетворювачів до вимірювального каналу інформаційно-вимірювальної системи.

Блок живлення використовується для живлення елементів схеми відповідними напругами.

3.3.3. Робота інформаційно - вимірювальної системи за структурною схемою

Первинні вимірювальні перетворювачі перетворюють відповідні значення параметрів якості ґрунту (температуру, вологість, водневий показник, вміст метану, електропровідність) в напругу постійного струму відповідного рівня. Ця напруга нормується до рівня 0...5 V. Нормований

аналоговий сигнал поступає на аналоговий вхід комутатора мікроконтролера, де виконується вибір каналу вимірювання та подальше перетворення сигналу обраного каналу в цифровий код. Далі відбувається передача інформації на пристрій виводу. Вибір каналу вимірювання та керування процесом вимірювання задаються користувачем через клавіатуру.

3.3.3.1. Канал вимірювання температури

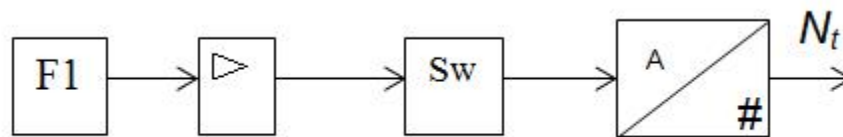


Рис. 12

Вимірювання температури ґрунту здійснюється первинним вимірювальним перетворювачем - датчиком температури.

Функція перетворення датчика :

$$U_d = K \cdot T,$$

(3.1)

де U_d – вихідна напруга датчика;

K – коефіцієнт передачі датчика;

T – вимірювана температура.

Рівняння перетворення каналу :

$$N_T = U_d \cdot K_{НП} \cdot K_K \cdot K_{АЦП},$$

(3.2)

де $K_{НП}$ - коефіцієнт підсилення нормуючого перетворювача;

K_K - коефіцієнт передачі комутатора;

$K_{АЦП}$ - коефіцієнт перетворення аналого-цифрового перетворювача.

Виходячи з того,[5] що зведена похибка вимірювання температури має не перевищувати:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_{\max}} \cdot 100\% = \frac{0,2}{100} \cdot 100\% = 0,2\% ,$$

(3.3)

Припускаємо, що АЦП вносиме похибку $\gamma_{\text{АЦП}} = 0,1\%$. Виходячи з допустимої похибки квантування АЦП, розрахуємо число ступенів квантування та розрядність АЦП:

$$N = \frac{100}{\gamma_{\text{кв},\%}} = \frac{100}{0,1} = 1000 ,$$
(3.4)

звідси

$$n = \log_2 N = \log_2 1000 = 9,96 \cong 10$$
(3.5)

Похибка АЦП становитиме:

$$\gamma_{\text{АЦП}} = \frac{1}{2^n} \cdot 100\% = \frac{1}{1024} \cdot 100\% = 0,098\% \cong 0,1\%$$
(3.6)

Рівняння перетворення з урахуванням похибок, що додають блоки:

$$N_T = U_{\delta} \cdot K_D (1 + \gamma_D) \cdot K_{\text{НП}} (1 + \gamma_{\text{НП}}) K_K (1 + \gamma_K) \cdot K_{\text{АЦП}} (1 + \gamma_{\text{АЦП}}) \quad (3.7)$$

Тоді рівняння похибки каналу матиме вигляд:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{\text{НП}} + \gamma_K + \gamma_{\text{АЦП}} ,$$

(3.8)

де γ_{Σ} - допустима зведена похибка вимірювального каналу;

$\gamma_{\text{НП}}$ - зведена похибка нормуючого перетворювача;

γ_K - зведена похибка комутатора;

$\gamma_{\text{АЦП}}$ - зведена похибка АЦП.

Похибка комутатора є дуже малою, тому, припускаємо, що в комплексі з похибкою АЦП, загальна похибка елементів в складі мікроконтролера становитиме

$$\gamma_{АЦП} + \gamma_K = 0,097\% + 0,003\% = 0,1\%.$$

(3.9)

У відповідності до структури вимірювального каналу та з урахуванням характеристик його блоків зведену похибку каналу вимірювання температури $\gamma = 0,2\%$ розподілимо наступним чином:

$$\gamma_{НП} = 0,1\%, \quad \gamma_{АЦП} + \gamma_K = 0,1\%.$$

Враховуючи, що всі похибки каналу мають адитивний характер сумарна похибка вимірювання каналу становитиме:

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{(0,1\%^2 + 0,1\%^2)} = 0,14\% \quad (3.10)$$

3.3.3.2. Канал вимірювання вологості ґрунту

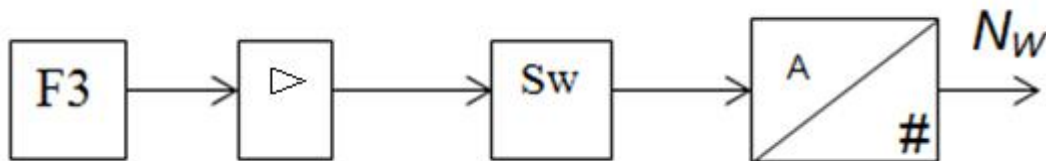


Рис. 13

Первинний вимірювальний перетворювач представлено датчиком вологості. Функція перетворення датчика :

$$U_w = K \cdot W, \quad (3.11)$$

де U_w – вихідна напруга датчика;

K – коефіцієнт передачі датчика;

W – вимірювана вологість атмосферного повітря.

Рівняння перетворення каналу:

$$N_w = U_w \cdot K_{\delta} \cdot K_{НП} \cdot K_K \cdot K_{АЦП}, \quad (3.12)$$

де K_{δ} - коефіцієнт перетворення датчика;

$K_{НП}$ - коефіцієнт підсилення нормуючого перетворювача;

$K_{к}$ - коефіцієнт передачі комутатора;

$K_{АЦП}$ - коефіцієнт передачі аналого-цифрового перетворювача.

Рівняння перетворення з урахуванням похибок, що додають блоки:

$$N_w = U_w \cdot K_o(1 + \gamma_w) K_{НП}(1 + \gamma_{НП}) K_{к}(1 + \gamma_{к}) \cdot K_{АЦП}(1 + \gamma_{АЦП}) \quad (3.13)$$

Тоді рівняння похибки має вигляд:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{НП} + \gamma_{к} + \gamma_{АЦП}, \quad (3.14)$$

де γ_{Σ} - допустима сумарна зведена похибка вимірювального каналу;

$\gamma_{НП}$ - зведена похибка нормуючого перетворювача;

$\gamma_{к}$ - зведена похибка комутатора;

$\gamma_{АЦП}$ - зведена похибка АЦП.

Виходячи з того, що похибка вимірювання вологості має не перевищувати :

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_{\max}} \cdot 100\% = \frac{1}{80} \cdot 100\% = 1,25\% \quad (3.15)$$

та враховуючи те, що в системі використовуватиметься один АЦП розрядністю $n = 10$ та один комутатор з попередньо визначеною похибкою, припустимо, що похибка нормуючого перетворювача має не перевищувати $\gamma_{НП} = 1,25 - 0,1 = 1,15\%$

Сумарна похибка вимірювання каналу становитиме:

$$\gamma_{\Sigma} = 0,1 + 1,15 = 1,25\%. \quad (3.16)$$

3.4. Розробка схеми електричної функціональної, алгоритмів функціонування та часових діаграм роботи ІВС

Основою для розробки функціональної схеми є схема електрична структурна та алгоритми функціонування.

Метою розробки функціональної схеми є створення можливості більш повного аналізу складових похибок вимірювальних каналів, уточнення алгоритмів функціонування та формування вимог до вибору елементної бази всіх функціональних блоків системи.

Функціональну схему представлено на Рис.14:

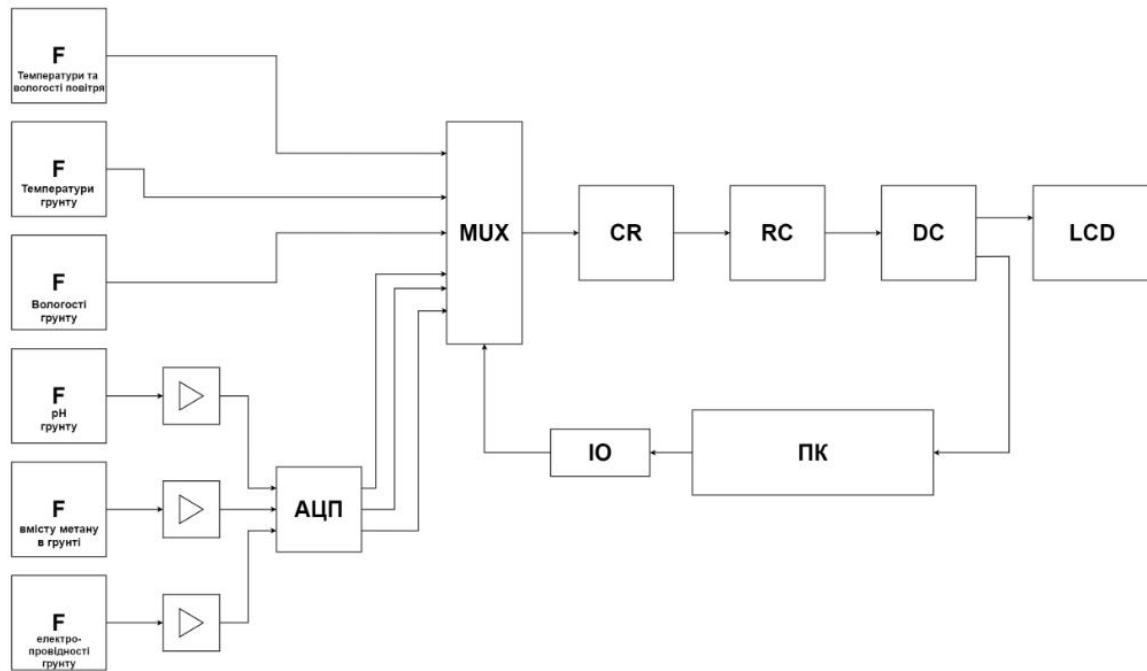


Рис.14. Функціональна схема ІВС

3.4.1. Опис роботи інформаційно-вимірювальної системи за функціональною схемою

Відповідні засоби вимірювання вимірюють обрану фізичну величину та перетворюють її в сигнал, придатний для квантування, наприклад, в напругу постійного струму. Так як мікроконтролер працює з вхідними величинами певного рівня, необхідно нормувати значення отриманої напруги до прийняттого рівня – $0 \dots 5$ V. Дану операцію реалізують нормуючі пристрої, представлені підсилювачами напруги.

Напруга з виходу підсилювача ($0 \dots 5$ V) надходить на мікроконтролер. На етапі розробки структурної схеми приладу був проведений попередній розрахунок розрядності АЦП, в результаті якого одержано мінімальне значення кількості розрядів - 10.

Використання мікроконтролера у вимірювальній техніці має переваги перед аналоговими методами вимірювання і обробки даних:

- зменшення маси і габаритів пристроїв;
- зменшення енергоспоживання і як наслідок триваліша робота без заряджання батарей;
- модульна структура вимірювальних пристроїв;
- можливість створення вимірювальних систем з використанням стандартних інтерфейсів;
- можливість зміни алгоритму обробки без зміни апаратної частини, тільки програмними методами;
- можливість реалізації складних алгоритмів;
- програмна корекція похибок.

Вибір мікроконтролера ґрунтується на задоволенні вимогам технічного завдання, в основному це задана похибка і функціональне забезпечення.

Оскільки на вхід АЦП подається повільно змінний аналоговий сигнал, то для реалізації операції вимірювання цілком досить невеликого об'єму пам'яті ОЗУ.

Даним вимогам відповідає мікроконтролер серії ATMEGA328P. Вибір даного типу мікроконтролера обумовлений наступними причинами:

- високі технічні характеристики, які задовольняють вимогам до мікропроцесорної системи;
- наявність програмного забезпечення (симулятора і компілятора), що дозволяє моделювати роботу мікроконтролера ATMEGA328P.

Мікроконтролери сімейства ATMEGA328P мають модульну структуру, яка реалізується з набору окремих функціональних модулів, що взаємодіють за допомогою стандартизованої міжмодульної шини. Набор цих модулів включає:

- 8-канальний таймерний модуль;
- модуль формування ШІМ-сигналів з 2 або 4 вихідними каналами;

- модуль послідовного обміну, що включає один або два асинхронні інтерфейси (SCI) і синхронний інтерфейс (SPI);
- модуль інтерфейсу CAN-шини;
- модуль інтерфейсу I2C-шини;
- модуль послідовного обміну по протоколу J1850;
- багатоканальний АЦП.

ATMEGA328P містить на одному кристалі практично всі пристрої, необхідні для побудови контролера: процесорний блок, ПЗП і ОЗП, таймери, два послідовні інтерфейси, система обробки внутрішніх і зовнішніх переривань, і обмін даними із зовнішніми об'єктами за допомогою ліній вводу/виводу.

Нижче наведено деякі важливі особливості і характеристики ATMEGA328P

- програмований ПЗП об'ємом до 32 kbyte;
- ПЗП з можливістю стирання об'ємом до 4 kbyte;
- ОЗУ об'ємом до 8 kbyte;
- флеш-пам'ять об'ємом до 128 kbyte;
- вбудований 16-бітовий таймер з трьома функціями вимірювання тимчасових параметрів зовнішнього сигналу і п'ятьма лініями генерації імпульсних сигналів з програмованими тимчасовими параметрами;
- 8-бітовий лічильник зовнішніх імпульсів;
- пристрої стеження за наявністю тактової частоти і правильністю роботи програми;
- режими зниженого споживання енергії;
- два типи послідовних інтерфейсів (синхронний і асинхронний);
- система обробки переривань від зовнішнього пристрою, таймера і послідовних інтерфейсів;
- восьмиканальний 8- та 10-розрядний АЦП;
- лінії вводу/виводу загального призначення;
- вбудований генератор тактової частоти;

- ефективний розширений набір команд і методів адресації.

8- або 10-розрядний АЦП послідовного наближення має 8 вхідних каналів, реалізує 8 різних режимів перетворення. При роботі в режимах без сканування каналів АЦП вимикається після закінчення процесу перетворення. У режимах з скануванням каналів АЦП функціонує безперервно, послідовно обслуговуючи вхідні канали. Для роботи АЦП не потрібне підключення додаткових зовнішніх ланцюгів. Опорна напруга подається на відповідні виводи процесора. Є також можливість подачі напруги живлення АЦП від окремого стабілізованого джерела.

За вибором користувача під подальшу обробку підпадає результат вимірювання відповідного каналу. Керування комутатором здійснюється програмно або оператором за допомогою мікроконтролера. Отриманий сигнал з комутатора передається на аналого-цифровий перетворювач та перетворюється в код і відповідне значення вимірюваної величини згідно з попередньо розрахованими пропорційними табличними еквівалентами, записаними в постійну пам'ять мікроконтролера.

Живлення схеми забезпечується блоком живлення – Power supply.

3.4.2. Розробка алгоритму роботи схеми та часової діаграми

Відповідно до функціональної схеми розроблено алгоритм функціонування системи, який представлено на Рис.16 та часову діаграму роботи окремого каналу системи - Рис.15

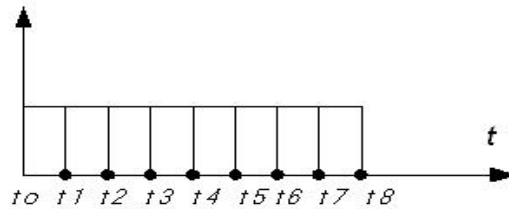


Рис. 15. Часова діаграма роботи окремого каналу системи

Де t_0 – початок вимірювання;

t_1 – увімкнення живлення;

t_2 – ініціалізація системи;

t_3 – вибір користувачем каналу вимірювання та безпосереднє вимірювання;

t_4 - перетворення аналогового сигналу в код;

t_5 – запам'ятовування інформації мікроконтролером;

t_6 – передача інформації;

t_7 – завершення вимірювання.

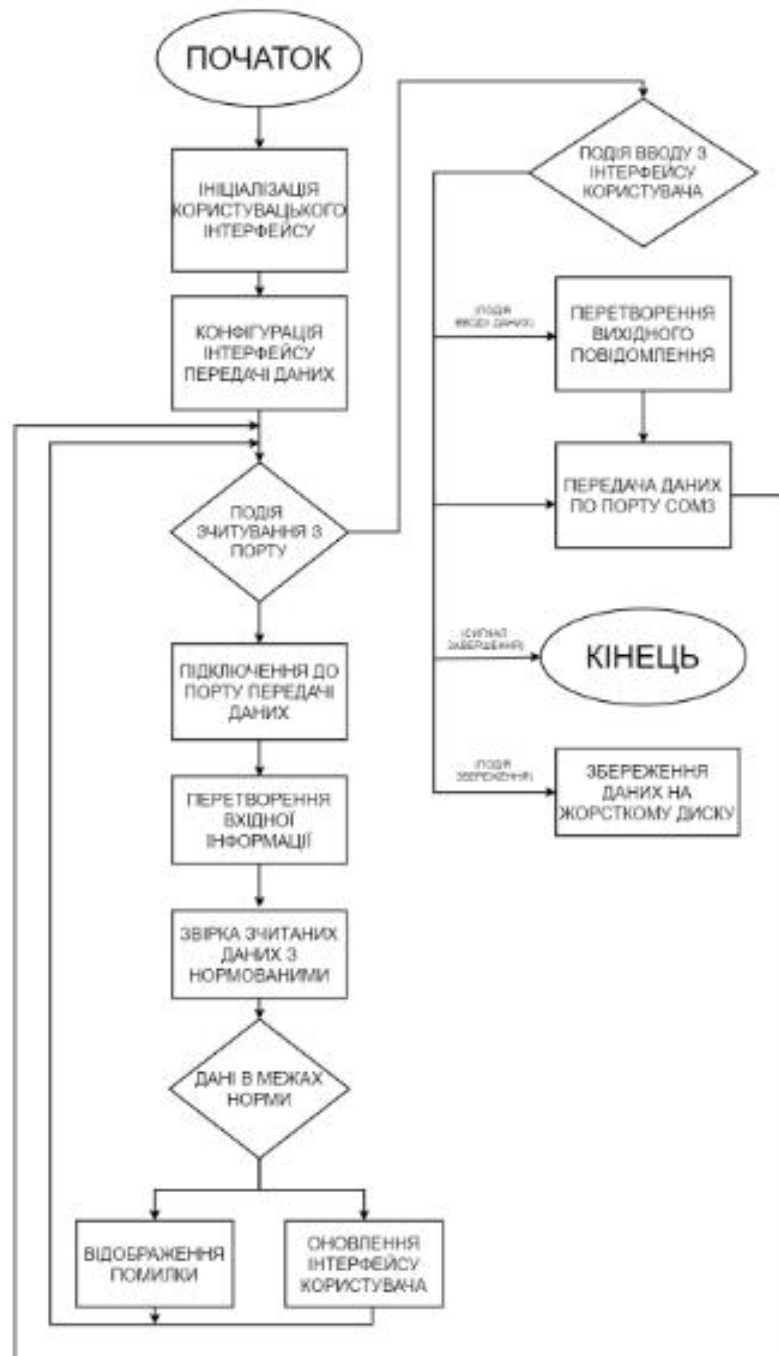


Рис. 16-б. Алгоритм роботи ПЗ

Таким чином, проміжний час вимірювання на кожному етапі без урахування часу, витраченого користувачем на вибір каналу вимірювання, становитиме:

$$t_0 - t_1 = 3 \text{ } \mu\text{s};$$

$$t_1 - t_2 = 3 \text{ } \mu\text{s};$$

$$t_2 - t_4 = 3 - 5 \text{ ms};$$

$$t_4 - t_5 = 1 \text{ } \mu\text{s};$$

$$t_5 - t_6 = 5 \text{ ms};$$

$$t_6 - t_7 = 3 \text{ } \mu\text{s};$$

Сумарний час вимірювання: $t_{\Sigma} \approx 10 \text{ ms}$ (без урахування часу встановлення необхідних параметрів користувачем).

За результатами виконання розділу оформлюються креслення принципової схеми.

3.5. Розробка схеми електричної принципової

На основі розробленої схеми електричної функціональної розроблено схему електричну принципову, яка представлена на Рис. 17.

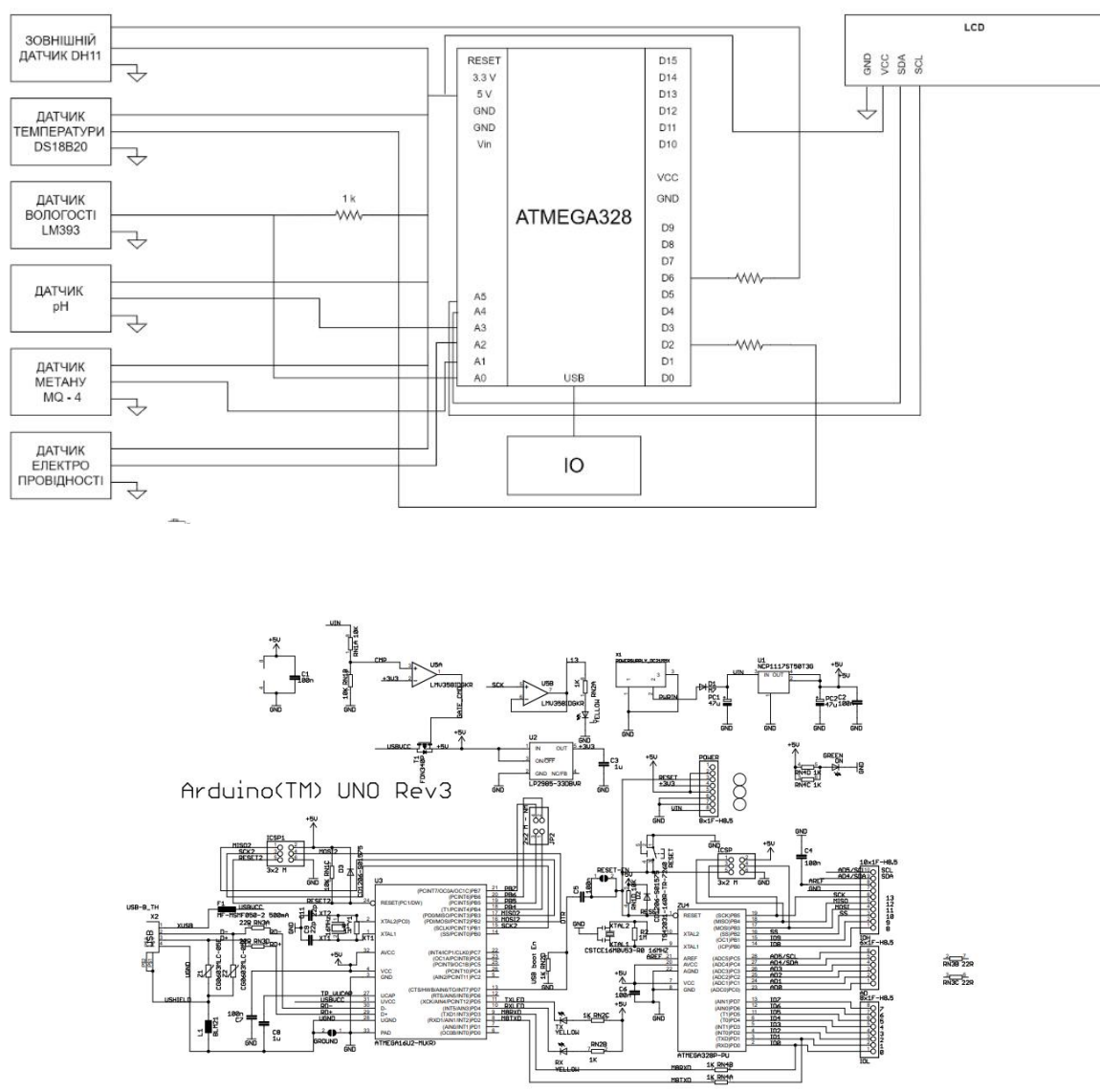


Рис.17. Схема електрична принципова

3.6. Розрахункова частина

Аналіз похибок зводиться до аналізу адитивних та мультиплікативних складових похибок кожного елемента схеми.

Так як коефіцієнти підсилення операційних підсилювачів досить малі, мультиплікативна похибка не буде суттєвою. Тому, розраховую похибки дрейфу напруги та струму операційних підсилювачів та інші адитивні складові сумарної похибки.

Характеристики операційного підсилювача:

$$U_{op} = 1.6 \mu V / ^\circ C;$$

$$I_{op} = 4 \text{ nA} / ^\circ C.$$

Так як в схемі застосовано 3 однакових підсилювачі, дані складові сумарної похибки кожного каналу будуть рівні :

$$\gamma_{U_{дрT}} = \pm \frac{\Delta U_{др}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta t = \frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{5} \cdot 100 \cdot 1 = 3,2 \cdot 10^{-5}\% \quad (3.17)$$

Похибка через дрейф буде різнитися, адже опір на вході підсилювача різний :

$$\gamma_{I_{дрW}} = \pm \frac{\Delta I_{др} \cdot R_{BX}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta W = \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot 2 \cdot 10^3}{5} \cdot 100 \cdot 3 = 4,8 \cdot 10^{-4}\%; \quad (3.18)$$

$$\gamma_{I_{дрCO_2}} = \pm \frac{\Delta I_{др} \cdot R_{BX}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta CO_2 = \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot 12,1}{5} \cdot 100 \cdot 20 = 194 \cdot 10^{-7}\%; \quad (3.19)$$

$$\gamma_{I_{дрT}} = \pm \frac{\Delta I_{др} \cdot R_{BX}}{U_{вих}} \cdot 100\% \cdot \Delta T = \frac{4 \cdot 10^{-9} \cdot 2}{5} \cdot 100 \cdot 1 = 1,6 \cdot 10^{-7}\%. \quad (3.20)$$

Так як похибки розподілені за нормальним законом, СКВ даних похибок при довірчій імовірності $P=0,995$ становить :

$$\sigma [\gamma_{U_{дрW}}] = \sigma [\gamma_{U_{дрCO_2}}] = \sigma [\gamma_{U_{дрT}}] = \frac{\gamma_{U_{дрT}}}{3} = \frac{0,000032}{3} = 1,06 \cdot 10^{-5}\%; \quad (3.21)$$

$$\sigma [\gamma_{I_{дрW}}] = \frac{\gamma_{I_{дрW}}}{3} = \frac{0,00048}{3} = 16 \cdot 10^{-5}\%; \quad (3.22)$$

$$\sigma [\gamma_{I_{дрCO_2}}] = \frac{\gamma_{I_{дрCO_2}}}{3} = \frac{0,00000097}{3} = 6,4 \cdot 10^{-6}\% \quad (3.23)$$

$$\sigma [\gamma_{I_{дп,Т}}] = \frac{\gamma_{I_{дп,Т}}}{3} = \frac{0,00000016}{3} = 5,3 \cdot 10^{-8} \% \quad (3.24)$$

АЦП вноситиме похибку квантування :

$$\gamma_{кв} = \frac{1}{2^n} \cdot 100\% = \frac{1}{1024} \cdot 100\% = 0,098\% \quad (3.25)$$

де n – розрядність АЦП.

СКВ похибки квантування становитиме :

$$\sigma_{кв} = \frac{\gamma_{кв}}{2\sqrt{3}} = \frac{0,098}{2\sqrt{3}} = 0,028\% \quad (3.26)$$

Похибка комутатора визначаю за формулою :

$$\gamma_K = \frac{U_c - U_c'}{U_c} \cdot 100\% \quad (3.27)$$

Визначаю напругу U_c' , значення якої буде рівним для кожного каналу вимірювання :

$$U_c' = U_{cT}' = U_{cW}' = U_{cCO_2}' = \frac{U_c}{R_n + r} \cdot R_n = \frac{5}{50 \cdot 10^6 + 50} \cdot 50 \cdot 10^6 = 4,99 \text{ V}; \quad (3.28)$$

Відповідно, похибка вимірювання також буде рівною:

$$\gamma_K = \gamma_{KT} = \gamma_{KW} = \gamma_{KCO_2} = \frac{5 - 4,99}{5} \cdot 100\% = 0,2\% \quad (3.29)$$

СКВ похибки комутатора буде рівним:

$$\sigma [\gamma_{KW}] = \sigma [\gamma_{KCO_2}] = \sigma [\gamma_{KT}] = \frac{\gamma_{KT}}{3} = \frac{0,2}{3} = 0,067\% \quad (3.30)$$

Мультиплікативна похибка складається з похибки, обумовленої неточністю виготовлення резисторів R1, R2, R5, R6, R8, R9 операційних підсилювачів, підключених у зворотному зв'язку підсилювачів.

У резисторів типу С5-42В відхилення опору відповідає нормальному закону розподілу. Якщо допуск на опір дорівнює граничному значенню відхилення значення опору від номінального значення, при довірчій імовірності $P=0,995\%$ та при $\varepsilon R = \pm 0,1\%$ СКВ даної похибки становить:

$$\sigma [\varepsilon R] = \frac{\varepsilon R}{3} \approx 0,033\% \quad (3.31)$$

Похибка, обумовлена температурними змінами опорів резисторів визначається температурними опорами резисторів обраної групи:

$$\alpha R = TKO = \pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}.$$

Тоді СКВ даної похибки становить:

$$\sigma [\alpha R] = \frac{\alpha R}{3} = 16,67 \cdot 10^{-4} \% . \quad (3.32)$$

Сумарне СКВ адитивної похибки кожного вимірювального каналу дорівнюватиме:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma T} &= \sqrt{\sigma^2_{U_{DP}} + \sigma^2_{I_{DP_T}} + \sigma^2_{KB} + \sigma^2_K + \sigma^2_{D_T}} = \\ &= \sqrt{(1,06 \cdot 10^{-5})^2 + (5,3 \cdot 10^{-8})^2 + (0,028)^2 + (0,067)^2 + (0,01)^2} = 0,07\% \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma W} &= \sqrt{\sigma^2_{U_{DP}} + \sigma^2_{I_{DP_W}} + \sigma^2_{KB} + \sigma^2_K + \sigma^2_{D_W}} = \\ &= \sqrt{(1,06 \cdot 10^{-5})^2 + (1,6 \cdot 10^{-4})^2 + (0,028)^2 + (0,067)^2 + (0,05)^2} = 0,088\% \end{aligned} \quad (3.34)$$

Тоді сумарна адитивна похибка становитиме:

$$\gamma_{\Sigma T} = 3 \cdot \sigma_{\Sigma T} = 3 \cdot 0,07 = 0,21\%; \quad (3.35)$$

$$\gamma_{\Sigma W} = 3 \cdot \sigma_{\Sigma W} = 3 \cdot 0,088 = 0,264\% ; \quad (3.36)$$

Сумарне СКВ мультиплікативної похибки кожного вимірювального каналу дорівнюватиме :

$$\sigma_{\Sigma M} = \sqrt{\sigma^2 [\varepsilon R] \cdot 2 + \sigma^2 [\alpha R] \cdot 2} = \sqrt{0,033^2 \cdot 2 + (16,67 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 2} = 0,047\% \quad (3.37)$$

Сумарна мультиплікативна похибка кожного каналу буде рівною :

$$\delta_{\Sigma} = 3 \cdot \sigma_{\Sigma M} = 3 \cdot 0,047 = 0,14\% . \quad (3.38)$$

Похибка кожного каналу становитиме :

$$\gamma_{\Sigma T} = \gamma_{\Sigma T} + \delta_{\Sigma} = 0,21 + 0,14 = 0,35\%; \quad (3.41)$$

$$\gamma_{\Sigma w} = \gamma_{\Sigma w} + \delta_{\Sigma} = 0,264 + 0,14 = 0,404\% \approx 0,4\%; \quad (3.42)$$

Отримані результати значень сумарної похибки вимірювальних каналів повністю задовольняють умовам технічного завдання відносно границь зведених похибок.

3.7. Аналіз даних та прогнозування в ІВС агромоніторингу

3.7.1. Рекомендації по експлуатації системи та програмного забезпечення

Підготовка до роботи

1. Встановити систему у потрібному місці
2. Ввімкнути ноутбук чи комп'ютер поблизу системи
3. Увімкнути систему за допомогою кабелю USB(під'єднати до ноутбука)
4. Надати можливість системі увімкнутися автоматично (30с)
5. За цей час відкрити програмне забезпечення з користувацьким інтерфейсом
6. Занурити датчики в ґрунт на відстань 3-5 см

Перевірка параметрів ґрунту

1. Данні з датчиків автоматично відтворюються на дисплеї
2. Данні з датчиків автоматично відтворюються на інтерфейсі користувача.

Аналіз даних

1. Данні встановлені автоматично, але за необхідності користувач може змінити діапазон нормальних значень для певної території
2. Аналіз здійснюється автоматично. При зміні діапазону нормальних значень параметрів аналіз відтворюється автоматично після установки даних за допомогою кнопки SET. Система показує до якої групи можна віднести теперішні данні:

1 група - зелена зона - значення параметра, які задовольняють користувача та відповідають нормальним значенням заданим раніше (враховуючи похибку приладу).

2 група - помаранчева зона - значення параметра, які виходять за межі нормальних на $\pm(20...30)\%$.

3 група - червона зона - значення параметра, які значно більші/менші від заданих користувачем ($>+30\%$ / $<-30\%$ від нормальних значень)

3. Всі данні разом із датою, часом и самими значеннями параметрів зберігається у файлі

4. Для отримання статистики користувач може натиснути поряд с потрібним параметром кнопку STATISTIC

5. Відкрите окно з графіками за потреби можливо зберегти як картинку.

Вимкнення системи

1. Вимкнути USB кабель з комп'ютера
2. Дістати датчики з ґрунту
3. Протерти датчики від залишків ґрунту (для довгострокової роботи системи)
4. Скласти датчики (не перегинаючи) у сухе місце
5. Закрити програмне забезпечення
6. Вимкнути комп'ютер

3.7.2. Прогнозування в ІВС агромоніторингу

Для прийняття оптимальних управлінських і технологічних рішень важливо мати інформацію про поточний стан параметрів ґрунту, вміти аналізувати отримані данні та створювати статистику на основі збережених за певний період даних. Але більш корисне та важливе вміння прогнозувати як зміниться той чи інший параметр для установки подальших дій, наприклад для коригування терміни посівів, потрібність у поливі та удобренні.

Було розроблено систему, яка вимірює параметри, аналізує поточний стан ґрунту, запам'ятовує інформацію, відтворює статистику.

Також автором було запропонована методика прогнозування можливого стану ґрунту в короткостроковій перспективі на основі методу екстраполяції.

У теорії і практиці в процесі прогнозування показників досить часто використовують методологію екстраполяції, за якої висновки про значення прогнозних показників у майбутніх періодах робляться на основі вивчення їх динаміки у попередніх періодах. Необхідним елементом при цьому є побудова та аналіз так званого ряду динаміки, який класифікує значення показників у часі у розрізі окремих періодів та описує динаміку їх розвитку. Підкреслимо, що аналіз ряду динаміки окремого показника, має суто описовий характер і не пояснює причин тих чи інших змін тенденції.

Методи екстраполяції використовують за відносно стабільного розвитку підприємства (чи окремих показників його діяльності) або за наявності сезонних чи циклічних коливань з чітко вираженим трендом. Під трендом (від англ. trend — напрям, тенденція) розуміють тривалу тенденцію зміни економічних показників в економічному прогнозуванні. Якщо ж розвиток показників фінансово-господарської діяльності підприємства у попередніх періодах характеризується значною нестабільністю і суттєвим коливанням фінансових показників, то їх екстраполяція на майбутні періоди буде неможливою, а отже, недоцільним є використання відповідних методів.

Методи визначення середніх величин. Прогнозні показники досить часто розраховуються як середнє значення відповідних показників у попередніх періодах. Середні величини обчислюються здебільшого за алгоритмом середньої арифметичної простої чи середньої арифметичної зваженої. Найпоширенішим у процесі прогнозування є метод визначення ковзної середньої, за використання якого прогнозні показники розраховуються як середні величини відповідних показників за n попередніх періодів (а не з використанням усіх значень аналізованого ряду динаміки). Кожні наступні прогнозні показники розраховуються на основі значень, одержаних в 3, 4, ... n попередніх періодах заміною значень найвіддаленіших періодів на нові.

У разі, якщо ковзна середня (K_c) обчислюється як середня арифметична проста, то можна використати такий алгоритм її розрахунку:

$$K_{ct} = \frac{1}{t} \sum_{i=t-n+1}^t x_i \quad (3.43)$$

де t — границя числового ряду (наприклад, порядковий номер останнього звітного періоду);

n — досліджуваний інтервал ряду динаміки;

x_i — значення досліджуваного показника в i -му періоді.

Для більш детального та більш точного прогнозування на середньо строкову перспективу можна додатково використати сайти Sinoptic.ua, Gismeteo.ua та визначати температуру та вологість відповідно до прогнозу погоди

3.8. Розрахунок вартості системи

Розрахункова вартість системи агромоніторингу представлена в таблиці 16.

(Вартість розрахована згідно з поточними цінами інтернет-магазину <https://arduinocom.ua/> на 19.11.2020)

Таблиця 16. Вартість ІВС

	Назва	Кількість, од.	Вартість, грн
1	Arduino UNO R3 ATMEGA328P	1	270
2	USB кабель 55	1	55
3	830 входів Макетна плата	1	77
4	170 входів Макетна плата	1	26
5	LCD1602 Экран	1	135
6	Потенціометр	1	25
7	Жовта тактовая кнопка	1	5
8	Світлодіоди	3	2
9	Резисторы	8	2
10	Набір перемикачів	100	1,4
11	Датчик вологості та температури DHT11	1	29
12	Температурний датчик вологостійкий DS18B20	2	48
13	Датчик вологості ґрунту (гігрометр)	1	28
14	Датчик рН	1	1063
15	Модуль датчика газу MQ-4	1	61
16	I2C модуль для розширення виводів Arduino	1	22
			Ціна макета: 1850 грн

3.9. Тестування системи



Рис. 18-а. Інтерфейс користувача в не робочому стані

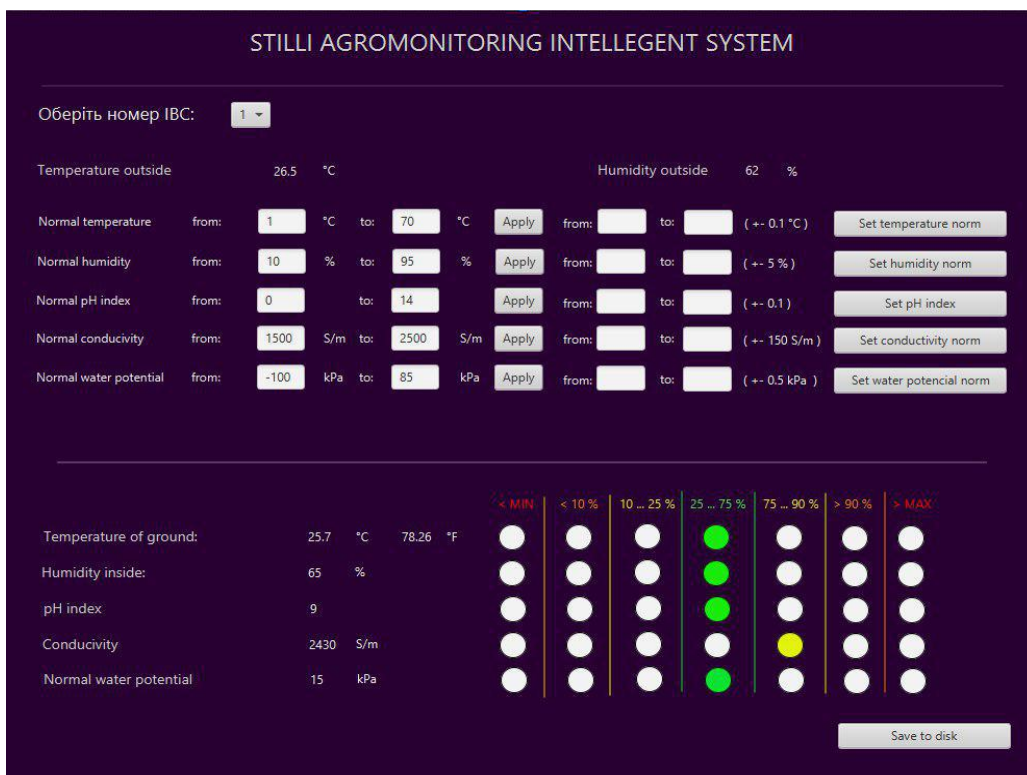


Рис.18-б. Інтерфейс користувача в робочому стані (нормальний стан ґрунту)

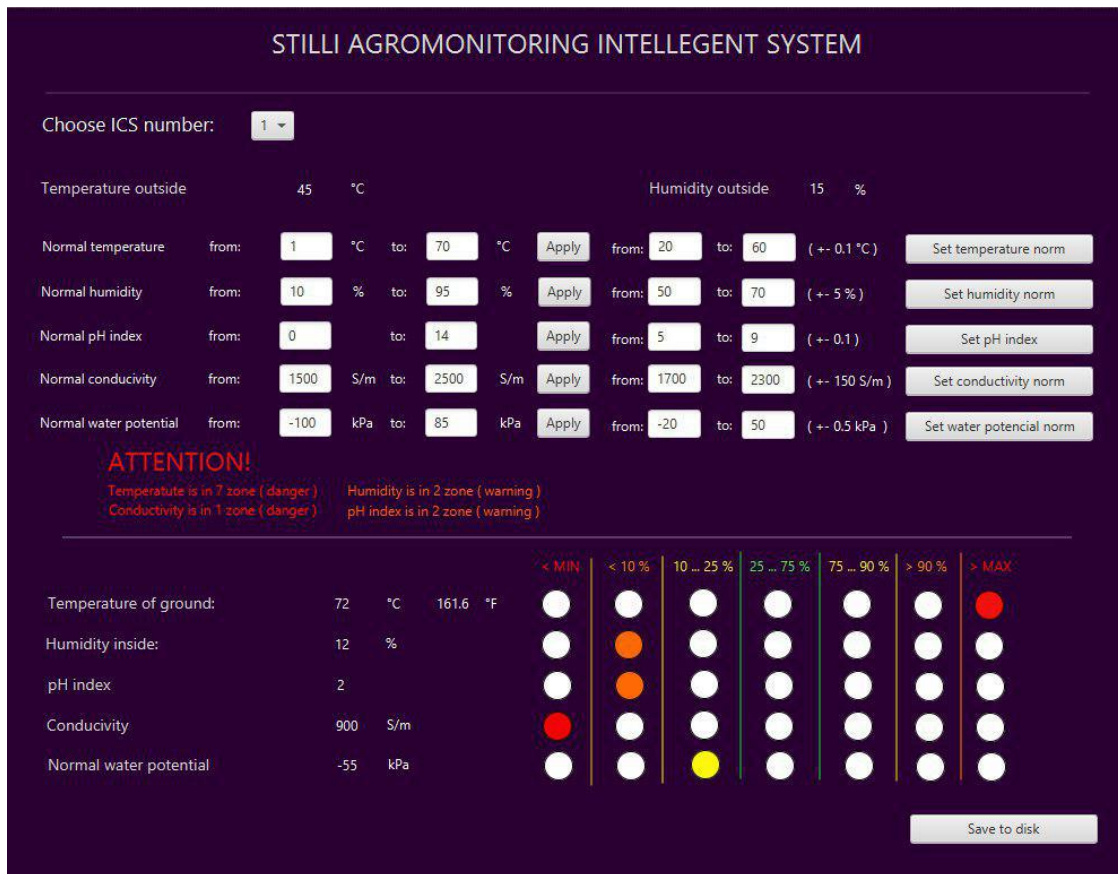
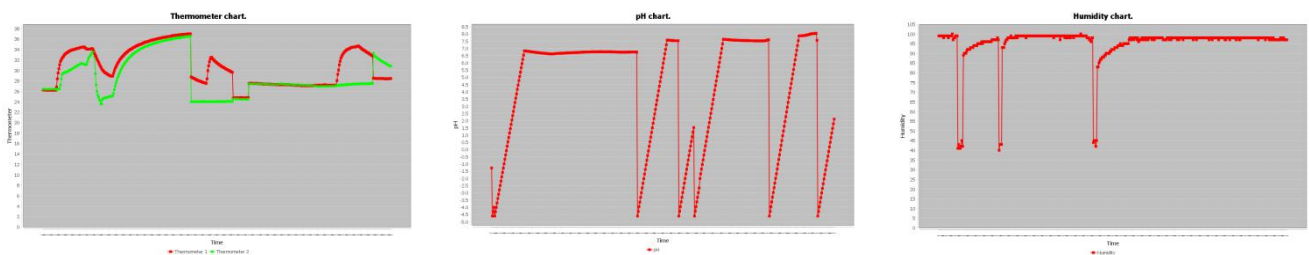


Рис.18-в. Інтерфейс користувача в робочому стані (ненормальний стан ґрунту)

Також ПЗ виводить статистику за весь час збору інформації кожного параметра окремо (Рис.19а,б,в)



а) температура

б) вологість

в) рН

Рис 19. Статистика параметрів ґрунту

Висновок до розділу 3

Моніторинг ґрунту – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, обробки і відображення. На основі зібраної інформації було вирішено створити свою систему, яка буде

вимірювати необхідні параметри, а саме температуру, вологість, кислотність, вміст метану, електропровідність, та проводити аналіз цієї інформації.

Контроль змін фізичних параметрів, які відображають зміни фізичних процесів ґрунту, є необхідним елементом моніторингу з метою оцінки стану земель і визначення найбільш ефективних прийомів їх збереження і підвищення родючості.

ВС має призначення системи для вимірювання параметрів стану ґрунту, а саме – температури, вологості, рН - показника, вмісту метану та електропровідності.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ “ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІВС АГРОМОНІТОРИНГУ”

4.1. Опис ідеї проекту

4.1.1. Зміст ідеї та напрямки застосування

Метою моніторингу довкілля є екологічне обґрунтування перспектив та вдосконалення системи моніторингу навколишнього середовища, оцінювання фактичного і прогнозованого його стану; попередження про зниження біорізноманітності екосистем, порушення екологічної рівноваги у довкіллі, погіршення умов життєдіяльності людей.

Предметом моніторингу довкілля як науки є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання й прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних та антропогенних факторів.

Розглянувши в попередніх розділах вплив температури, вологості, вміст метану та водневого показника Ph на якість ґрунту, було прийнято рішення про розробку стартап проекту.

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту “Інтелектуальна інформаційно - вимірювальна система агромоніторингу”.

Ідея проекту полягає в тому що, оцінка ґрунту необхідна для контролю за якістю сільськогосподарських територій, що уточнено наведено в табл. 4.1, а запуск приладу у масове виробництво та використання його значно збільшить якість врожайності.

У табл. 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1.Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створити ІВС експрес-аналізу агромоніторингу	Оцінка стану параметрів ґрунту.	Зменшення витрат на полив та добрива.
	Експрес-аналіз стану ґрунту	Збільшення якості врожаю
	Короткострокове прогнозування параметрів	Планування дій на найближчий час

4.1.2. Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Проводимо аналіз техніко-економічних переваг ідеї, та з'ясовуємо чим відрізняється від існуючих аналогів створюваний проект порівняно із пропозиціями конкурентів. Після збору інформації проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2)

Таблиця 4.2. Визначення характеристик ідеї проекту

П / п	Техніко економічні хар-ки ідеї	Товари/концепції конкурентів (К)				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	К 1 CaipoBase CaipoWave	К 2 Luster Leaf Rapitest 1818	К 3 Agri Lab			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вартість	5000 грн	2000 \$ 3000 \$	630 грн	35 \$	-	+	-
2	Кі-сть вим-нь	6	2	3	3	-	-	+
3	К-сть каналів вим-ня	5	2	3	3	-	-	+

Продовження таблиці 4.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Похибка рН	±0.1	-	±0,1	± 1	-	-	+
5	Швидкодія	30с	20с	60с	50с	-	+	-
6	Виробництво	Україна	Китай	Китай	Німеччина	-	+	-
7	Торгова марка	Agro Vita	Caipos GmbH	ТОВ «Вента Лаб»	Agri Lab	-	+	-

Після аналізу характеристик ідеї проекту було визначено, що сильними сторонами ідеї проекту кількість вимірювань, кількість каналів вимірювання, похибка та вартість системи, в той час, коли у конкурентів воно нижче. Нейтральною стороною є швидкодія та торгова марка.

4.1.3. Інформативна карта стартап - проекту

Розроблено інформативну карту проекту (табл. 4.3), в якій коротко представлена інформація о проблемах, головні цілі та потрібні ресурси для реалізації.

Таблиця 4.3. Інформативна карта проекту

1	2
1. Назва проекту	Інтелектуальна інформаційно - вимірювальна система агромоніторингу
2. Автори проекту	Калюжна Віолета Вадимівна
3. Коротка анотація	Інтелектуальна інформаційно - вимірювальна система контролю таких параметрів ґрунту як температура, вологість, водневий показник рН, вміст метану. Особливістю є можливість

Продовження таблиці 4.3.

1	2
	<p>контролювати процеси дистанційно та прогнозувати подальший розклад ситуацій. Принцип дії полягає в вимірюванні параметрів та передачі даних на дисплей та на зовнішній пристрій для подальшого аналізу та прогнозування. Система може бути використана в складі контрольно-діагностичного комплексу моніторингу технічного стану ґрунту як на невеликих приватних територіях, так і на великих полях сільськогосподарського призначення .</p>
4. Термін реалізації проекту	8 місяців
5. Необхідні ресурси	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фінансові <ul style="list-style-type: none"> • Заробітна плата • Споживання енергії 2. Матеріальні: <ul style="list-style-type: none"> • Комп'ютер • Складові системи (датчики, АЦП, Мікроконтролер, корпус, дисплей, діоди) 3. IT-ресурси <ul style="list-style-type: none"> • програмне забезпечення Arduino, Java. 4. Інтелектуальні <ul style="list-style-type: none"> • Працівники
6. Опис проблеми, яку вирішує проект	<p>Інтелектуальна ІВС вирішує проблеми нераціонального використання водневих ресурсів та добрив, а саме відображає поточний стан параметрів, що дозволяє вирішувати чи потрібно здійснювати якісь маніпуляції з ґрунтом.</p>

1	2
	Іншу проблему, яку вирішує ІВС це постійне порівняння параметрів з нормальним станом ґрунту на даній території. Вирішується проблема використанням пристосованого ПЗ, що дозволяє проводити аналіз за лічені секунди
7. Головні цілі та завдання проекту	Основними цілями використання системи контролю параметрів ґрунту є: <ul style="list-style-type: none"> • Сприяти мінімізації витрат на водневі ресурси та добрива для ґрунту. • Зручний та швидкий аналіз параметрів • Надати інженерному персоналу цінні бази знань параметрів з різних систем.
8. Очікувані результати	Отримана інформація при використанні системи допоможе уникнути надмірне використання ресурсів, та зробить процес аналізу ґрунту швидким та результативним, що в свою чергу дозволить розширити знання про ґрунту на різних територіях та значно підвищити врожайність.

4.1.4. Морфологічна карта проекту

Побудова морфологічної карти, на якій показати можливі варіанти рішень – засобів реалізації кожної функції (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Морфологічна карта проекту

Основні параметри	Проміжні рішення				
	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
Клас точності	Низький	Середній	Високий		
Простий в експлуатації	Прилад без табло	Прилад без табло, але є «гніздо»	Прилад з екраном, для виводу даних	Прилад з екраном та можливістю перемикачів між даними	Прилад має екран, «гніздо» підключення та бездротовий зв'язок
Легкість встановлення	Неізольовані датчики та інші частини	Невеликий корпус, автономний	Ненадійний корпус	Вологостійкий, дистанційний	Інше
Надійність роботи	Робота від батарейки	Робота від мережі, але є батарейки	Робота від мережі, попереджає про зникнення мережі	Робота від мережі	Інше
Відх. при похибці	Високі	Мінімальні	Середні	Немає	

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
1	Підвищення точності	Технологія виготовлення (1)	Наявні	Доступні
2	Прогнозування подій	Технологія виготовлення (2)	Наявні, розробити	Доступні
3	Підвищення швидкодії	Технологія виготовлення (3)	Не наявні	Не доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: № 2				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект потребує Технології 2. Технологія реалізації – виготовлення, технологія доступна авторам, проте потрібна розробка. Є можливість розробки

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрямки розвитку проекту із врахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та потреб потенційних конкурентів.

4.3.1. Характеристика ринку

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.6).

Таблиця 4.6. Попередня характеристика ринку стартап проекту

п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	2	3
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10000

Продовження таблиці 4.6.

1	2	3
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до ДСТУ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	74 %

Середня норма рентабельності в галузі складає 74%. Порівнюючи з банківським відсотком за вкладення, робимо висновок про доцільність вкладання коштів в даний проект.

За результатами аналізу таблиці робимо висновок про привабливість ринку для входження в нього за попередньою оцінкою.

4.3.2. Характеристика потенційних клієнтів

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.7).

Таблиця 4.7. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 4.7.

1	2	3	4	5
1	Простота у використанні, правильні значення вимірюваних величин і миттєве отримання інформації	Промислові підприємства, заводи, бізнес-центри, міста	Фінансові можливості, річний дохід міста Особливості експлуатації	Висока якість, Точність значень; швидка передача даних користувачу; оптимальне співвідношення ціни та якості

За результатами аналізу таблиці змодельовали образ потенційного клієнта, можна зробити висновок, що цільова аудиторія складається з подібних груп клієнтів, а тому відмінності в їх поведінці та різниця до вимог не становлять загрози.

4.3.3. Фактори загроз та можливостей

Проте при застосуванні даної технології існують певні загрози. (табл. 4.8). Тому складемо таблиці що сприяють та перешкоджають ринковому впровадженню проекту. Завдяки цьому аналізу, ми наперед зможемо уникнути цих загроз.

Таблиця 4.8. Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1.	Висока конкуренція	Зменшення продажу	Збільшення рекламних акцій

Продовження таблиці 4.8.

1	2	3	4
2.	Криза	Зменшення продажу	Зменшення ціни на товар Модифікації товару нижчої якості і вартості)
3.	Економічні чинники	Зменшення кількості виробництва (або закупівель)	Зменшення ціни на масові закупівлі Впровадження кредитування
4.	Інфраструктура	Неможливість доставки товару	Відкриття представництва на найбільш близькому розташуванні до клієнта
5.	Інновації	Неактуальність	Адаптація товару, впровадження новітніх технологій
6.	Підприємство нове і маловідоме	Малий ринок послуг	Впровадження рекламних акцій

Зважаючи на те, що зовнішнє середовище, в якому організація здійснює свою діяльність, постійно адаптується під впливом різних чинників, аналіз зовнішнього середовища слід проводити регулярно. Це дозволить підприємству досить швидко виявляти наявні загрози та уникати їх. Але поряд з колом загроз існують певні можливості. В таблиці 4.9. наведені загрози та можливі реакції компанії.

Таблиця 4.9. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Високий попит на продукт	Збільшення виробництва товару та товарообігу	Збільшення одиниць товару, модифікація товару
2.	Впровадження нових технологій	Покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та ціни
3.	Потреба в доступній методиці	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій
4.	Зростання рівня доходів населення	Збільшення кількості продажів, підвищення ціни	Збільшення одиниць товару, підвищення ціни
5.	Залучення професіоналів	Підхід до кожного клієнта	Висока якість
6.	Інтерес держави	Збільшення кількості закупівель	Збільшення кількості точок продажу

Отже, різноманітність факторів, що впливають на діяльність підприємств, настільки велика, що виробники не встигають уникнути "впливу" від їхньої дії ризикують призупинити свій розвиток. Вплив будь-якого з ризиків зумовлює необхідність розвивати компенсаторні можливості, оскільки вплив таких ризиків має негативний вірогідний наслідок.

4.3.4. Аналіз конкуренції

Надалі проводимо аналіз пропозиції, включаючи риси конкуренції на ринку (табл. 4.10).

Таблиця 4.10. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Діяльність підприємства зосереджена на якість товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Зміна об'ємів виробництва, співпраця з метрологічними службами для забезпечення високої точності товару
3. Внутрішньо галузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду.	Унікальність кожного об'єкту; створення модифікацій з розширеним функціоналом
5. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісній зміні продукту. Створення власної торгової марки

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що не дивлячись конкуренцію лідерів, у запропонованого проекту є можливість розвитку на українських підприємствах з виходом на ринок. Можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною, це створення добре відомої марки та зменшення ціни на продукцію.

4.3.5. Аналіз конкуренції за М. Портером

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 4.11)

Таблиця 4.11. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	AgriLab, Cairpos GmbH, ТОВ «Вента Лаб», Стартап Teralytic	Низький бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість	Є фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Інтенсивне	є можливості входу в ринок, є невеликі потенційні конкуренти.	Збільш. співвідношення ціни та якості	Збільш. співвідношення ціни та якості	Присутнє

Детальний аналіз конкуренції в галузі за М. Портером показав, що можлива робота на ринку України так, як конкурентна боротьба неінтенсивна і прямі конкуренти більше спеціалізуються на іншому типі обладнання, також проект повинен відповідати умовам споживачів, які в залежності від ситуації можуть змінюватись.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

4.3.6. Аналіз факторів конкурентоспроможності

На основі аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється у табл. 4.12.

Таблиця 4.12. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність	Достовірність результатів підтверджується входженнями отриманих значень в табличні норми
2	Швидка передача даних	Дає можливість миттєвого отримання параметрів для оцінки
3	Зручний інтерфейс	Забезпечує споживачу просте використання та аналіз (в інтерфейсі)
4	Мобільність	Може використовуватись масштабно, на територіях сільськогосподарського призначення, так і в персональних цілях
5.	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога

4.3.7. Аналіз сильних та слабких сторін проекту

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап - проекту (табл. 4.13)

Таблиця 4.13. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	20					1	1	1
2	Велика кількість постачальників	13			1		1	1	1
3	Висока якість	20	1				1		2
4	Технічна підтримка	14		1			1		1
5	Ціна	20					1	1	1

З таблиць 4.12 та 4.13 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового програмного забезпечення для розрахунку концентрації пилу. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка протягом всього терміну його використання споживачем.

4.3.8. SWOT- аналіз проекту

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT -аналізу (матриці аналізу сильних та слабких сторін , загроз та можливостей (табл. 4.14) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.13)

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження

доходів потенційних споживачів - фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, - цінової конкуренції (і це вже - ринкова загроза).

Таблиця 4.14. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Постійне вивчення та аналіз стану ринку, своєї позиції, прозиції конкурентів, потреб споживачів; підтримка та розвиток іміджу.</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Недовіра (до необхідності), велике використання ресурсів. Низька швидкодія системи</p>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Збільшення продаж; 2. Отримання державних замовлень на отримання послуг; 3.Розширення функцій, поява нових технологій. 4. Міжнародна доставка. 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку. 2. Політичні та економічні ризики ведення бізнесу; 3. Втрата потенційних клієнтів через недостатню технічну підтримку; 4. Поява іноземних конкурентів з товарами низької вартості 5. Збій імпорту комплектующих. 6. Низька репутація підприємства на початку впровадження 7. Істотна кількість браку

SWOT- аналіз стартап - проекту вказав на сильні сторони, якими є отримання державних замовлень на отримання послуг, якість продукту, відповідність потребам споживачів та міжнародна доставка. А слабкими сторонами є низька репутація підприємства на початку впровадження проекту в життя та істотна кількість браку.

4.3.9. Альтернативи ринкового впровадження

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкового впровадження(табл.4.15).

Таблиця 4.15. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	90%	2-3 роки
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	60%	1-2 місяці
3	Проведення конференції для закордонних користувачів	50%	3-6 місяці

Із зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.4.1. Визначення стратегій охоплення ринку

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.16)

Таблиця 4.16. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові компанії	70%	Зростає	Наявні	Легко
2	Лабораторії	Частично готові (50%)	Зростає	-	Складно
3	Компанії, які займаються аналізом стану ґрунту	Готові	Зростає	Наявні	Середньо
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення, що компанія буде працювати із промисловими компаніями.					

В якості цільових груп потенційних споживачів було обрано промислові компанії та лабораторії. Обидві групи готові сприйняти продукт. Інтенсивність конкуренції в сегменті невелика в Україні та вхід у сегмент є легким, через високий попит на внутрішній ринок.

4.4.2. Базові стратегії розвитку

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувавши базову стратегію розвитку (табл. 4.17).

Таблиця 4.17. Визначення базової стратегії розвитку

№ п / п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспро- можні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів	Проведення конференції для закордонних користувачів

Для обраної альтернативи розвитку проекту було обрано ексклюзивний розподіл, а стратегію лідерства по витратах, як базову стратегію розвитку. Тому що, така стратегія передбачає, що компанія за рахунок чинників може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною.

4.4.3. Вибір стратегії конкурентної поведінки

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки. Розглянуті такі питання як: «Чи є проект новим на ринку», «Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів», «Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які», Стратегія конкурентної поведінки, які представлені в табл. 4.18.

Таблиця 4.18. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першо прохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентн ої поведінки*
1	Ні	Буде шукати нових, а також забирати існуючих у конкурентів	Буде, з удосконаленням	Стратегія заняття конкурентн ої ніші

При визначенні базової стратегії конкурентної поведінки до даного проекту, який не є першопрохідцем, було обрано стратегію позиціонування. Компанія показує чим відрізняється продукт від конкурентів, чим корисний, які є переваги над конкурентами, таким чином відбувається позиціонування на особливостях, які важливі споживачу.

4.4.4. Визначення стратегії позиціонування

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування, яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 4.19. Визначення стратегії позиціонування

№ п/ п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможн і позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 4.19

1	2	3	4	5
1	Точність	На основі специфічних, відчутних характеристик	Точність (величина похибка) до 1%, завдяки зміні датчика та використання нової методики трьох характеристик	Краще точно вимірювати, ніж гарно аналізувати
2	Збільшення чутливості	На основі специфічних, відчутних характеристик	за рахунок зміни датчика	Швидкодія відбирає уважність, звернути увагу на темп
3	Збільшення діапазону роботи	На основі специфічних, відчутних характеристик	за рахунок переробки конструкції приладу (правильного розташування елементів вимірювання), зміні датчиків (діапазону)	Простота – запорука якості

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.5.1. Маркетингова концепція товару

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.20 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.20. Визначення ключових переваг концепції товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючи або такі, що потрібно створити)
1	Правильне значення вимірюваної величини	Точність	Точність (величина похибки) до 1%, завдяки зміні датчика та використанню нової методики вимірювання
2	Робота за різних умов	Чутливість	за рахунок зміни датчика
3	Робота з різними параметрами	Діапазон роботи	за рахунок переробки конструкції приладу (правильного розташування елементів вимірювання)

Після визначення ключових переваг концепції потенційного товару було обрано вигоду, яку пропонує товар – точність, ключовими перевагами перед конкурентами є відповідна ціна та довіра до бренду, також ще одна вигода - це доступність новим користувачам, ключовими перевагами якого є наявність інструкції по експлуатації продукту.

4.5.2. Маркетингова модель товару

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.21).

Таблиця 4.21. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Споживач отримує готовий продукт. Його можна експлуатувати с періодичним калібруванням		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/ характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	Точність (похибка)	М- матеріальна	Тх - технічна властивість
	Чутливість	Нм- не матеріальна	Ор -органолептична Е -ергономічна
	Водневий показник	Нм	Тл-технологічна властивість
	Діапазон роботи	Нм	Тх - технічна властивість
	Досконалість	М	Е - естетична
	Наявність системи сповіщення	Нм	Б - безпеки
	Якість: відповідає нормам ДСТУ2499:2017		
	Пакування: програмне забезпечення записане на карту пам'яті.		

Продовження таблиці 4.21.

1	2
	Марка: AgroVita
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантійний термін 2 роки; різні варіації приладу від потреб
	Після продажу: знижка на наступні придбання; при підписанні договору повне обслуговування та оновлення приладу
<p>За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання:</p> <p>Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок патентування технології виробництва .</p>	

За задумом проект забезпечує перевірку параметрів ґрунту та передає дані з бортової апаратури на дисплей та програмне забезпечення. До отримання клієнти мають ознайомитися з роботою проекту, а після продажу буде технічна підтримка. За рахунок патенту та комерційної таємниці товар буде захищено від копіювання.

4.5.3. Визначення меж встановлення цін

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів замінників та аналогів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.22).

Таблиця 4.22. Визначення меж встановлення ціни

№ п/ п	Рівень цін на товари-замі нники	Рівень цін на товари-ана логи	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000	10000	від 100 000₴ до «необмежений» (підприємства, лабораторії тощо)	5000 - 10000 (оскільки надається більш якісні показники характеристик приладу)

Проаналізувавши рівень цін на товари - замінники (близько 10000 грн), товари-аналоги (близько 10000 грн) та рівень доходів цільової групи споживачів (близько 100 000 грн), мною було встановлено нижню 5000 грн та верхню 10000 грн межі встановлення ціни на товар, що дає перевагу над конкурентами.

4.5.4. Формування системи збуту

Наступник кроком є визначення оптимальної системи збуту, а саме специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів, функції збуту та глибина каналу збуту, що представлені в табл. 4.23

Таблиця 4.23. Формування системи збуту

№ п / п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 4.23.

1	2	3	4	5
1	Клієнти купують продукт у компанії-розробника	1. Встановлення контакту; 2. Інформування; 3. Транспортування; 4. Продаж окремих частин; 5. Надання додаткових послуг (якщо підписаний договір)	1. Виробник запчастин; 2. Постачальник запчастин; 3. Ми(виробники приладу); 4. Розповсюджу вач нашої продукції	1. Сайт виробника 2. Договір на дострокове користування нашими технологіями

При зазначеній специфіці закупівельної поведінки цільових клієнтів, що клієнти купують продукт безпосередньо у компанії-розробника, було обрано оптимальну систему збуту - через сайт виробника так, як це найпростіший спосіб закупівлі для цільових клієнтів.

4.5.5. Концепція маркетингових комунікацій

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.24)

Таблиця 4.24. Концепція маркетингових комунікацій

№ п / п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	2	3	4	5	6

Продовження таблиці 4.24.

1	2	3	4	5	6
1	Підприємці	1.Електронна пошта; 2.Публікації (інженерні); 3.Зустрічі	Точність; Чутливість; Діапазон роботи	Показати надвисоку точність на простоту використання	Контент-маркетинг; Публікації про продукт
2	Адміністрація міста	1.Електронна пошта; 2. Зустрічі	1. Ціна; 2. Точність	Простота використання	Тендери

Проаналізувавши специфіку поведінки цільових клієнтів, було обрано концепцію рекламного звернення: публікація даних про продукт, науково - професійний стиль. Реклама буде поширюватись через інтернет та соціальні мережі. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та поширення знань про продукт новим клієнтам, та поширення інформації про випробування товару.

Висновок до розділу 4

Узагальнюючи проведений аналіз стартап проекту можна зробити висновок що попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребою споживачів.

Конкуренція на ринку України в цій області не є значною, що обумовлює відносно легкий вхід на український ринок. через високий попит на внутрішній ринок.

Цільовою аудиторією є компанії, що займаються безпосередньо аналізом стану ґрунтів, компанії з аудиту також лабораторії та державні структури.

Застосовуватиметься в сфері екології, контролю якості стану ґрунту на певній території.

В якості альтернативи впровадження проекту доцільно провести додаткові до продукції конференції для закордонних користувачів, оскільки ця пропозиція є і буде актуальною та цікавою для потенційних клієнтів.

Перевагою запропонованого проекту є те, що продукт відповідає потребам споживачів таких, як моніторинг стану ґрунту, розвиток масштабів врожаю та інших об'єктів і процесів, які розвиваються під впливом природних і антропогенних чинників, обумовлює необхідність розробки проекту, інструкція по експлуатації та цілодобова підтримка.

Оскільки цільова аудиторія дізнається про нову продукцію переважно через інтернет, було вирішено, що доцільнішим шляхом розповсюдження є сайт виробника.

Отже, додаткове використання метрологічного забезпечення онлайн дозволить зберігати дані стосовно стану ґрунтів на сайті, що призведе до здешевлення системи та отримання всієї «картини» стану ґрунту на карті. Внаслідок чого сформується на базі даних актуальна екологічна ситуація в регіоні та подальша можливість реагування на відхилення від норми.

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дисертації було розроблено інтелектуальну інформаційно-вимірювальну систему агромоніторингу. При аналітичному огляді існуючих рішень було показано що на даний час існують дуже вдалі рішення агромоніторингу, наприклад ТОВ «Вента Лаб», AgriLab, проект MARS та ін. Було порівняно існуючі рішення по багатьом показникам. Незважаючи на свої чисельні переваги, сучасні реалізації все ж мають свої недоліки. Одним з таких недоліків є неможливість змінювати діапазони вимірювання та аналізувати данні, тому в даному проекті було вирішено ці питання за допомогою створення нового алгоритму роботи системи, а також використання сучасних датчиків для збору аналітичної інформації, що дозволяє досліджувати та аналізувати стан ґрунту в будь який момент часу. Специфікація створених системи показана в розділі 3. Також в цьому розділі було надано дуже детальну інструкцію користувача.

На даному етапі система протестована та готові до використання. За допомогою інтерфейсу користувача можна встановити критичні параметри ґрунту, виходячи за які система надсилає сповіщення на станцію (або користувачу). Також при введенні, в відповідні поля, параметрів для аналізу, система показує до якої групи можна віднести теперішні данні:

1 група - зелена зона - значення параметра, які задовольняють користувача та відповідають нормальним значенням заданим раніше (враховуючи похибку приладу).

2 група - помаранчева зона - значення параметра, які виходять за межі нормальних на $\pm(20...30)\%$.

3 група - червона зона - значення параметра, які значно більші/менші від заданих користувачем ($>+30\%$ / $<-30\%$ від нормальних значень)

Окрім цього, дані з датчиків можна записати на зовнішню пам'ять. Це допомагає в подальшому порівнянні, веденню статистики та спрощує аналіз ґрунту.

Детальніше система описана в розділі 3.

Запропонована система була успішно протестована на прикладі макету для визначення параметрів ґрунту кімнатної рослини. Для прикладу було вибрано дві ємності з ґрунтом, визначивши всі параметри, змінювали їх та спостерігали за змінами у роботі системи. Всі використані датчики показали себе ефективно.

В результаті було отримано систему, яку можна використовувати як в домашніх умовах для кімнатних рослин, городів, на полях, так на інших територіях для експериментальних досліджень та спостережень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» та критерії оцінювання дипломних проектів / робіт спеціальності 152. «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» Спеціалізація: «Метрологія та вимірювальна техніка» /Уклад..О.П.Синицький, В.А.Бойко, С.А.Затока, 74 сторінок.- 2017 рік.
 2. Шметер С. М. Влажность земли // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1. — С. 285—286. — 704 с. — 100 000 экз.
 3. Влажность земли // Метеорологический словарь.
 4. Усольцев В. А. Измерение влажности земли — Л.: Гидрометеиздат, 1959.
 5. Берлинер М. А. Измерения влажности. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Энергия, 1973.
 6. Сивухин Л. В. (1977). Общий курс физики. Том III. Электричество. Москва: Наука.
 7. Білоруський енциклопедія: В 18 т. Т.13: Проміле - Релаксін / Редкол.: Г. П. Пашков та ін - М.: БелЕн, 2001. - Т. 13. - С. 105. - 576 с. - 10 000 прим. - ISBN 985-11-0216-4 (Т. 13).
 8. Деркач Ф. А. Хімія. — Львів : Львівський університет, 1968. — 312 с.
 9. Сучков А. А «Аналоговые и цифровые измерительные устройства»;
 10. Г. И. Волович «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств»
 11. Инженерная микроэлектроника А Маргелов
 12. Шашков А. Г., Терморезистори і їх застосування
 13. Папушин Ю. Л., Білецький В.С.;Основи автоматизації агропромисловництва. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2007
- Оформлення відповідно до:
14. ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»
 15. ГОСТ 2.104-68 «Оформлення креслень рамок»

16. ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»
17. ДСТУ 3008-95 «Оформлення пояснювальної записки всіх видів атестаційної роботи проводиться згідно вимог »
18. ДСТУ 3974-2000, ГОСТ 34.602-89 «Технічні завдання оформлюються згідно вимог (для дипломних проектів) »

Електронні ресурси

19. <https://arduino.ua/prod835-datchik-ph>
20. <https://www.agrilab.ua/services/agrohimichnyj-analiz-gruntu/>
21. <https://www.agrilab.ua/wp-content/uploads/2018/01/kompleksna-agrodiagnostika.pdf>
22. <https://www.ventalab.ua/pages/o-nas>
23. <https://aggeek.net/ru-blog/iot-datchik-dlya-analiza-npk-v-realnom-vremeni-ot-teralytic>
24. <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-vlazhnosti-i-temperatury-dht11/>

ДОДАТОК А**Технічне завдання
до магістерської дисертації**

на тему: “Інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система
агромоніторингу”

Київ – 2020 року

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Найменування: “Інтелектуальна інформаційно - вимірювальна система агромоніторингу”. (далі за текстом ІВС)

1.2. Основною галуззю застосування данного приладу є сільське господарство, метрологія та Державна служба з надзвичайних ситуацій (ДСПС).

2. ОСНОВА ДЛЯ РОЗРОБКИ

2.1. Основою для розробки є завдання на магістерську дисертацію на тему «Інтелектуальна інформаційно - вимірювальна система агромоніторингу», затвердженого кафедрою ІВТ від 15 вересня 2020 року.

3. МЕТА РОЗРОБКИ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

3.1. Метою розробки є створення нової інформаційно-вимірювальної системи для вимірювання температури, вологості, водневого показника, вмісту метану та електропровідності ґрунту.

3.2. Розробка вирішує наступні задачі: покращення метрологічних, експлуатаційних та техніко-економічних характеристик; втілення сучасних цифрових технологій та відповідної елементної бази; втілення сучасних технологій виготовлення продукції.

3.3. Призначення системи: вимірювання параметрів ґрунту: температури, вологості, водневого показника, вмісту метану, електропровідності.

4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

4.1. Джерелом розробки є періодичні та друковані видання науково-технічної літератури, довідкові матеріали, державні стандарти, керувальні документи, каталоги продукції провідних виробників, матеріали патентно - ліцензійного пошуку, програма підготовки з дисципліни ІВС, - зазначені в використаних джерелах.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1. Вимоги, що визначають технічні характеристики, показники якості та метрологічні характеристики.

5.1.1. ІВС повинна виконувати такі функції:

- встановлення меж для вимірюваних параметрів;
- вимірювання зовнішньої температури;
- вимірювання зовнішньої вологості;
- вимірювання температури ґрунту на глибині 3-5 см;
- вимірювання вологості ґрунту на глибині 3-5 см;
- вимірювання водневого показника ґрунту;
- вимірювання вмісту метану;
- вимірювання електропровідності ґрунту;
- визначення стану кожного параметра відносно нормованих значень;
- збереження даних.

5.1.2. Вимоги до діапазонів вимірювання та похибок.

5.1.2.1. Діапазон вимірювання вологості: 10% ... 95%;

Похибка вимірювання: +/- 5%.

5.1.2.2. Діапазон вимірювання температури: +1°C ... +70°C;

Похибка вимірювання: +/- 0,1°C.

5.1.2.3. Діапазон вимірювання водневого показника: 0 ... 14;

Похибка вимірювання: +/- 0,1.

5.1.2.5. Діапазон вимірювання вмісту метану: 300 ... 10000 ppm;

Похибка вимірювання: +/-100 ppm.

5.1.2.5. Діапазон вимірювання електропровідності: 0 ... 5000 us/cm;

Похибка вимірювання: +/- 150us/cm.

5.1.3. Показники робочого режиму.

5.1.3.1. ІВС повинна забезпечувати і робочих умовах експлуатації технічні та метрологічні характеристики після закінчення часу встановлення робочого режиму, який не повинен перевищувати 30 секунд.

5.1.3.2. ІВС повинна забезпечувати стабільність параметрів при експлуатації протягом не менше 16 годин з наступною перервою 30 хвилин.

5.1.4. Вимоги до живлення ІВС.

5.1.4.1. Живлення ІВС повинно здійснюватися від мережі змінного струму напругою $220\pm 22\text{V}$ з частотою $50\pm 0,5\text{ Hz}$, або від акумулятора постійного струму напругою $12,6 \pm 1,3\text{ V}$

5.2. Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

5.2.1. ІВС повинна зберігати зовнішній вигляд і свої параметри відповідно до вимог кліматичного виконання О категорії приміщення 2.1 за ГОСТ 15150-69

5.3. Вимоги надійності

5.3.1. ІВС відноситься до відтворюваного класу приладів.

5.3.2. В ланцюгах живлення повинні бути встановлені плавкі запобіжники, які захищають елементи схеми електричної від зовнішніх перевантажень.

5.3.3. Середній час роботи до відмови 5000 годин.

5.4. Вимоги до технологічності.

5.4.1. Вимоги до технологічності не встановлюються.

5.5. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

5.5.1. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації не встановлюються.

5.6. Вимоги до метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації.

5.6.1. ІВС відноситься до вимірювальних засобів, які не підлягають метрологічній атестації, при експлуатації підлягає калібруванню.

5.6.2. Метрологічне забезпечення ІВС повинно мати документ “ Методи

та засоби калібрування”.

5.7. Вимоги до дизайну, ергономіки та технічної естетики не встановлюються.

5.8. Вимоги до експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

5.8.1. Нормальні умови відповідно до ГОСТ 22261-97 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Нормальні умови експлуатації

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища:	
- нижнє значення, °С	+10
- верхнє значення, °С	+30
Відносна вологість при температурі навколишнього середовища 35°С, %	80
Атмосферний тиск, кПа	84 ... 106,7

5.8.2. Робочі умови експлуатації наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Робочі умови експлуатації

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища:	
- нижнє значення, °С	-30

- верхнє значення, °С	+70
Відносна вологість при температурі навколишнього середовища 30°С, %	90
Атмосферний тиск, кПа	60 ... 106,7

5.8.3. Конструкція ІВС повинна забезпечити зручний доступ до органів управління та регулювання.

5.9. Вимоги безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля.

5.9.1. ІВС повинен мати світлову індикацію ввімкнення живлення.

5.9.2. На загальному блоці робочої станції ІВС повинна бути встановлена клема заземлення.

5.10. Вимоги сумісності не встановлюються.

5.11. Вимоги до взаємозамінності не встановлюються

5.12. Вимоги до транспортування та зберігання.

5.12.1. Вимоги до транспортування наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Граничні умови транспортування

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища:	
- нижнє значення, °С	-50
- верхнє значення, °С	+70

Відносна вологість при температурі навколишнього середовища 30°C, %	95
Атмосферний тиск, kPa	60 ... 106,7

5.12.2. Вимоги до зберігання наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Умови зберігання

Величина, що впливає	Номінальні значення та їх відхилення
Температура навколишнього середовища:	
- нижнє значення, °C	0
- верхнє значення, °C	+40
Відносна вологість при температурі навколишнього середовища 25°C, %	80
Атмосферний тиск, kPa	84 ... 106,7

6. ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

6.1. Документація проекту - пояснювальна записка та комплект графічних матеріалів - повинна відповідати вимогам ЄСКД (Єдина система конструкторської документації) та відповідним стандартам.

7. СТАДІЇ ТА ЕТАПИ РОЗРОБКИ

7.1. Етапи розробки подані в таблиці 5

Таблиця 5. Етапи розробки

з/п	Назва етапу виконання дипломної роботи	Термін виконання етапу
1	Вступ. Розробка структури та змісту магістерської дисертації	30.10.2020
2	Дослідження проблеми моніторингу стану ґрунтів	06.11.2020
3	Аналітичний огляд метрологічних та технічних характеристик відомих аналогів та вибір напрямку розробки	12.11.2020
4	Розробка і розрахунок структурної та функціональної схем ІВС та алгоритми функціонування	16.11.2020
5	Розробка структури бази знань	21.11.2020
6	Розробка метрологічного забезпечення ІВС	05.12.2020
8	Оформлення та захист магістерської дисертації	15.12.2020

8. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ І ПРИЙМАННЯ

8.1. Приймання магістерської дисертації виконується комісією затвердженою кафедрою інформаційно-виміральної техніки.

8.2. Склад документації, яка подається до захисту:

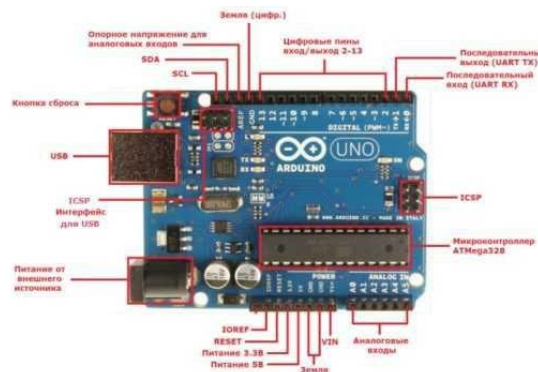
- Технічне завдання - 1 прим.;
- Пояснювальна записка з додатками - 1 прим.;
- Графічні документи - 7 плакатів.

ДОДАТОК Б

Характеристики складових ІВС агромоніторингу

1. Arduino Uno Rev3 (ATmega16U2) с кабелем USB

Фото:



Характеристики

- Мікроконтролер: ATmega328
- Робоча напруга контролера: Вхід USB: 5В, Вхід VCC: 5В, Вхід Vin: 7,5 В-12В
- Цифрових входів / виходів: 14 (6 з них ШІМ)
- Аналогових входів: 6
- Flash пам'ять програм: 32Кб
- Оперативна пам'ять: 2Кб
- Частота: 16 МГц
- Розмір: 68 x 53 x 15 мм

2. Датчик вологості та температури повітря DHT11

Фото:

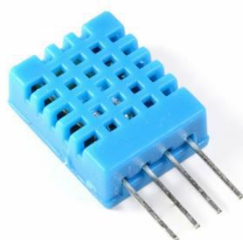
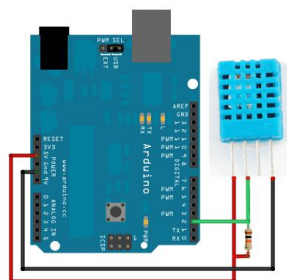


Схема поєднання:



Характеристики:

- Визначення вологості: 20-90% RH \pm 5% (макс.)
- Визначення температури: 0-50 °C \pm 2% (макс.)
- Частота опитування: не більше 1 Гц
- Розміри 15.5 x 12 x 5.5 мм
- 4 виведення з відстанню між контактами 0.1 "

3. Датчик вологості ґрунту (гигрометр) DAT136

Фото:

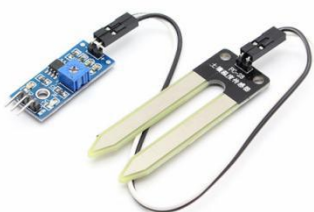
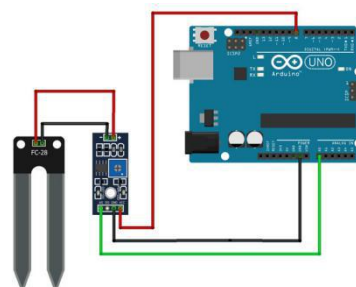


Схема поєднання:



Характеристики:

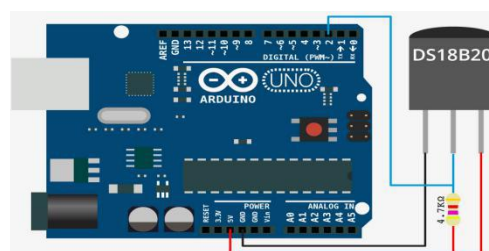
- вимірювальний елемент: металізований щуп (окремий)
- виконання датчика: на мікросхемі LM393 з налаштуванням чутливості
- виходи датчика: цифровий та аналоговий
- напруга живлення датчика: 3,3 - 5В
- габарити модуля: 38 x 15,6 x 8 мм
- габарити датчика: 63,8 x 20 x 8 мм
- довжина кабелю: 20 см

4. Температурний датчик водонепроникний DS18B20

Фото:



Схема поєднання:



Характеристики:

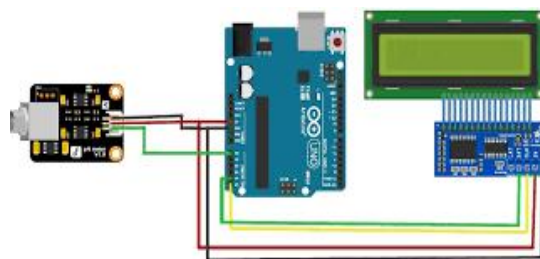
- Червоний дріт - VCC (живлення)
- Зелений (Синій, Жовтий) провід - DATA (дані)
- Жовтий (Чорний, Чорний) провід - GND (земля)
- Робоча напруга дані / живлення від 3В до 5.5В
- Точність ± 0.5 ° C в діапазоні -10 ° C до + 85 ° C
- Робочий діапазон температур від -55 до 125 ° C
- Вибір 9 чи 12 бітної розрядності
- Інтерфейс 1-Wire
- Унікальний 64 бітний ID в кожному чипі
- Паралельне включення сенсорів
- Зонд з нержавіючої сталі діаметром 6 мм і довжиною 50 мм
- Кабель діаметром 4 мм і довжиною 100 см.

5. Аналоговый датчик PH для Arduino

Фото:



Схема поєднання:



Характеристики:

- Напруга живлення: $5 \pm 0,2$ В
- Робочий струм: 5-10mA
- Діапазон виявленої концентрації: PH 0-14
- Діапазон температури виявлення: 0-80 °
- Час відгуку: ≤ 5 s
- Час вимірювання: ≤ 60 s
- Максимальний споживана потужність: ≤ 0.5 Вт

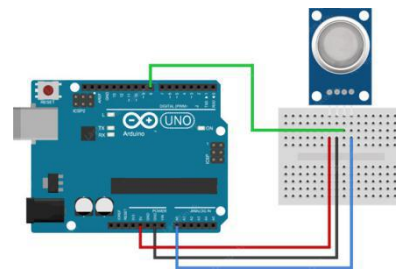
- Робоча температура: $-10 \sim 50 \text{ }^\circ$ (номінальна температура 20 °)
- Вологість: 95% відносної вологості (номінальна вологість 65% відносної вологості)
- Розмір модуля: $42 \text{ мм} \times 32 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$
- Вихід: аналоговий вихідний сигнал напруги
- Кріплення плати: 4 монтажних отвори М3
- Довжина кабелю: 69,5см

6. Модуль датчика газу MQ-4

Фото:



Схема поєднання:



Характеристики:

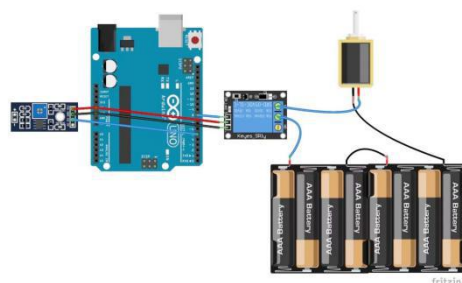
- Діапазон чутливості 300-10000 ppm
- R_s (опір чутливого елемента) 1 ... 20 кОм 5000ppm CH₄
- Газ, для якого нормується датчик - Метан, 5000ppm
- Час відгуку $\leq 10\text{с}$
- Чутливість $(R \text{ в повітрі}) / (R \text{ в присутності характерного газу}) \geq 5\text{с}$
- R_h (опір нагрівача) $31\Omega \pm 3\Omega$
- I_h (струм нагрівача) $\leq 180\text{мА}$
- V_h (напруга нагрівача) $5\text{В} \pm 0,2 \text{ В}$
- P_h (потужність нагрівача) $\leq 900\text{мВт}$
- V_c (напруга схеми) $\leq 24\text{В}$
- Стандартні робочі умови Температура: $-10 \sim + 50 \text{ }^\circ \text{C}$, вологість: $\leq 95\% \text{ RH}$, концентрація кисню: 21% (стандартні умови)
- Умови зберігання Температура: $-20 \sim + 70 \text{ }^\circ \text{C}$, вологість: $\leq 70\% \text{ RH}$
- Конфігурація А або В (металевий або пластиковий корпус)

7. Аналоговый датчик измерения электропроводности

Фото:



Схема поеднання:



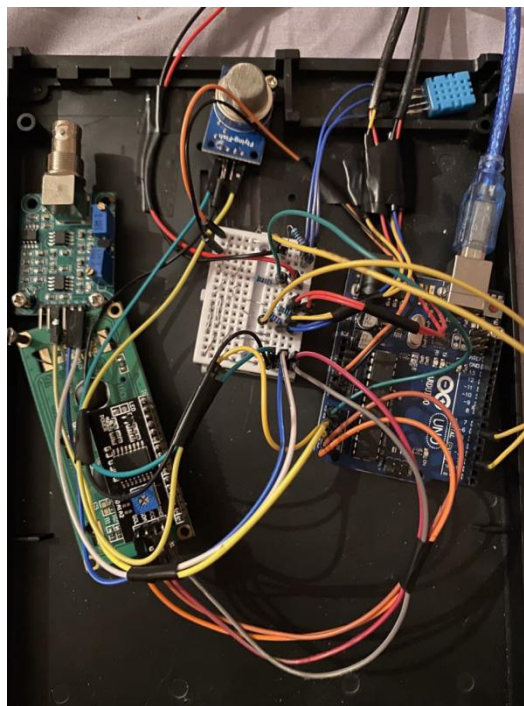
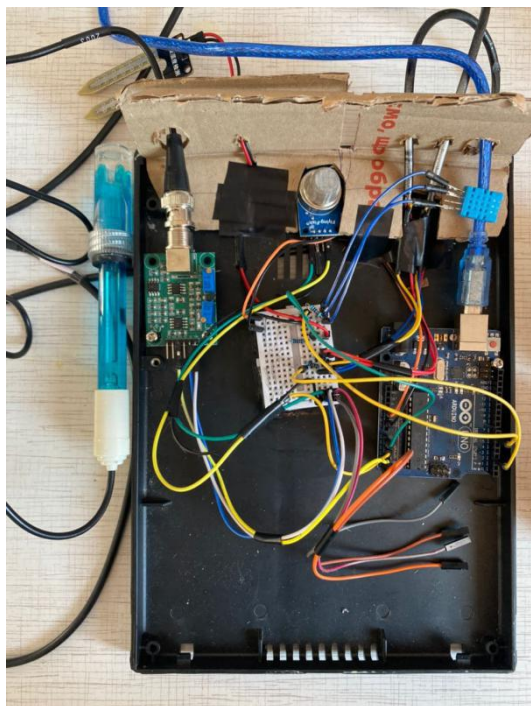
Характеристики:

- Робоча напруга: +5,00 В
- РСВ Розмір: 45 × 32мм (1.77x1.26 ")
- Діапазон вимірювання: 1мс / см - 20мс / см
- Робоча температура: 5 - 40° С
- Точність: $\leq \pm 10\%$ від повної шкали (з використанням Arduino 10 біт АЦП)
- РН2.0 інтерфейс (3-контактний SMD)
- Електрод провідності (K = 1, роз'єм BNC)
- Довжина кабелю електрода: близько 60 см (23,62 ")

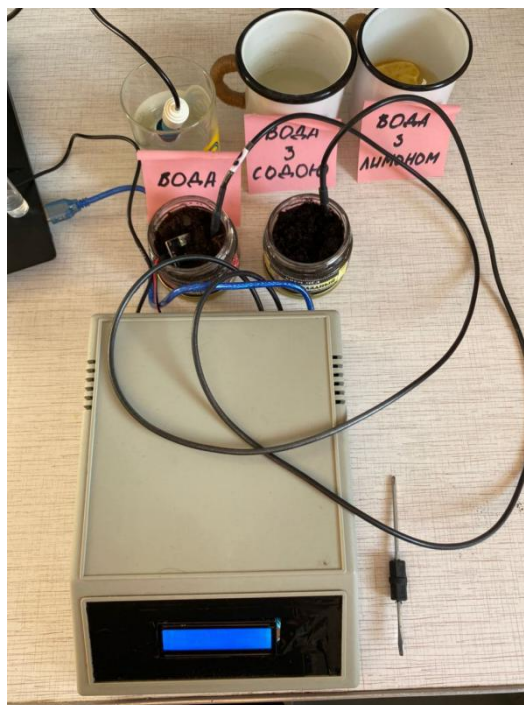
індикатор живлення

ДОДАТОК В

Внутрішній вигляд інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи агромоніторингу (всі складові системи наведені вище):



Зовнішній вигляд інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи агромоніторингу (макет):



ДОДАТОК Г

```

import java.io.*;
import java.util.Enumeration;
public class Main extends Application implements
SerialPortEventListener {
private static final Double DEGREE_RATE = 5d;
private static final Double HUMID_RATE = 15d;
static Controller c;
public void start(Stage primaryStage) throws Exception {
//Parent root =
FXMLLoader.load(getClass().getResource("sample.fxml"));
FXMLLoader loader = new
FXMLLoader(getClass().getResource("sample.fxml"));
Parent root = loader.load();
c = loader.getController();
primaryStage.setTitle("STILLI INTELIIJI ANALYTYC SYSTEM");
primaryStage.setScene(new Scene(root));
primaryStage.setOnCloseRequest((WindowEvent event1) -> {
System.exit(0);
});
primaryStage.show();
}
public static void main(String[] args) {
Main main = new Main();
main.initialize();
System.out.println("Started");
launch(args); }
// PORT READER
SerialPort serialPort;
/**
* The port we're normally going to use.
private static final String PORT_NAMES[] = {

```

```

"/dev/tty.usbserial-A9007UX1", // Mac OS X
"/dev/ttyACM0", // Raspberry Pi
"/dev/ttyUSB0", // Linux
"COM3", // Windows
};
/**
 * A BufferedReader which will be fed by a InputStreamReader
 * converting the bytes into characters
 * making the displayed results codepage independent
 */
private BufferedReader input;
/**
 * The output stream to the port
 */
private static PrintStream output;
private static final int TIME_OUT = 2000;
/**
 * Default bits per second for COM port.
 */
private static final int DATA_RATE = 9600;
public void initialize() {
    // the next line is for Raspberry Pi and
    // gets us into the while loop and was suggested here was
    suggested
https://www.raspberrypi.org/phpBB3/viewtopic.php?f=81&t=32186
    // System.setProperty("gnu.io.rxtx.SerialPorts",
"/dev/ttyACM0");
CommPortIdentifier portId = null;
Enumeration portEnum = CommPortIdentifier.getPortIdentifiers();
//First, Find an instance of serial port as set in PORT_NAMES.
while (portEnum.hasMoreElements()) {

```

```

CommPortIdentifier currPortId = (CommPortIdentifier)
portEnum.nextElement();
for (String portName : PORT_NAMES) {
if (currPortId.getName().equals(portName)) {
portId = currPortId;
break;
        } }}
if (portId == null) {
System.out.println("Could not find COM port.");
return; }
try {
        // open serial port, and use class name for the appName.
serialPort = (SerialPort) portId.open(this.getClass().getName(),
TIME_OUT);
        // set port parameters
serialPort.setSerialPortParams(DATA_RATE,
SerialPort.DATABITS_8,
SerialPort.STOPBITS_1,
SerialPort.PARITY_NONE);
        // open the streams
input = new BufferedReader(new
InputStreamReader(serialPort.getInputStream()));
output = new PrintStream(serialPort.getOutputStream(), true);
        // add event listeners
serialPort.addEventListener(this);
serialPort.notifyOnDataAvailable(true);
        } catch (Exception e) {
System.err.println(e.toString());
        } }
/**
 * This should be called when you stop using the port.
 * This will prevent port locking on platforms like Linux.

```

```

        */
public synchronized void close() {
    if (serialPort != null) {
        serialPort.removeEventListener();
        serialPort.close();
    }
}

public static void setNewTemperatureNorm(double temp) {
    System.out.println("writed: " + (int) temp);
    output.println("t" + (int) temp);
}

public static void setNewHumidityNorm(double hum) {
    if (hum > 100 || hum < 1) {
        c.setError("WRONG HUMIDITY VALUE!");
    } else {
        output.println((int) hum);
    } }

/**
 * Handle an event on the serial port. Read the data and print it.
 */
public synchronized void serialEvent(SerialPortEvent oEvent) {
    if (oEvent.getEventType() == SerialPortEvent.DATA_AVAILABLE &&
        c != null) {
        try {
            String inputLine = input.readLine();
            if (inputLine.contains("Temperature on FIRST")) {
                double cel = Double.parseDouble(getFirstValue(inputLine));
                c.updateFirstTemp("" + cel, getLastValue(inputLine));
                if (c.norm_temp_from_v != null && c.norm_temp_to_v != null) {
                    if (cel > c.norm_temp_from_v && cel < c.norm_temp_to_v) {
                        c.tl_m.setFill(Color.GREEN);
                    }
                }
                c.switchOffAllExcept(2, c.temp_1_arr);
            }
        }
    }
}

```

```

if (cel <= c.norm_temp_from_v) {

c.t1_l1.setFill(javafx.scene.paint.Color.RED);
c.switchOffAllExcept(0, c.temp_1_arr);
        }

if (cel > c.norm_temp_from_v && cel < c.norm_temp_from_v +
DEGREE_RATE) {
c.t1_l.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(1, c.temp_1_arr);
        }

if (cel >= c.norm_temp_to_v) {
c.t1_rr.setFill(Color.RED);
c.switchOffAllExcept(4, c.temp_1_arr);
        }

if (cel < c.norm_temp_to_v && cel >= c.norm_temp_to_v - DEGREE_RATE)
{
c.t1_r.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(3, c.temp_1_arr);
        }

if (inputLine.contains("Temperature on SECOND")) {
double cel = Double.parseDouble(getFirstValue(inputLine));
c.updateSecondTemp( "" + cel, getLastValue(inputLine));
if (c.norm_temp_from_v != null && c.norm_temp_to_v != null) {
if (cel > c.norm_temp_from_v && cel < c.norm_temp_to_v) {
c.t2_m.setFill(Color.GREEN);
c.switchOffAllExcept(2, c.temp_2_arr);}
    if (cel < c.norm_temp_from_v) {
c.t2_l1.setFill(javafx.scene.paint.Color.RED);
c.switchOffAllExcept(0, c.temp_2_arr);
        }

if (cel > c.norm_temp_from_v && cel <= c.norm_temp_from_v +
DEGREE_RATE) {

```

```

c.t2_l.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(1, c.temp_2_arr);
    }

if (cel >= c.norm_temp_to_v) {
c.t2_rr.setFill(Color.RED);
c.switchOffAllExcept(4, c.temp_2_arr);
    }

if (cel < c.norm_temp_to_v && cel >= c.norm_temp_to_v - DEGREE_RATE)
{
c.t2_r.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(3, c.temp_2_arr);
    }

if (inputLine.contains("HUM INSIDE")) {
double cel = Double.parseDouble(getLastValue(inputLine));
c.updateHum(getFirstValue(inputLine), "" + cel);
    if (c.norm_hum_from != null && c.norm_hum_to != null) {
if (c.norm_hum_from_v != null && c.norm_hum_to_v != null) {
c.h_m.setFill(Color.GREEN);
c.switchOffAllExcept(2, c.hum_arr);
        }

if (cel < c.norm_hum_from_v) {
    c.h_ll.setFill(javafx.scene.paint.Color.RED);
    c.switchOffAllExcept(0, c.hum_arr);
if (cel > c.norm_hum_from_v && cel < c.norm_hum_from_v + HUMID_RATE)
{
c.h_l.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(1, c.hum_arr);
        }

    if (cel > c.norm_hum_to_v) {
c.h_rr.setFill(Color.RED);
c.switchOffAllExcept(4, c.hum_arr);
        }
}
}
}

```

```

if (cel < c.norm_hum_to_v && cel > c.norm_hum_to_v - HUMID_RATE)
{
c.h_r.setFill(Color.ORANGE);
c.switchOffAllExcept(3, c.hum_arr);
    }

if (inputLine.contains("Temperature outside")) {
    c.updateOut(getFirstValue(inputLine),
getLastValue(inputLine));
    }

if (inputLine.contains("Temperature outside")) {
c.updateOut(getFirstValue(inputLine),
getLastValue(inputLine));
    }

System.out.println(inputLine);
    } catch (Exception e)
{System.err.println(e.toString());
    // Ignore all the other eventTypes, but you should consider the
other ones.
    }
static String getFirstValue(String s) {
return s.substring(s.indexOf("{") + 1, s.indexOf("}"));
    }
static String getLastValue(String s) {
return s.substring(s.lastIndexOf("{") + 1, s.lastIndexOf("}"));
}}}

```