

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Інформаційних систем

«До захисту в ЕК»

Декан факультету

(підпис) Форсюк А.В.
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Чумаченко С.М.
(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг

на тему: Програмно-апаратний комплекс для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів

Виконав: здобувач 6 курсу, групи КМ-2-5М

Євсенко Дмитро Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____
(підпис)

Керівник Чумаченко Сергій Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____
(підпис)

Консультанти Чумаченко С. М.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Інформаційних систем

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Інформаційних систем

Чумаченко С. М.
“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Євсенко Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмно-апаратний комплекс для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів

керівник роботи Чумаченко Сергій Миколайович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “18” 11 2020 року №953-кс

2. Строк подання здобувачем роботи

3. Вихідні дані до роботи інформація про роботу системи радіаційного моніторингу, положення Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки праці та виробничого середовища,

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Аналіз існуючих рішень для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів, Розділ 2. Розробка програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки, Розділ 3. Розробка програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки, Розділ 4. Практичні рекомендації

5. Перелік графічного матеріалу

Структурно-логічні моделі, схеми бази знань, блок-схеми алгоритмів, зображення інтерфейсу користувача

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4	Чумаченко С. М., доктор технічних наук, завідувач кафедри	18.11.2020	20.01.2021

7. Дата видачі завдання 18. 11. 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення першого розділу кваліфікаційної роботи	25.11.2020	виконано
2	Створення інформаційної системи	15.12.2020	виконано
3	Оформлення другого розділу кваліфікаційної роботи	27.12.2020	виконано
4	Оформлення третього розділу кваліфікаційної роботи	15.01.2021	виконано
5	Оформлення четвертого розділу кваліфікаційної роботи	15.01.2021	виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Євсенко Д. О.

_____ (прізвище та ініціали)

Чумаченко С.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В результаті можливих викидів в атмосферу підприємствами, що працюють з радіоактивними речовинами, наслідків техногенних аварій і катастроф, пожеж в Чорнобильській зоні та інших факторів навколишнього середовища виникає необхідність моніторингу радіоактивного фону в зоні впливу можливих джерел радіоактивного забруднення.

В роботі вирішено актуальне **науково-прикладне завдання** підвищення рівня радіаційної безпеки за рахунок розробки програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

Мета магістерської роботи: розробка програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

Об'єкт дослідження: процеси моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Предмет дослідження: методи, моделі, алгоритми і засоби моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Наукова новизна: *вперше* розроблено програмно-апаратний комплекс моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей, що відповідає вимогам автономності, надійності та мобільності, може бути як стаціонарним так і встановленим на БПЛА;

удосконалено інформаційну технологію передачі масиву вимірної інформації через УКВ радіоканал;

отримала подальший розвиток ГІС технологія відображення даних про стан радіаційного забруднення територій в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Практична значимість: в результаті вирішення науково-прикладного завдання здійснено вибір елементної бази та розробка програмного забезпечення для збору даних радіаційної обстановки та стану атмосфери в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів, що можуть бути використані для формування мобільної безпроводної сенсорної мережі для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Ключові слова: радіаційний фон, моніторинг, база даних, web-інтерфейс, лічильник Гейгера-Мюллера, мікроконтролер, Arduino Nano, ESP8266.

ABSTRACT

As a result of possible emissions into the atmosphere by enterprises working with radioactive substances, the consequences of man-made accidents and catastrophes, fires in the Chernobyl zone and other environmental factors, it is necessary to monitor the radioactive background in the area of possible sources of radioactive contamination.

The topical scientific and applied task of increasing the level of radiation safety by developing a software and hardware complex for monitoring the radiation situation in the area of influence of radiation-hazardous objects using the technology of the Internet of Things.

The purpose of the master's thesis: the development of software and hardware for monitoring the radiation situation in the area of influence of radiation-hazardous objects using the technology of the Internet of Things.

The object of research is the processes of monitoring the radiation situation in the area of influence of radiation-hazardous objects.

The subject of research is methods, models, algorithms and means of monitoring the radiation situation in the area of influence of radiation-hazardous objects.

Scientific novelty: for the first time a software and hardware complex of monitoring of radiation situation in the zone of influence of radiation-dangerous objects with the use of Internet of Things technologies, which meets the requirements of autonomy, reliability and mobility, can be both stationary and installed on UAVs;

the information technology of transmission of the array of the measured information through the VHF radio channel is improved;
GIS technology for displaying data on the state of radiation pollution in areas affected by radiation-hazardous objects has been further developed.

Practical significance: as a result of solving the scientific-applied problem the element base was selected and software was developed for data collection of radiation situation and atmospheric state in the zone of influence of radiation-dangerous objects that can be used for formation of mobile wireless sensor network for radiation situation monitoring. in the area of influence of radiation-hazardous objects.

Keywords: radiation background, monitoring, database, web-interface, Geiger-Mueller counter, microcontroller, Arduino Nano, ESP8266.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ’ЄКТІВ	11
1.1. Аналіз існуючих систем моніторингу радіаційних параметрів	11
1.1.1 Вимірювач-сигналізатор пошуковий мікропроцесорний ІСП-PM1401MA	11
<u>1.1.2 Дозиметр-радіометр УДКГ-PRO</u>	<u>14</u>
1.1.3 Система дистанційного радіаційного контролю "ПУЛЬС-1"	17
1.1.4 Дозиметр-радіометр МКС-05	20
1.2 Порівняння систем-аналогів	24
1.3 Обґрунтування доцільності розроблення й впровадження електронної системи моніторингу	26
1.4 Формулювання завдань дипломної роботи	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ.....	29
2.1 Розробка структурної схеми	29
2.2 Вимоги до апаратної частини	29
2.3 Вибір елементної бази	30
2.3.1 Вибір мікроконтролера для модуля збору даних	31
2.3.2 Вибір датчика радіації	41
2.3.3 Вибір інших комплектуючих	43
2.4 Розробка принципової електричної схеми програмно-апаратного комплексу.....	46
2.4.2 Принципова схема Модулю збору даних	46
2.4.3 Принципова схема Модулю-репітера	47
2.5 Реалізація апаратної частини	48
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОДУ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ	50
1. 3.2 Огляд можливих середовищ та мов у яких можливо реалізувати програмну частину	50
<u>3.1.1 Мова програмування C++ та framework Wiring</u>	<u>50</u>
<u>3.1.2 Arduino IDE</u>	<u>50</u>
3.1.3 Реалізація програмної частини в Arduino IDE.....	51
3.2 Вибір бібліотек.....	51
3.3 Розробка алгоритмів програм для мікроконтролерів.....	53
3.3.1 Вимоги до програми мікроконтролера модулю збору даних	53
3.3.2 Вимоги до програми мікроконтролера модулю репітера.....	55
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	62
Код програми Модулю збору даних.....	62
Код програми Модулю передачі даних в інтернет	68

ВСТУП

Створення програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів є актуальним завданням для територій біля атомних електростанцій (АЕС), підприємств Радон, радіоактивних могильників та підприємств, що працюють з джерелами іонізуючого випромінювання. Для вирішення задач радіаційного спостереження використовуються різноманітні комплекси моніторингу. Ці комплекси повинні виконувати задачі вимірювання різних типів випромінювання (α , β , γ), реєстрацію відхилень радіаційного фону від норми, передачі, зберігання та обробки даних моніторингу.

Моніторинг радіаційної обстановки є важливим заходом для забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини. Збільшення радіаційного фону викликає різноманітні радіобіологічні ефекти, як стохастичні (що не мають дозового порогу виникнення), так і детерміновані (тяжкість ефекту яких залежить від отриманої дози). Також, рівень забезпечення радіаційного захисту повинен розумно поєднуватися з економічними та соціальними факторами і зумовлюватися відомим принципом максимальної користі при мінімізації шкоди.

Система радіаційного моніторингу повинна забезпечити ефективний та достатній збір інформації про радіаційну обстановку в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів для забезпечення можливості завчасного попередження людей на потенційно небезпечній території.

За минулі роки було розроблено сотні приладів подібного принципу моніторингу, які можна поділити на пристрої періодичної та неперервної дії. Останнім часом в більшості використовуються пристрої неперервного збору та оброблення інформації, оскільки від них залежить радіаційна безпека. Зазвичай останнім часом подібні системи базуються на симбіозі різноманітних датчиків, мікроконтролерів та технологій інтернету речей (ІОТ).

Таким чином, актуальним є **науково-прикладне завдання** - підвищення рівня радіаційної безпеки за рахунок розробки програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

Мета магістерської роботи: розробка програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

Об'єкт дослідження процеси моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Предмет дослідження є методи, моделі, алгоритми і засоби моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Проведення аналізу та оцінки існуючих методів, алгоритмів, процедур, засобів та програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

2. Постановка наукового завдання щодо розробки програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

3. Розробка моделі програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів за рахунок використання технологій Інтернету речей.

4. Розробка програмного додатку для програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

5. Розробка рекомендацій щодо впровадження програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей та щодо техніки безпеки його використання.

Наукова новизна: *вперше* розроблено програмно-апаратний комплекс моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей, що відповідає вимогам автономності, надійності та мобільності, може бути як стаціонарним так і встановленим на БПЛА;

удосконалено інформаційну технологію передачі масиву вимірної інформації через УКВ радіоканал;

отримала подальший розвиток ГІС технологія відображення даних про стан радіаційного забруднення територій в зоні впливу радіаційно небезпечних об'єктів.

Практична значимість: в результаті вирішення науково-прикладного завдання здійснено вибір елементної бази та розробка програмного забезпечення для збору даних радіаційної обстановки та стану атмосфери в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів, що можуть бути використані для формування мобільної безпроводної сенсорної мережі для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів.

Методологічно-теоретичною основою є теорія обробки інформації, теорія кодування, основи електротехніки та електроніки, теоретичні основи систем зв'язку, бездротові системи передачі даних.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення та результати наукової роботи були викладені у вигляді доповіді на III Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій актуальним проблемам розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій, яка проходила 25–26 січня 2021 р. на базі кафедри інформаційних систем Національного університету харчових технологій (Київ, Україна).

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота містить титульний аркуш, завдання, анотацію, зміст, перелік умовних позначень, основну частину, список використаних джерел і три додатки. Основна частина складається зі вступу, трьох розділів та висновків. Повний обсяг магістерської роботи становить 85 сторінок, у тому числі 60 сторінок основного тексту, 35

рисунків, 5 таблиць, 1 сторінку анотації, 1 сторінку списку використаних джерел (17 найменувань), двох додатків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Аналіз існуючих систем моніторингу радіаційних параметрів

Технічний прогрес в області електроніки та мікропроцесорної техніки призвів до доступності одно кристальних ЕОМ, що дозволяє будувати малогабаритні блоки на їх базі, з можливістю розширювати їх функціонал за потребою.

Для кращого розуміння принципу роботи та можливостей систем радіаційного моніторингу розглянемо існуючі системи на ринку, а саме системи:

1. ИСП-PM1401MA-01 (PM1401MB);
2. УДКГ-PRO;
3. ПУЛЬС-1;
4. МКС-05.

1.1.1 Вимірювач-сигналізатор пошуковий мікропроцесорний ИСП-PM1401MA

Вимірювач-сигналізатор пошуковий ИСП-PM1401MA-01 - це високочутливий компактний пошуковий прилад, призначений для виявлення та локалізації радіоактивних матеріалів. У приладі передбачені два режими роботи: пошук радіоактивних джерел за їх зовнішнім гамма випромінювання і оцінка рівня випромінювання в мкЗв / год (по лінії ^{137}Cs в колімірованним випромінюванні).

Основні характеристики:

- Сцинтиляційне детектор CsI (Tl);
- Вбудована звукова і світлова сигналізація;
- Зовнішня вібраційна сигналізація;

- Незалежна пам'ять;
- Зв'язок з персональним комп'ютером по інфрачервоному каналу;
- Металевий удароміцний корпус;
- Мала вага і невеликий розмір;
- Простота використання.

При включенні або по команді користувача прилад автоматично вимірює і запам'ятовує радіаційний фон в зоні контролю. Надалі він негайно реагує навіть на незначне перевищення величини фону, сповіщаючи про це звуковим, світловим і / або вібраційним сигналом для прихованого виявлення або роботи в місцях з підвищеним рівнем шуму. Ця функція забезпечує адекватну автоматичну адаптацію приладу до зміни рівня фону і спрощує локалізацію радіоактивного джерела в умовах підвищеної інтенсивності вивчення (локалізація точкового джерела на тлі розподіленого радіоактивного джерела).

В енергонезалежній пам'яті приладу зберігається історія його роботи, в тому числі факт і час спрацьовування, рівень його перевищення по відношенню до встановленого порогу, а також інформація про стан параметрів вимірювача-сигналізатора. Ця інформація може бути передана в персональний комп'ютер по інфрачервоному каналу зв'язку для подальшої обробки, аналізу і контролю.

На додаток до функцій базової моделі ІСП-РМ1401МА, ІСП-РМ1401МА-01 може також використовуватися для проведення первинної радіоізотопної ідентифікації. ІСП-РМ1401МА-01 оснащений модулем Bluetooth для бездротового віддаленого обміну інформацією між радіаційним детектором і кишеньковим персональним комп'ютером (КПК) або ноутбуком. ІСП-РМ1401МА-01 накопичує гамма спектр виявленого джерела і передає його по Bluetooth на КПК для аналізу спектра і проведення радіоізотопної ідентифікації за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення PoliIdentify. Bluetooth модуль і двокомпонентна (радіаційний детектор і КПК) конструкція дозволяє користувачеві перебувати на безпечній

відстані від радіоактивного джерела під час роботи. Таким чином, забезпечується додатковий ступінь захисту персоналу, який проводив радіаційне розслідування.

Технічні характеристики RadSpace:

Детектор гамма-випромінювання: CsI (Tl);

Чутливість по лінії ^{137}Cs , не менше: $100 (z-1) / (\text{мкЗв} / \text{год})$;

Чутливість по лінії ^{241}Am , не менше: $100 (z-1) / (\text{мкЗв} / \text{год})$;

Чутливість гамма-випромінювання: 0.033 - 3.0 MeV;

Діапазон індикації потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання: 0.01 - 99.99 мкЗв / год;

Межа основної відносної похибки вимірювання ПЕД: $\pm 30\%$ (в діапазоні 0.1 - 70 мкЗв / год (10 - 7000 мкР / год));

Час вимірювання 0.25 с;

Радіоізотопна ідентифікація з використанням Bluetooth з'єднання з КПК або смартфоном;

Кількість подій історії роботи приладу в незалежній пам'яті: 1000;

Ступінь захисту корпусу приладу: IP65;

Прилад міцний до падіння на бетонну підлогу з висоти 1.5 м;

Живлення приладу одна АА батарея;

Час безперервної роботи приладу від одного елемента живлення, не менше: до 1000 годин;

Діапазон робочих температур: -30°C до 50°C .

Габарити (без захисного чохла): 103 x 57 x 32 мм;

Маса (Без захисного чохла): 280 г;

Зв'язок з ПК ІК, Bluetooth.

На рис. 1.1 зображено інтерфейс системи PoliIdentify.

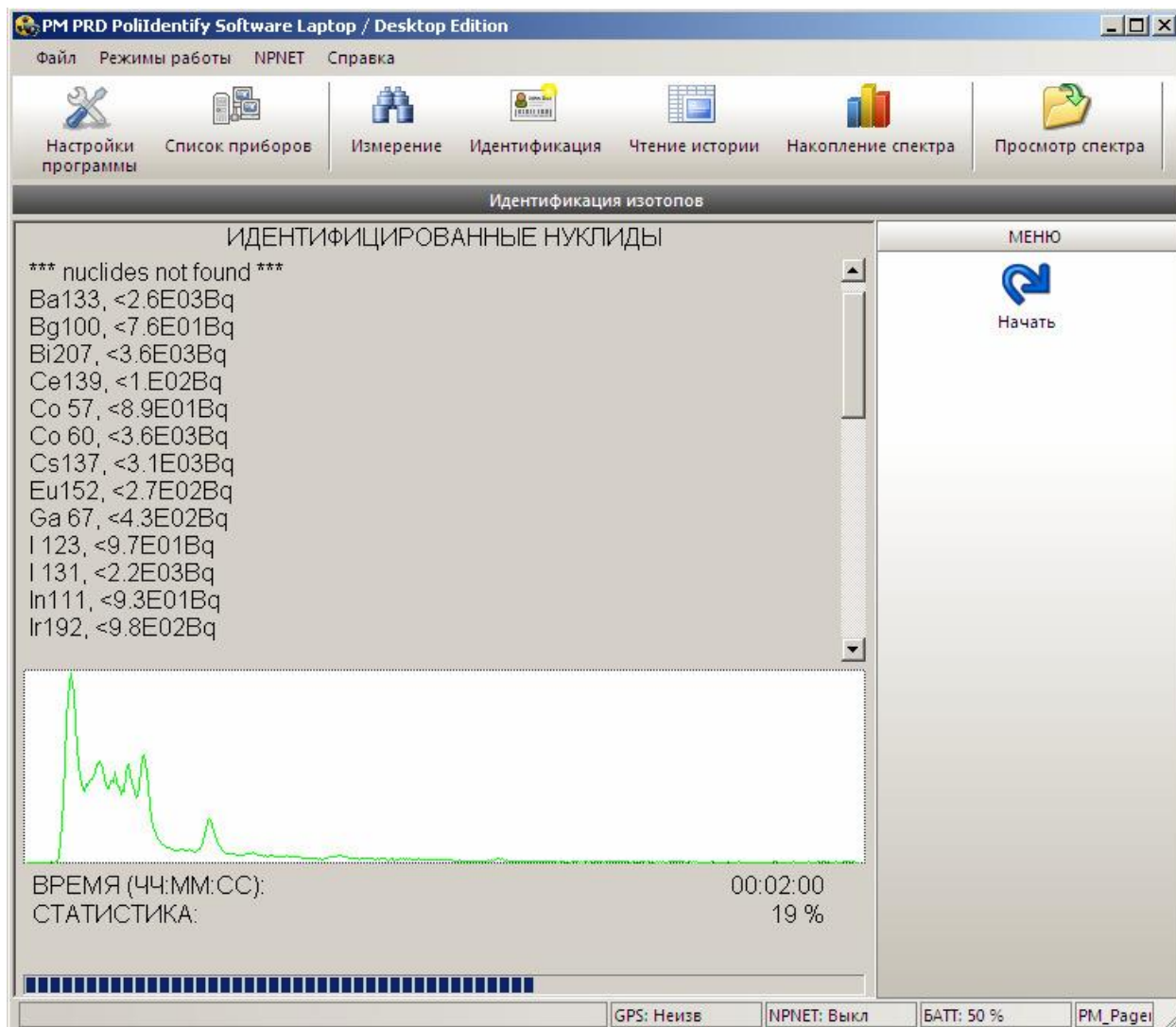


Рис. 1.1 Вікно програми для PM1401MB “PoliIdentify”

1.1.2 Дозиметр-радіометр УДКГ-PRO

УДКГ-PRO –дозиметр, що працює зі смартфонами та планшетами на ОС Android по каналу Bluetooth. Прилад призначений для вимірювання рівня радіації та дози. УДКГ-PRO неперервно передає результати вимірювання на смартфони і планшети на ОС Android в режимі реального часу. За допомогою програмного забезпечення інформація обробляється на смартфоні чи планшеті, відображається в зручному для користувача вигляді та зберігається в спеціальній базі даних для подальшого перегляду.

Вимірювання радіації відбувається в реальному часі, воно ніяк не впливає на використання смартфона чи планшета за прямим призначенням. Щоб не наражатись на опромінення, за допомогою УДКГ-PRO можна

вимірювати радіацію дистанційно. Про небезпечний рівень радіації УДКГ-PRO повідомить звуковим сигналом та вібрацією. УДКГ-PRO має автономне живлення, тому не використовує батарею смартфона чи планшета.

На рис. 1.2 зображено вікно програми GS Ecotest

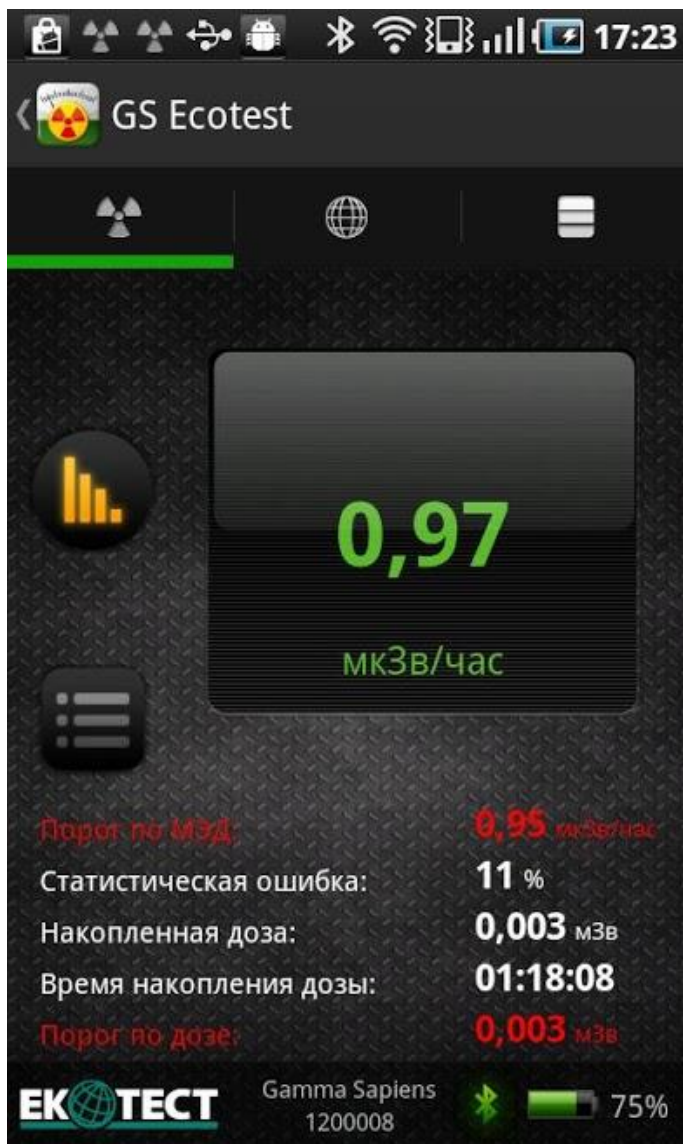


Рис. 1.2 Вікно програми GS Ecotest

Технічні характеристики УДКГ-PRO:

- Діапазон енергій гамма-випромінювання: 0,1 – 9999 мкЗв/год;
- Границя допустимої відносної основної похибки при вимірювання ПАЕД гамма-випромінювання з довірчою імовірністю 0,95 (калібрування по¹³⁷Cs): $15+2/N^*(10)\%$, де $N^*(10)$ – числове значення ПАЕД, еквівалентне мкЗв/год

- Діапазон вимірювань АЕД гамма-випромінення: 0,001 – 9999 мЗв;
- Границя допустимої відносної основної похибки при вимірюванні АЕД гамма-випромінення з довірчою імовірністю 0,95: $\pm 15\%$;
- Діапазон енергій гамма-випромінення, що реєструється: 0,05–3,00 МеВ;
- Загальна номінальна напруга живлення детектора від двох гальванічних елементів типорозміру ААА: 3,0 В;
- Габаритні розміри детектора, не більше: 19x40x95 мм;

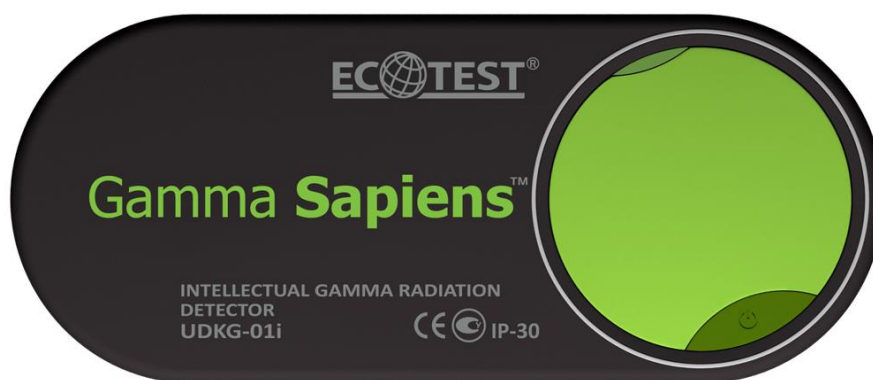


Рис. 1.3 Зовнішній вигляд УДКГ-PRO

1.1.3 Система дистанційного радіаційного контролю "ПУЛЬС-1".

Система дистанційного радіаційного контролю призначена для отримання оперативної інформації про радіаційну обстановку в довільно розташованих точках контролю по радіоканалу Bluetooth.

У складі системи:

- Дозиметри «ПУЛЬС-1» в кількості від 1 до 7, постійно передають дані по радіоканалу Bluetooth;
- Кишеньковий комп'ютер або ноутбук, який приймає дані по радіоканалу Bluetooth з усіх точок контролю в радіусі 100м;
- Програмне забезпечення, яке проводить безперервний моніторинг всіх дозиметри, виявлення аномалій і звукову сигналізацію.

Всі складові частини системи мають автономне живлення і дозволяють швидко розгорнути мережу спостереження.

Комп'ютер приймає дані від кожного дозиметра незалежно і для кожного з них будує графіки фону і аномалій. Крім того, у всіх дозиметри постійно контролюється температура, напруга акумулятора, якість прийому радіосигналу, величина прискорення. Вся отримана інформація зберігається в локальній БД на комп'ютері.

Оснащення дозиметрами «ПУЛЬС-1» роботів-розвідників дає велику перевагу при визначенні масштабів радіаційної аварії та її ліквідації. Установка системи дистанційного радіаційного контролю на радіокерованих рухомих засобах (сухопутних або плавучих) дозволяє провести картування забруднених територій, скоротивши ризик опромінення персоналу.



Рис. 1.4 Сигналізатор мобільний «ПУЛЬС-1»

Технічні характеристики дозиметра «ПУЛЬС-1»:

- Для кожного дозиметра реалізована можливість бездротового підключення до будь-якого комп'ютера (стаціонарний, ноутбук, кишеньковий комп'ютер, комунікатор, планшетний, нетбук).

Клас приймально-передавача Bluetooth, - Class1 (дальність дії 100м).

Діапазон чутливості до гамма-випромінювання, MeV - 0.05 ... 3.0;

- Чутливість - 800 с⁻¹ / мкЗв / год (по Cs-137);
- Робочий діапазон потужності еквівалентної дози, мкЗв / год, - 10⁻² ...

103;

- Матеріал детектора - NaI Ø30x70 мм;
- Робочий діапазон температур оС, - -30 ... + 50;

- Діапазон температур, вимірюваних вбудованим датчиком оС, - -40 ... + 70;

- Клас захисту корпусу дозиметра - IP65;

- Час безперервної роботи в режимі очікування від вбудованих акумуляторів - 50 год .;

- Автоматичне відключення при розряді акумуляторів;

- Споживання енергії, Вт, не більше:

- від вбудованих акумуляторів - 0,5

- від мережі - 5;

- Габаритні розміри, мм, не більше 163x56x44

- Маса, г, не більше - 500.

- Для кожного дозиметра реалізована можливість бездротового підключення до будь-якого комп'ютера (стаціонарний, ноутбук, кишеньковий комп'ютер, комунікатор, планшетний, нетбук).

- Клас приймально-передавача Bluetooth, - Class1 (дальність дії 100м).

- Діапазон чутливості до гамма-випромінювання, MeV - 0.05 ... 3.0;

- Чутливість - 800 с-1 / мкЗв / год (по Cs-137);

- Робочий діапазон потужності еквівалентної дози, мкЗв / год, - 10-2 ...

103;

- Матеріал детектора - NaI Ø30x70 мм;

- Робочий діапазон температур С, - -30 ... + 50;

- Діапазон температур, вимірюваних вбудованим датчиком С, - -40 ... +

70;

- Клас захисту корпусу дозиметра - IP65;

- Час безперервної роботи в режимі очікування від вбудованих акумуляторів - 50 год .;

- Автоматичне відключення при розряді акумуляторів;

- Споживання енергії, Вт, не більше:

- від вбудованих акумуляторів - 0,5

- від мережі - 5;

- Габаритні розміри, мм, не більше 163x56x44
- Маса, г, не більше - 500.



Рис. 1.5 Интерфейс программы мониторингу «ПУЛЬС-1»

1.1.4 Дозиметр-радиометр МКС-05

Це професійний прилад для здійснення офіційних замірів, який вимірює рівень гамма-фону, бета-забруднення, накопичену дозу та час її накопичення. Оперативна оцінка гамма-фону здійснюється протягом 10 секунд. За допомогою програми GS Ecotest результати вимірювань передаються по каналу Bluetooth на смартфони та планшети на ОС Android в режимі реального часу. Програма GS Ecotest доступна на Google Play. Також дозиметр має зв'язок з персональним комп'ютером.



Рис. 1.6 Зовнішній вигляд МКС-05

ТЕРРА з Bluetooth-каналом має великий дисплей з люмінесцентною підсвіткою, на якому одночасно відображаються одиниці вимірювань, похибки вимірювань, пороговий рівень та реальний час, а також аналоговий десятисегментний індикатор інтенсивності реєстрованого випромінення. В дозиметрі є вбудована пам'ять на 1200 вимірювань. Для зручності користування передбачено звукову, вібраційну та звуко-вібраційну сигналізацію.

Для роботи з дозиметром-радіометром МКС-05 „ТЕРРА” розроблено нове програмне забезпечення «RadReader».

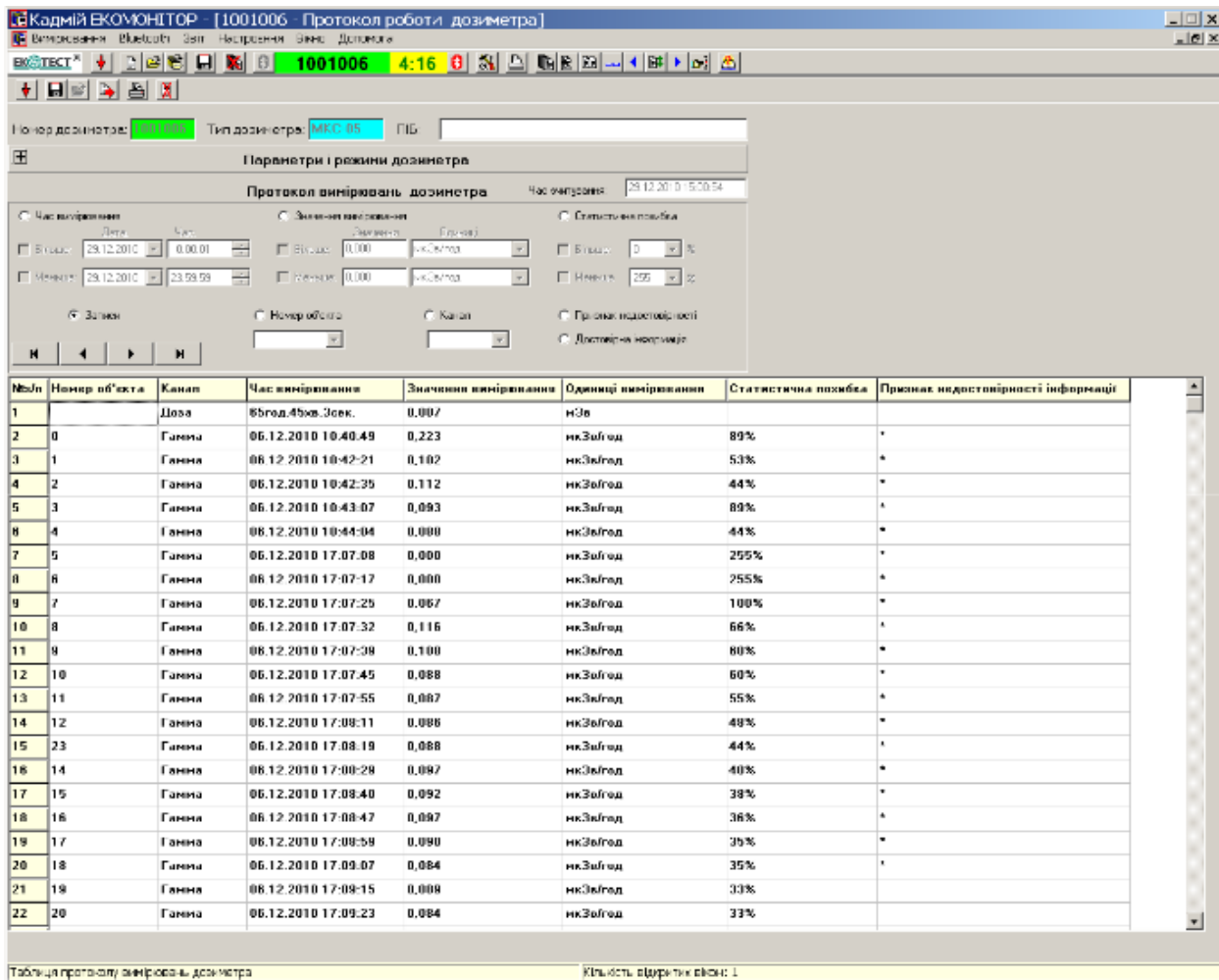


Рис. 1.7 Вікно програми “Кадмій ЕКОМОНІТОР”

Особливості:

- Великий індикатор з люмінесцентною підсвіткою.

Одночасне відображення на індикаторі одиниць вимірювань, похибки вимірювань, порогового рівня та реального часу.

Аналоговий десяти сегментний індикатор інтенсивності реєстрованого випромінювання.

Можливість здійснення вимірювань з наперед запрограмованою похибкою.

Чотирьохрівнева індикація ступеню розрядження батареї живлення.

Наявність вбудованої пам'яті на 1200 вимірювань.

Режим зв'язку з ПК по каналу Bluetooth.

Наявність п'яти незалежних вимірювальних каналів з почерговим виведенням інформації на один рідкокристалічний індикатор.

Вмонтований гамма-, бета-чутливий лічильник Гейгера-Мюллера.

Оперативна оцінка гамма-фону протягом 10 секунд.

Автоматичне віднімання гамма-фону при вимірюванні бета-забрудненості.

Усереднення результатів вимірювань з можливістю ручного та автоматичного його переривання.

Автоматичний вибір інтервалів та діапазонів вимірювань.

Звукова, вібраційна або звуко-вібраційна сигналізація кожного зареєстрованого гамма-кванта чи бета-частинки з можливістю її відключення.

Двотональна звукова, вібраційна або звуко-вібраційна сигналізація перевищення запрограмованих порогових рівнів.

Два гальванічні елементи живлення типорозміру ААА.

Ударостійкий корпус.

Малі значення масогабаритних параметрів.

Енергетичні діапазони вимірювань та енергетична залежність:

- Енергетичні діапазони вимірювань та енергетична залежність гамма- та рентгенівського випромінювань: 0,05...3,0 МеВ; $\pm 25\%$;

Енергетичні діапазони вимірювань та енергетична залежність бета-випромінення: 0,5...3,0 MeV;

Дискретність програмування порогових рівнів: 0,01 мкЗв/год;

Час безперервної роботи від нових елементів живлення: 2 000 годин;

Діапазон робочих температур: -20...+50 °С;

Маса 0,2 кг;

Габарити 55×26×120 мм.

1.2 Порівняння систем-аналогів

Системи-аналоги порівнюються за такими характеристиками:

Масштабованість – можливість додавання нових функцій в ІС або зміни деяких існуючих функцій та модулів, при цьому решта функціональних частин ІС мають залишатися незмінними

Рівень складності масштабованості необхідний рівень знань для розширення системи

Мобільність – можливість перенесення програм і даних при модернізації або заміні апаратних платформ ІС і можливість роботи після цього користувачів без їх перепідготовки

Розподіленість – можливість роботи з системою віддалено через мережу Інтернет.

Можлива децентралізація здатність системи працювати без централізованого вузла, або мати декілька централізованих вузлів

Точність вимірювання – фізичні можливості датчиків температури та вологості.

Наявність Бази даних забезпечує можливість зберігання даних у БД в електронному вигляді.

Автоматичне формування звітів формування звітів за період .

Наявність довідкової системи дозволяє користувачу програми без сторонньої допомоги використовувати функції ІС.

Облік модулів (датчиків) дозволяє відстежувати встановлені, активні датчики.

Захист доступу до даних необхідно ввести логін та пароль для входу в систему

Ціна продукту.

Операційні системи, що підтримують додаток.

Вид мережевої версії.

Засіб передачі інформації, що використовується в системі

Вага, програмно апаратного комплексу, що збирає і передає данні

Автономність, час роботи системи без зовнішнього блоку живлення

Дальність дії передатчика, радіус зв'язку з датчиками

Результати порівняння систем-аналогів представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Порівняння систем-аналогів

Характеристика	ИСП-РМ1401МА-01	УДКГ-PRO	ПУЛЬС-1	МКС-05
Масштабованість	+	-	+	+-
Рівень складності масштабованості	низький	-	середній	-
Мобільність	-	+	+	+
Розподіленість	+	-	+	-
Можлива децентралізація	+	+	+	+
Точність вимірювання	+	+	+	+
Наявність Баз даних	+	+	+	+
Автоматичне формування звітів	+	+	+	+
Наявність довідкової системи	+	+	+	+
Вага	0,27 кг	0,1 кг	0,5 кг	0.2 кг
Облік модулів	+	+	+	+
Захист доступу до даних	+	+	+	+
Операційні системи	Windows	Windows, Android	Windows	Windows, Android
Засіб передачі	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth

інформації				
Радіус дії передатчика	10м	10м	100м	10м
Автономність	1000 год	1000 год	50 год	2000 год
Мережева версія	«клієнт сервер»	«клієнт сервер»	«клієнт сервер»	«клієнт сервер»
Ціна продукту		5000 грн		11000 грн

З приведених систем найкраще себе показала система УДКГ-PRO та ПУЛЬС-1.

Недоліками УДКГ-PRO є малий радіус передачі даних та недостатня масштабованість.

Недоліками ПУЛЬС-1 є велика ціна.

У результаті аналізу вище розглянутих систем приходимо до висновку, що необхідність розробити власну систему.

1.3 Обґрунтування доцільності розроблення й впровадження електронної системи моніторингу

Враховуючи потребу у програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з огляду на основний критерій “ Засіб передачі інформації ” та з економічної точки зору варто розробляти та впроваджувати власну систему.

1.4 Формулювання завдань дипломної роботи

Розробити структурну схему для системи радіаційного моніторингу

Розробити принципову електричну схему для сенсорів системи радіаційного моніторингу

Розробити алгоритм для мікроконтролера

Зібрати дані

Обробити дані

Зробити висновки щодо радіаційного моніторингу

Загальні вимоги до створюваної системи

Необхідно створити систему, яка буде відповідати наступним вимогам:

- Масштабованість
- Мобільність
- Розподіленість
- Можливість децентралізації
- Висока точність вимірювання
- Наявність Бази даних
- Автоматичне формування звітів
- Облік модулів
- Захист доступу до даних
- Підтримка популярними Операційними системами
- Мати клієнт-серверну основу
- Мати низьку ціну порівняно з існуючими системами
- Доступність комплектуючих
- Оптимальна вага та автономність
- Достатній радіус дії передатчика для віддаленого моніторингу.
- Мати достатню точність вимірювань

Отже завданням роботи є вибір елементної бази, а саме: датчиків, мікроконтролерів, засобів зв'язку, написання коду для мікроконтролера в частині збору даних, та налаштування серверної частини для зберігання та оброблення даних.

Висновки до розділу 1.

В першій частині було порівняно декілька датчиків радіаційного випромінювання, які можна використовувати для віддаленого радіаційного моніторингу. У порівнянні було виявлено, що наявні системи не відповідають

заданими характеристиками, а саме радіусу передачі даних, масштабності та ціні, тому є доцільним створення власного програмно-апаратного комплексу для радіаційного моніторингу. Було сформульовано вимоги для розробки системи.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

2.1 Розробка структурної схеми

На рис. 2.1 зображено структурну схему програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки.



Рис. 2.1 Структурна схема програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки

2.2 Вимоги до апаратної частини

Вимоги до апаратного забезпечення модулю збирання даних:

- Мінімальне споживання електроенергії модулем
- Висока відмовостійкість
- Низька напруга живлення (до 5в)
- Компактність
- Точність вимірювання радіоактивного фону параметрів атмосфери, геопозиції
- Передача даних через радіоканал до модуля-репітера
- Локальне логування даних (SD CARD)
- Доступність комплектуючих

Вимоги до апаратного забезпечення модулю-репітера:

- Мінімальне споживання електроенергії модулем
- Висока відмовостійкість
- Низька напруга живлення (до 5в)
- Компактність
- Передача даних через Wi-Fi в бота Telegram
- Локальне логування даних (SD CARD)
- Доступність комплектуючих

2.3 Вибір елементної бази

Враховуючи вимоги електронної системи необхідно підібрати комплектуючі. Для реалізації апаратної частини електронної системи моніторингу радіації необхідні наступні комплектуючі:

Модуль 1- апаратна частина для збору даних:

Необхідні комплектуючі:

1. Мікроконтроллер
2. Бездротовий модуль (НС-12)
3. Датчик радіації
4. Датчик для моніторингу стану атмосфери(температура, тиск, вологість)
5. GPS
6. Блок живлення

ВИМОГИ до контролера:

Вага та розмір

- Достатність портів
- Наявність необхідних інтерфейсів
- Достатня продуктивність (швидкодія)
- Оптимальність по ціні

ВИМОГИ до бездротового модулю:

Відправка даних по громадському радіоканалу на відстань сотні метрів

ВИМОГИ до GPS: точність

ВИМОГИ до блоку живлення: оптимальне відношення ємність акб / вага

Модуль 2- апаратна частина для ретрансляції даних в мережу інтернет та виведення інформації на екран оператора

Необхідні комплектуючі:

1. Мікроконтролер
2. Модуль Wi-Fi або Ethernet Shield (для відправлення даних в інтернет)
3. Бездротовий модуль (НС-12) — прийом даних від Модуля 1
4. Модуль відображення інформації

5. Локальний логер інформації (sdcard)

6. Блок живлення

ВИМОГИ до контролера:

- Вага та розмір
- Низьке споживання
- По можливості наявність вбудованого Wi-Fi (ESP8266 має цей інтерфейс, при оптимальній ціні)
- Достатня продуктивність (швидкодія)
- Оптимальність по ціні

ВИМОГИ до бездротового модулю:

Прийом даних по громадському радіоканалу на відстані сотні метрів
(сумісний з модулем блоку 1)

ВИМОГИ до модуля відображення інформації:

Великі літери, читабельність (розмір літери та яскравість).

ВИМОГИ до модуля локального збереження інформації:

Достатньо пам'яті, низьке енергоживлення.

2.3.1 Вибір мікроконтролера для модуля збору даних

Зараз ринок може запропонувати велику кількість мікроконтролерів різних цінових категорій. Найпопулярніші представлені на рис. 2.2 – рис.2.5.

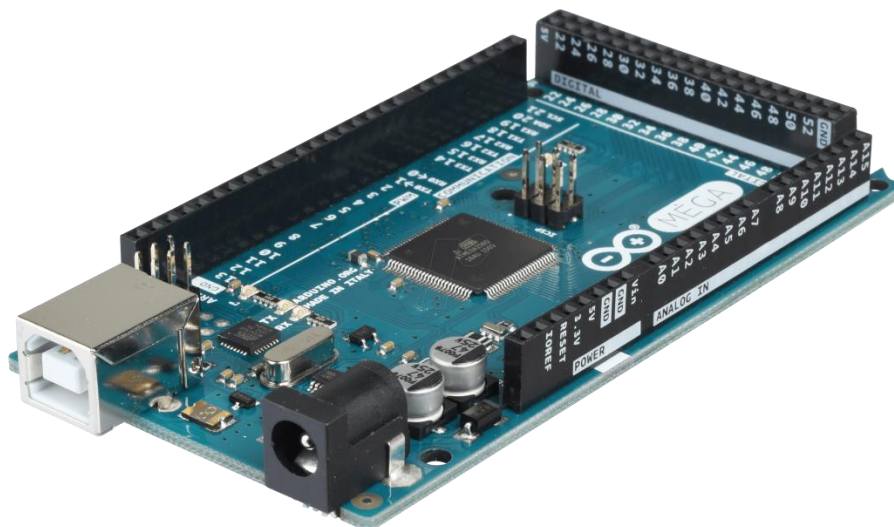


Рис. 2.2 Arduino Mega

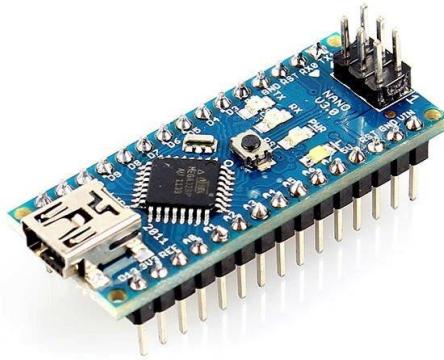


Рис. 2.3 Arduino Nano



Рис. 2.4 Orange pi



Рис. 2.5 Raspberry pi

На рис. 2.3 зображено Arduino Nano V3.0 - невелику самодостатню плату, що сумісна з макетними платами, яка побудована на мікроконтролері ATmega328.

На рис. 2.6 зображено мікроконтролер ESP8266 з модулем Wi-Fi, що підтримує стандарт 802 b,g,n.

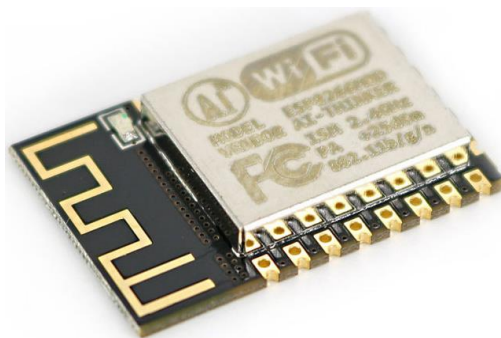


Рис. 2.6 Модуль ESP8266

Основними критеріями вибору мікроконтролеру для основної частини є:

- ✓ Висока відмовостійкість
- ✓ Доступність комплектуючих
- ✓ Низька напруга живлення (до 5в)
- ✓ Мінімальне споживання електроенергії модулем
- ✓ Компактність
- ✓ Низька вартість комплекту
- ✓ Підтримка необхідних інтерфейсів

Основними критеріями вибору мікроконтролеру для приймача є:

- ✓ Висока відмовостійкість
- ✓ Доступність комплектуючих
- ✓ Низька напруга живлення (до 5в)
- ✓ Мінімальне споживання електроенергії модулем
- ✓ Наявність Wi-Fi модуля
- ✓ Компактність
- ✓ Низька вартість комплекту

Необхідні характеристики мікроконтролерів представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Порівняння мікроконтролерів

Мікроконтролер	Наявність Wi-Fi	Напруга живлення	Вартість, грн	Компактність	Цифрових входів	Аналогових входів	Продуктивність	Інтерфейс I2C	Інтерфейс UART	Інтерфейс SPI
Arduino Mega2560	-	5V+	286	-	54	16	16 МГц	+	+	+
Arduino Uno	-	5V+	115	-	14	6	16 МГц	+	+	+
Arduino Nano	-	5V+	115	+	14	8	16 МГц	+	+	+
Orange pi One H3	+	5V+	634	-	40		1.2 ГГц	+	+	+
RASBERRY PI Zero	+	5V+	500	-	40		1 ГГц	+	+	+
ESP8266	+	3.3V+	124	+	14		80 МГц	+	+	+

Отже, оскільки мікроконтролери підтримують необхідні інтерфейси, враховуючи вимоги до вартості найкраще підходить модуль Arduino Nano для основної частини і, через наявність Wi-Fi, ESP 8266 для модуля передачі даних в інтернет.

На рисунку 2.7 зображено платформу Arduino Nano.

На рисунку 2.9 зображена розпіновка виводів мікроконтролера Arduino Nano.

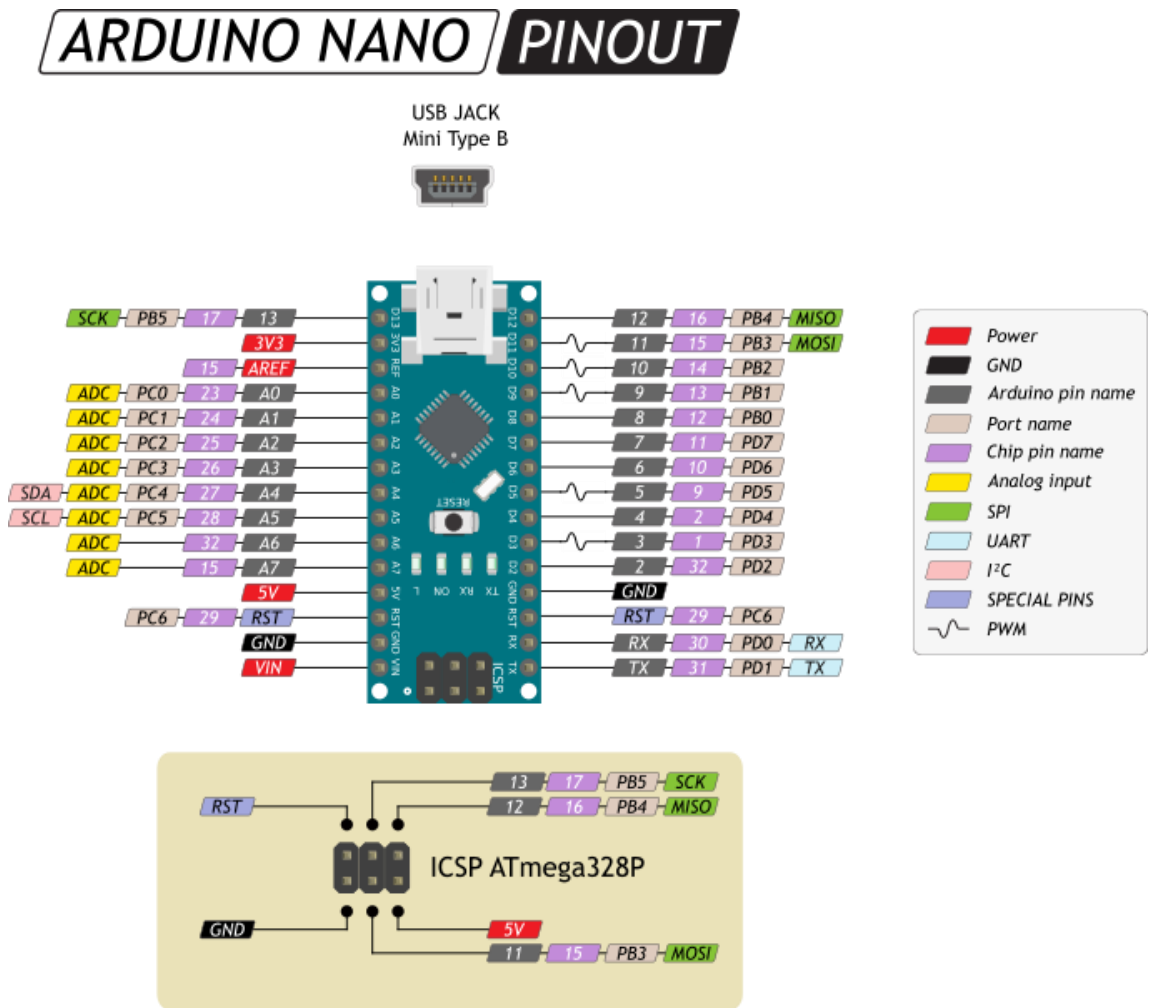


Рис.2.9 Arduino Nano pin out

Частина схеми Arduino Nano біля Atmega328P зображено на рис.2.10.

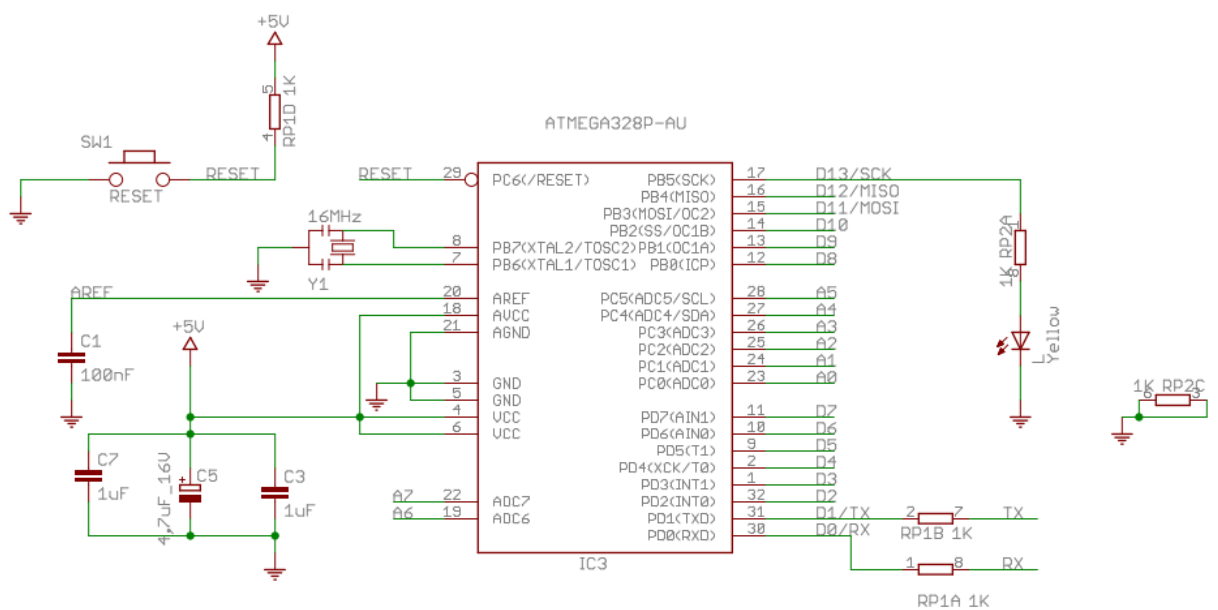


Рис. 2.10 Частина схеми Arduino Nano біля Atmega328P

Arduino Nano - невелика самодостатня плата, сумісна з макетними платами, яка побудована на мікроконтролері ATmega328. Вона в основному збігається за функціональністю з Arduino Duemilanove/Uno, але має інший форм-фактор. Arduino Nano не вистачає тільки роз'єму живлення і замість стандартного, використовує Mini-B USB кабель.

Arduino Nano надає ряд можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, ще одним Ардуіно або іншими мікроконтроллерами. У ATmega168 і ATmega328 є приймач UART, що дозволяє здійснювати зв'язок з послідовним інтерфейсів за допомогою цифрових виводів 0 (RX) і 1 (TX).

У мікроконтролерах ATmega328 і ATmega168 також реалізована підтримка послідовних інтерфейсів I2C (TWI) і SPI. У програмне забезпечення Ардуіно входить бібліотека Wire, що дозволяє спростити роботу з шиною I2C.

Характеристики:

- Мікроконтролер: ATmega328P
- Тип корпусу: TQFP-32
- Робоча напруга: 5В
- Вхідна напруга (рекомендована): 7-12В
- Цифрових входів / виходів: 14 (з яких 6 можуть бути використані як ШІМ)
- Аналогових входів: 8
- Сила струму на входах / виходах: 40 мА
- Сила струму для 3.3В виходу: 50 мА
- Пам'ять: 32 КБ з яких 2кб використовується бутлоадер
- SRAM: 2 КБ
- EEPROM: 1 КБ
- Частота: 16 МГц

ATmega168 і ATmega328 в Arduino Nano випускається з прошитим завантажувачем, що дозволяє завантажувати в мікроконтролер нові програми без необхідності використання зовнішнього програматора. Взаємодія з ним здійснюється за оригінальним протоколу STK500. Проте, мікроконтролер можна прошити і через роз'єм для внутрисхемного програмування ICSP (In-Circuit Serial Programming), не звертаючи уваги на завантажувач.

Архітектура ESP8266

На рисунку 2.11 зображена цоколювка виводів мікроконтроллера ESP8266.

ESP-12E PINOUT

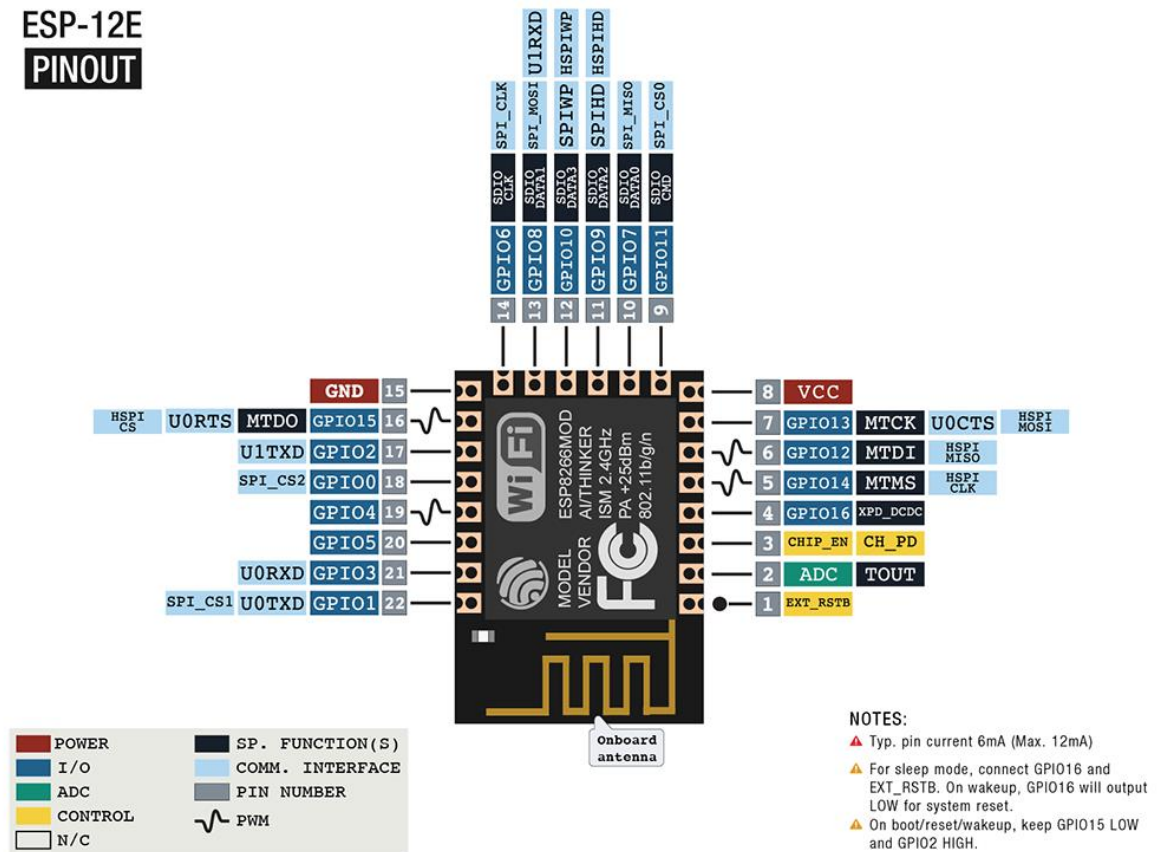


Рис.2.11 ESP8266 pin out

Структурну схему ESP8266 зображено на рис.2.12.

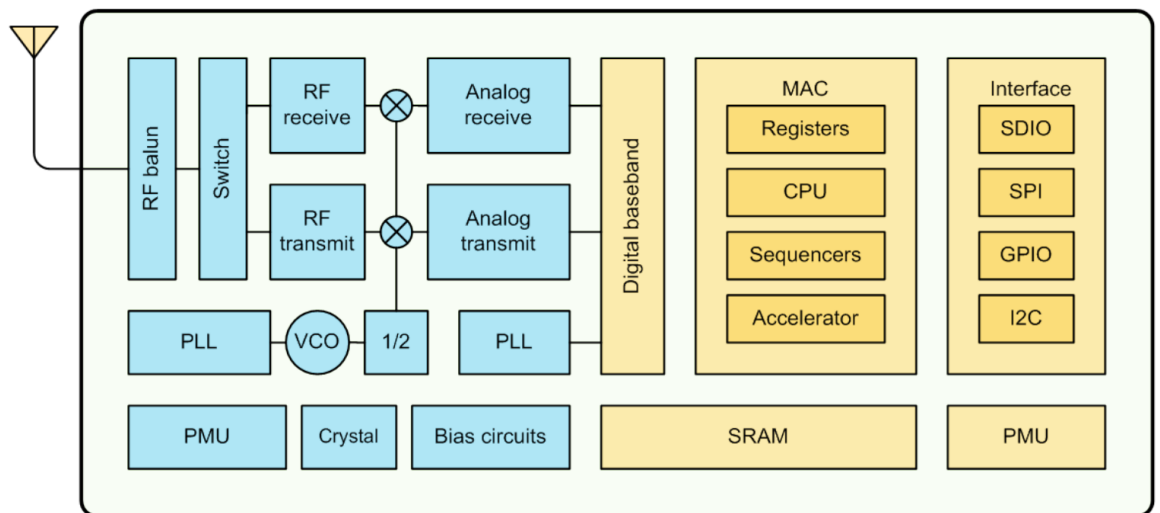


Рис. 2.12 Структурна схема ESP8266

ESP8266 - мікроконтролер китайського виробника Espressif з інтерфейсом Wi-Fi . Крім Wi-Fi мікроконтролер відрізняється можливістю виконувати програми з зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI .

Модуль виконаний у форматі **ESP-12F** і є просунутою версією модуля ESP8266-12 з узгодженим вихідним каскадом і антеною. Особливістю модуля

є більш економічна робота в активному режимі і ультра низьке споживання в сплячому і режимі очікування. На модулі виведені призначені для користувача виходи GPIO, що ще більше розширює можливості побудови на даному модулі систем "розумний будинок" і "розумних речей".

Даний модуль має антену виконану на друкованій платі і підписані виходи, що полегшують його використання. На відміну від молодших моделей має більшу кількість портів GPIO, а також режим сну з низьким споживанням живлення.

Характеристики:

- Модуль: ESP8266MOD
- Сумісність: ESP-12
- Обсяг флеш-пам'яті: 4Мб
- Оперативна пам'ять: 80Кб
- Напруга живлення: 3.3В
- Струм в режимах:
 - Глибокого сну: <10uA
 - Повної зупинки: <5uA
- Робоча частота: 2.4 ГГц
- Потужність випромінювання: + 24dbm
- Порти GPIO: 12
- Тип антени: вбудована, на друкованій платі
- Бездротові режими: точка доступу / softAP / SoftAP + точка доступу;
- Бездротовий протокол: 802.11 b / g / n;
- Підтримка безпеки: Wi-Fi @ 2.4GHz, підтримка WPA / WPA2 режиму безпеки
- Управління: вбудованими AT-командами

Існує два варіанти оновлення прошивки мікроконтролера: підключивши безпосередньо до комп'ютера та оновлення через бездротову мережу Wi-Fi.

OTA якщо бути точнішим FOTA - Firmware Over The Air в перекладі з англійської «прошивки по повітрю» - це офіційне оновлення (прошивки) пристрою за допомогою мережі інтернет.

Це процес завантаження вбудованого програмного забезпечення до модуля ESP за допомогою з'єднання Wi-Fi, а не послідовного порту. Така

функціональність стала надзвичайно корисною у разі обмеженого або відсутності фізичного доступу до модуля.

В таблиці 2.2 відображено за якою адресою в пам'яті знаходяться компоненти прошивки.

Таблиця 2.2 Розподіл пам'яті в мікроконтролері ESP8266

ESP8266			
SMI Flash ROM Layout (без оновлення OTA)			
Адреса	Розмір	Ім'я	Опис
00000h	248k	app.v6.flash.bin	Додаток користувача
3E000h	8k	master_device_key.bin	OTA. Не підтверджено: Не використовується без OTA
40000h	240k	app.v6.irom0text.bin	Бібліотеки SDK
7C000h	8k	esp_init_data_default.bin	Налаштування по замовчуванню
7E000h	8k	blank.bin	Заповнений FFh. Може бути конфігурація WiFi
SPI Flash ROM Layout (з оновленням OTA)			
Адрес	Размер	Ім'я	Опис
00000h	4k	boot.bin	Завантажувач
01000h	64k	app.v6.flash1.bin	Додаток користувача, слот 1
11000h	180k	app.v6.irom0text1.bin	Бібліотеки SDK
3E000h	8k	master_device_key.bin	Ключ пристрою OTA
40000h	4k		Не використовується
41000h	64k	app.v6.flash1.bin	Додаток користувача, слот 2
51000h	180k	app.v6.irom0text1.bin	Бібліотеки SDK, слот 2
7E000h	8k	blank.bin	Заповнений FFh. Може бути конфігурація WiFi

На рис.2.13 зображено схему увімкнення мікроконтролеру ESP8266 відповідно технічної документації від виробника.

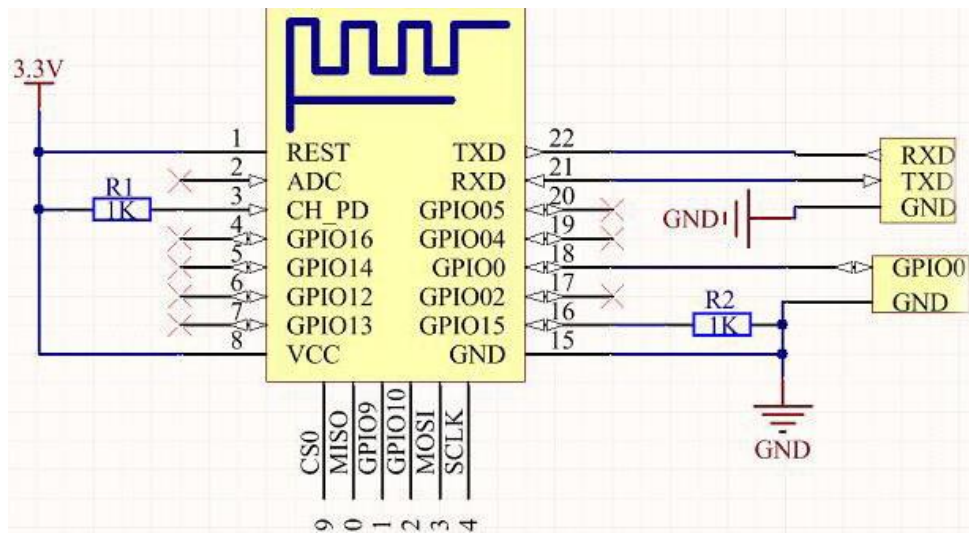


Рис. 2.13 Схема увімкнення ESP826

2.3.2 Вибір датчика радіації

Розглянемо декілька найпопулярніших датчиків Гейгера (J305, M4011, SBM-20), зображені на рис.2.14 – рис 2.16.



Рис. 2.14 Датчик радіації J305



Рис. 2.15 Датчик радіації М4011



Рис. 2.16 Датчик радіації СБМ-20

СБМ-20 – Типовий датчик радянського виробництва. Невелика ціна та більш чутливий до бета-та гамма-випромінювання, ніж більшість інших. СТС-5 - це майже така сама трубка і може бути дешевшою, але має більші габарити. Чутливість до гамма випромінювання ^{226}Ra – 29 cps/mR/hr , до гамма випромінювання ^{60}Co – 22 cps/mR/hr . Робочий діапазон гамма випромінювання - 0.004 – 40 мкР/с. Ціна 20\$, але вона може різнитися, оскільки датчик більше не виготовляється.

M4011 - Скляна трубка, виготовлена у Китаї. Стверджується, що він більш чутливий, ніж СБМ-20. Ця трубка чутлива до світла, що пояснювало б початкові високі показники. Повідомляється, що хороший коефіцієнт перетворення СРМ в мкЗв/год для цієї трубки становить 153,8. Ціна 20\$.

J305 – Скляна трубка. Чутливість до гамма випромінювання ^{137}Cs – 18 cps/mR/hr . Робочий діапазон для гамма випромінювання 20 мР/год ~ 120 мР/год, для бета випромінювання - 100 мР/год ~ 1800 мР/год. Ціна 18\$.

Таблиця 2.3 Порівняння датчиків Гейгера

Датчик	Діапазон	60Co	226Ra	137Cs	Напруга	Опір резистора	Довжина	Діаметр	Ціна
J305	$\beta \gamma$	44		18	380-450	5,1	107	10	18
M4011	$\beta \gamma$	22			360-440	5,1	90	10	20
СБМ20	β	22	29		350-475	5,1	108	11	20

Отже, враховуючи оптимальне відношення за ціною та чутливістю, найкраще підходить J305. Але програмно-апаратний комплекс допускає використання будь-якого з вищенаведених датчиків.

2.3.3 Вибір інших комплектуючих

GPS модуль NEO-6M на базі чіпа NEO-6M є одним з найпоширеніших, точних і надійних. Він забезпечить високу точність позиціонування за допомогою системи глобального позиціонування - GPS. Модуль містить вихід секундних імпульсів, які можна використовувати для синхронізації часу. На платі встановлено акумулятор і EEPROM пам'ять для збереження поточних налаштувань і параметрів, де знаходиться датчик.

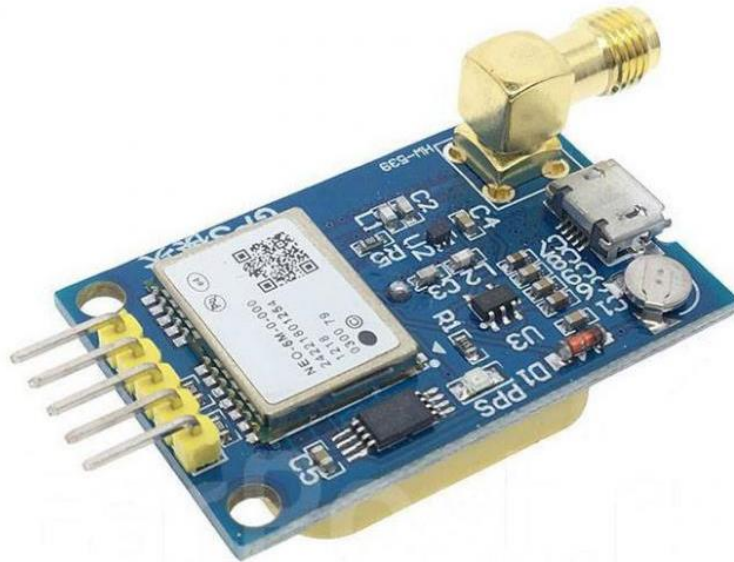


Рис. 2.17 GPS модуль NEO-6M

Модуль зв'язку HC-12 SI4463 на 433МГц з послідовним інтерфейсом, вихідною потужністю до 100мВт і дальністю зв'язку до 1000м. Модуль має великі можливості по конфігурації: можна міняти канал зв'язку, швидкість передачі, вихідну потужність передавача і т.д. Для роботи системи потрібно два таких модуля – для передачі даних і відправки в інтернет.

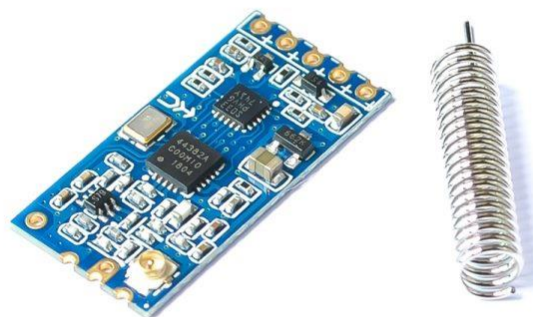


Рис. 2.18 Модуль зв'язку HC-12

Модуль датчика BME280 (температура, вологість, тиск) - нове покоління датчиків тиску, що дозволяють вимірювати не тільки значення атмосферного

тиску, а й температуру і вологість. Датчик характеризується високою точністю вимірювання, високою швидкістю інтерфейсу та малим споживанням. Для підключення використовується I2C.

Характеристики:

- Інтерфейси підключення: I2C
- Максимальна швидкість інтерфейсу: I2C до 3.4МГц
- Межі вимірювання температури: від -40 до 85 градусів
- Точність вимірювання температури: від 0.5 до 1 градуса
- Межі вимірювання вологості: від 0 до 100%
- Точність вимірювання вологості: 3%
- Межі вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа
- Точність вимірювання тиску: 1гПа
- Напруга живлення: від 1.8 до 5 В
- Струм в режимі вимірювання тиску: 714 мкА
- Струм в режимі вимірювання вологості: 340 мкА
- Споживаний струм в режимі вимірювання температури: 350 мкА
- Струм в режимі сну: від 0.1 мкА до 0.5 мкА
- Розміри модуля: 15 x 12 x 3 мм



Рис. 2.19 Модуль датчика BME280

Для живлення обох модулів доцільно взяти зовнішні батареї Power Bank, через їх доступність, зручність підзарядки та заміни. У програмно-

апаратному комплексі використовується модель Xiaomi ZMI QB810 з номінальною ємністю акумулятора 10000 мА*год, оскільки він забезпечить достатньою автономністю системі, при малій ціні та має вагу меншу ніж у конкурентів – 180 грам.



Рис. 2.20 Зовнішня батарея Xiaomi ZMI QB810

2.4 Розробка принципової електричної схеми програмно-апаратного комплексу

Принципова схема містить :

- Датчик радіації
- GPS модуль
- Датчик тиск. температури та вологості
- Модулі радіозв'язку
- Мікроконтролер
- Модуль SD карти
- Блоки живлення

2.4.2 Принципова схема Модулю збору даних

На рисунку 2.21 відображена принципова схема частини збору даних системи моніторингу радіації з датчиком Гейгера

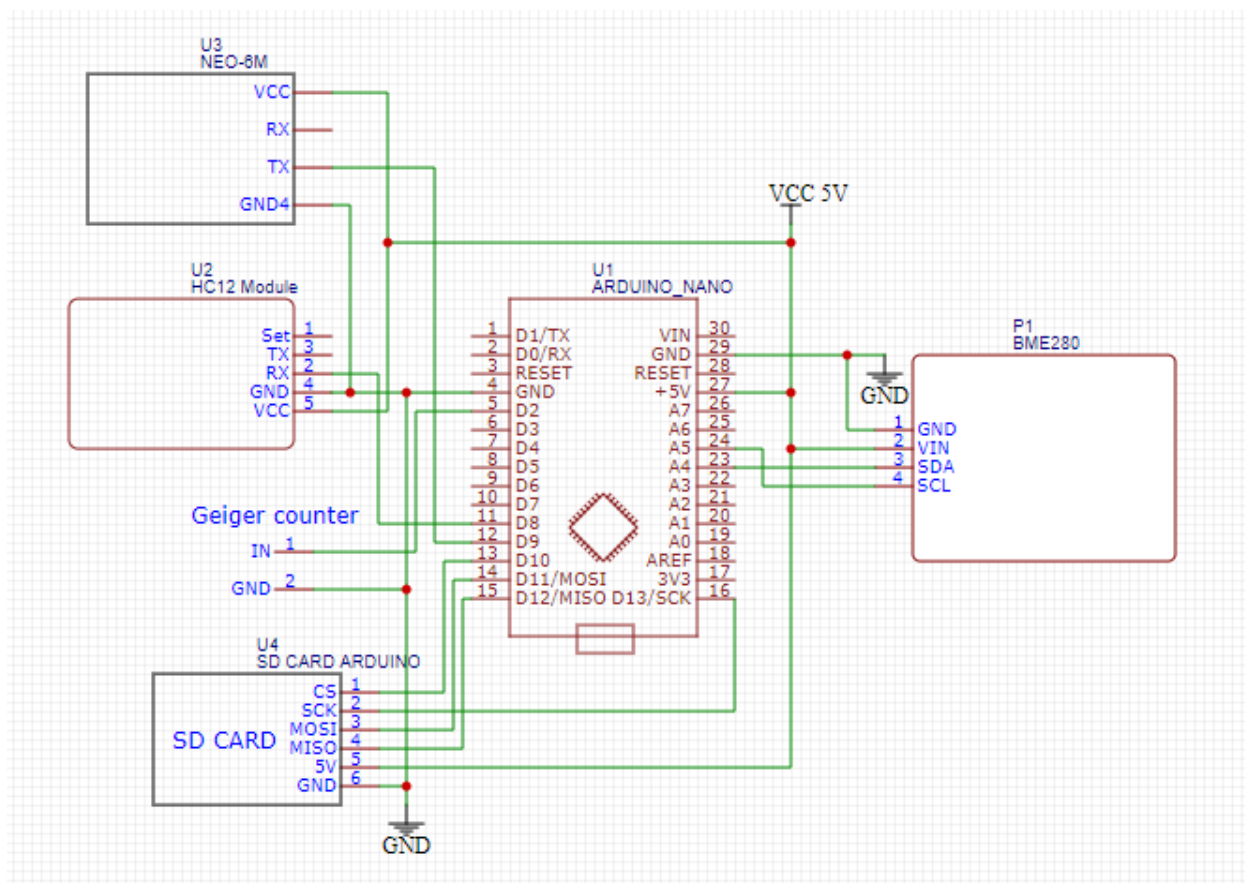


Рис. 2.21 Принципова схема частини збору даних електронної системи моніторингу радіації з датчиком Гейгера

Принципова схема модулю збору даних складається з :

1. Мікроконтролера Arduino Nano
2. GPS модуль NEO-6M
3. Лічильник Гейгера з трубкою J305
4. Радіомодуль HC-12
5. Датчик температури, вологості та тиску BME280
6. Модуль SD карти
7. Блок живлення

2.4.3 Принципова схема Модулю-репітера

На рисунку 2.22 відображена принципова схема другого модулю для прийому даних з системи моніторингу радіації та відправка їх в інтернет.

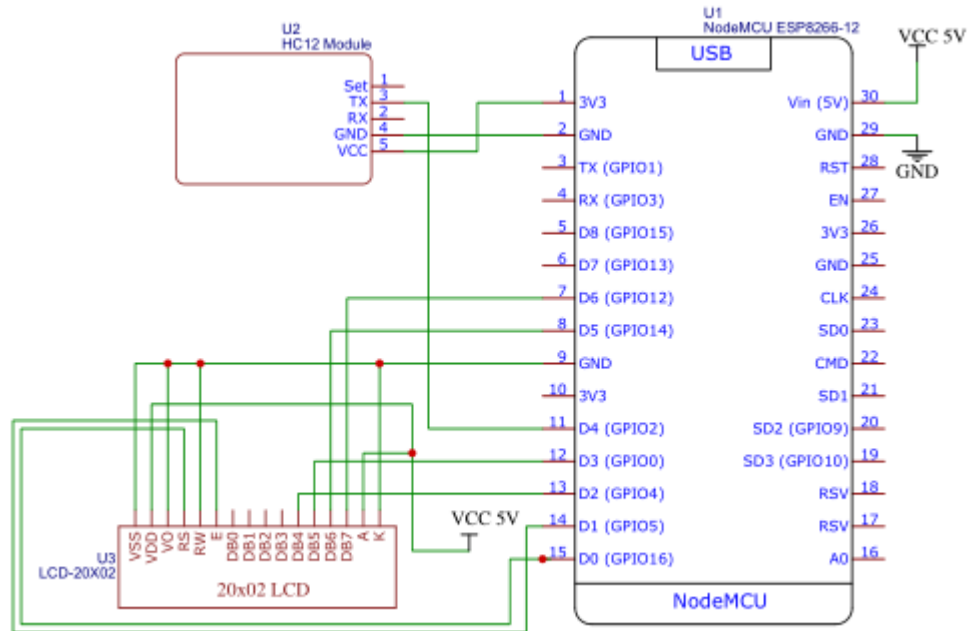


Рис. 2.22 Принципова схема частини прийому та передачі даних в Інтернет

Принципова схема репітера складається з :

1. Мікроконтролера ESP8266-12
2. Радіомодуль HC-12
3. Екран LCD 20x02
4. Блок живлення

2.5 Реалізація апаратної частини

На рис. 2.23 зображено експериментальний зразок апаратної частини програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів

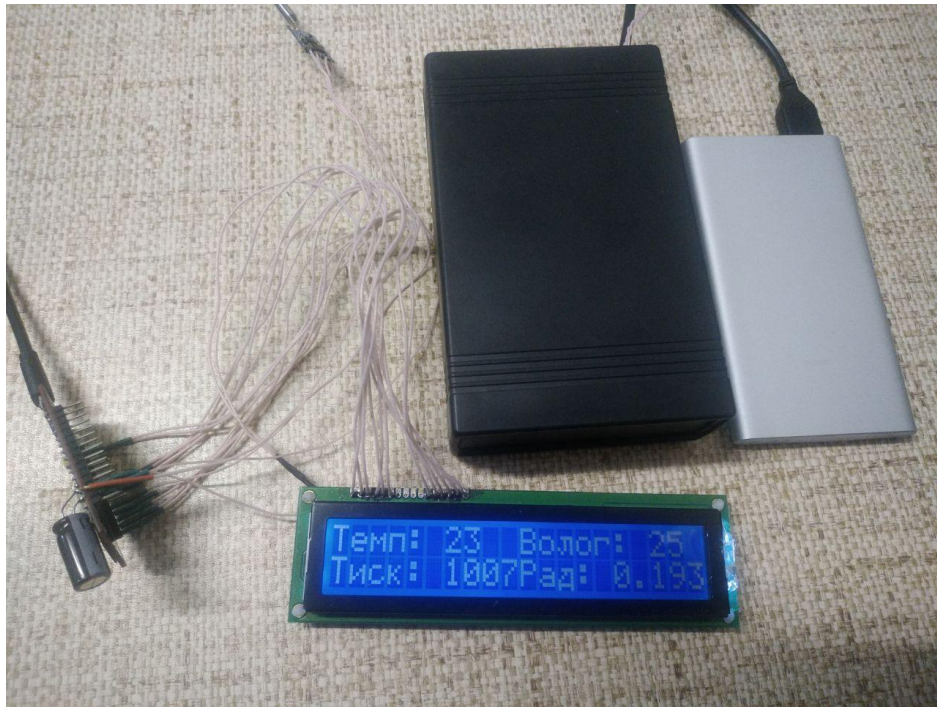


Рис. 2.23 Експериментальний зразок програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів. Датчик радіації у корпусі, репітер без корпусу.

Висновки до розділу 2.

У другій частині магістерської роботи було порівняно та вибрано компоненти для програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів, характеристики яких можуть забезпечити виконання системою поставлених задач. При цьому обрані мікроконтролери підтримують підключення додаткових компонентів, тобто система має потенціал для розширення функціональності.

Обраний датчик радіації відповідає вимогам ціни та точності, але може бути замінений на будь-який наявний, оскільки розроблений комплекс дозволяє його легко замінювати на аналоги.

Були розроблені структурна та принципова схеми системи моніторингу. Використовуючи їх було реалізовано експериментальний зразок комплексу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

3.1 Огляд можливих середовищ та мов у яких можливо реалізувати програмну частину

Arduino Nano та ESP8266 підтримує декілька середовищ та мов програмування. Найбільш розповсюдженими середовищами розробки є ESPLorer, що підтримує мови LUA та MicroPython і Arduino IDE, що підтримує C / C ++.

3.1.1 Мова програмування C++ та framework Wiring

Програми в Arduino IDE пишуться на C / C ++, а компілюються і збираються за допомогою широко відомого **avr-gcc**.

Avr-gcc - набір пакетів програм, необхідних для компіляції з вихідних текстів виконуваного коду програм для процесорів AVR.

Wiring – фреймворк для мікроконтролерів. Wiring, відкритий проект, розроблений Беном Фрі (Fathom) і Кейсі Реасом (UCLA Design | Media Arts). Фреймворк розроблений щоб полегшити створення складних фізичних інтерактивних структур.

Wiring дозволяє писати крос-платформне програмне забезпечення для керування пристроями, що підключаються до широкого кола мікроконтролерів. Бібліотека підтримує багато апаратних архітектур “ядер”. Wiring підтримує ядро AVR8 та будь-яке обладнання на процесорі AVR atmega. Працює на Linux, Mac OS X і Windows. Моє понад 100 бібліотечних розширень.

3.1.2 Arduino IDE

Програмне забезпечення Arduino із відкритим вихідним кодом (IDE) дозволяє легко писати код та завантажувати його в мікроконтролер . Він працює на Windows, Mac OS X і Linux. Arduino IDE написана на Java.

Головне вікно програми Arduino IDE зображене на рисунку 3.1

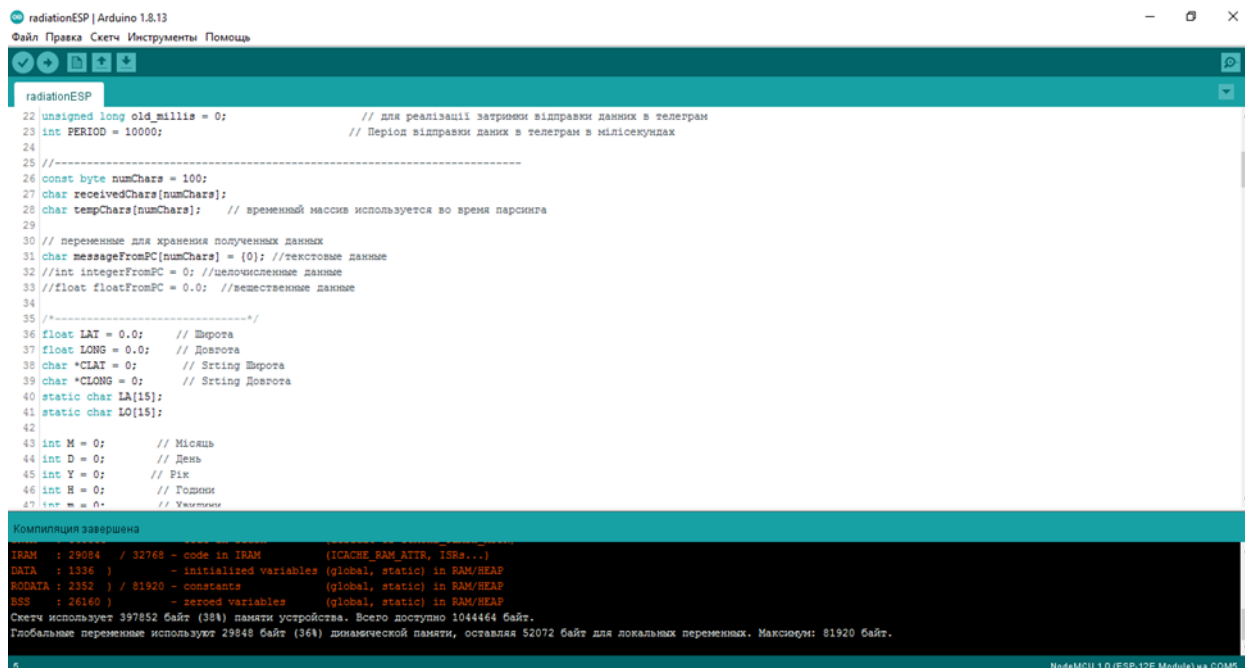


Рис. 3.1 Інтерфейс середовища розробки Arduino IDE

3.1.3 Реалізація програмної частини в Arduino IDE

Основною перевагою написання власної прошивки є її гнучкість. Можливість повного конфігурування контролера. Основними задачами програмного забезпечення мікроконтролера модулю збору даних є:

1. Зчитування даних з датчика радіації
2. Зчитування даних від датчика температури, вологості, тиску та висоти
3. Зчитування даних від GPS модуля(координати та час)
4. Запис даних на SD карту
5. Відправка даних на другий модуль через радіоканал

3.2 Вибір бібліотек

Бібліотека SPI дозволяє контролеру взаємодіяти з пристроями що підтримують SPI протокол. Послідовний периферійний інтерфейс (SPI) - це послідовний синхронний протокол передачі даних використовується мікроконтролерами для обміну даними з одним або декількома

периферійними пристроями на невеликій відстані. В програмному кодї бібліотека використовується для роботи з SD картою.

Бібліотека SD дозволяє зчитувати і записувати інформацію на SD-карту пам'яті. Вона заснована на бібліотеці sdfatlib (автор William Greiman). Бібліотека підтримує роботу зі стандартними картами пам'яті типу SD і SDHC, відформатовані в файлову систему FAT16 або FAT32.

Бібліотека Adafruit Unified Sensor надає уніфікований підхід для роботи з датчиками Adafruit. Зменшуючи всі дані до одного типу `sensors_event_t` і встановлюючи специфічні стандартизовані одиниці SI для кожного сімейства датчиків, ті самі типи датчиків повертають значення, які можна порівняти з будь-яким іншим подібним датчиком. Це дозволяє переключати моделі датчиків з дуже незначним впливом на решту системи, що може допомогти зменшити деякі ризики та проблеми, пов'язані з доступністю датчика та повторним використанням коду. Уніфікований рівень абстракції датчиків також корисний для реєстрації даних та передачі даних, оскільки у вас є лише один добре відомий тип для реєстрації або передачі по ефіру чи дроту. У програмному кодї бібліотека використовується для роботи з датчиком BME 280.

Бібліотека Adafruit BME280 Library – для роботи з BME 280.

Бібліотека SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний інтерфейс на будь-яких інших цифрових виводах Arduino за допомогою програмних засобів, які дублюють функціональність UART (звідси і назва "SoftwareSerial"). Бібліотека дозволяє програмно створювати кілька послідовних портів, які працюють на швидкості до 115200 бод. Для пристроїв, що працюють з інвертованим сигналом, в бібліотеці передбачено відповідний параметр, що включає інвертування. У програмному кодї використовується для реалізації роботи з GPS та HC-12 по UART.

TinyGPS ++ - це нова бібліотека Arduino для аналізу потоків даних NMEA, що надаються модулями GPS. Як і його попередник, TinyGPS, ця бібліотека забезпечує компактні та прості у використанні методи для

вилучення положення, дати, часу, висоти, швидкості та курсу із споживчих GPS-пристроїв. Однак інтерфейс програміста TinyGPS ++ значно простіший у використанні, ніж TinyGPS, і нова бібліотека може витягувати довільні дані з будь-якого з безлічі пропозицій NMEA, навіть власних. У програмно-апаратному комплексі бібліотека забезпечує роботу з GPS модулем NEO-6M.

Бібліотека LiquidCrystalRus – копія бібліотеки LiquidCrystal з ArduinoIDE для підтримки кирилиці. Бібліотека LiquidCrystal дозволяє мікроконтролеру управляти різними рідкокристалічними дисплеями (LCD), побудованими на базі поширеного чіпсета Hitachi HD44780 (або сумісного). У бібліотеці реалізований як 4-х, так і 8-бітний режими роботи (тобто є можливість використовувати 4 або 8 ліній даних, спільно з керівниками лініями RS, Enable і RW).

Бібліотека ESP8266WiFi була розроблена на основі ESP8266 SDK, використовуючи правила іменування та загальну філософію функціональності бібліотеки Arduino WiFi. Вона може реалізовувати роботу з Wi-Fi як в режимі клієнта, так і в режимі сервера. В системі ця бібліотека забезпечує передачу даних в інтернет.

Бібліотека UniversalTelegramBot забезпечує інтерфейс для API Telegram Bot. Бібліотека дозволяє взаємодіяти з ботами в Telegram, яких можна налаштувати для надсилання та отримання повідомлень. Це дозволяє отримувати дані від проекту або видавати йому команди через додаток Telegram з будь-якого місця.

WiFiClientSecure.h дозволяє використовувати клас захищеного клієнта в бібліотеці ESP8266WiFi по протоколу захисту транспортного рівня TLS.

Бібліотека ArduinoJson дозволяє працювати з текстовим форматом файлів JSON.

3.3 Розробка алгоритмів програм для мікроконтролерів

3.3.1 Вимоги до програми мікроконтролера модулю збору даних

- Наявність синхронізації внутрішнього годинника МК через TGPS
- Відправлення даних від модуля збору даних до репітера по радіоканалу
- Запис даних на SD карту

Блок – схема програми

На рис.3.2 зображено алгоритм роботи першого модуля (для збору даних).



Рис.3.2 Блок схема внутрішньої програми мікроконтролера модуля для збору даних

3.3.2 Вимоги до програми мікроконтролера модулю репітера

- Прийом даних з модулю збору даних
- Відправлення даних в бота Telegram
- Виведення даних на екран

Блок – схема програми

На рис.3.3 зображено алгоритм роботи другого модуля (для відправки отриманих даних в інтернет).

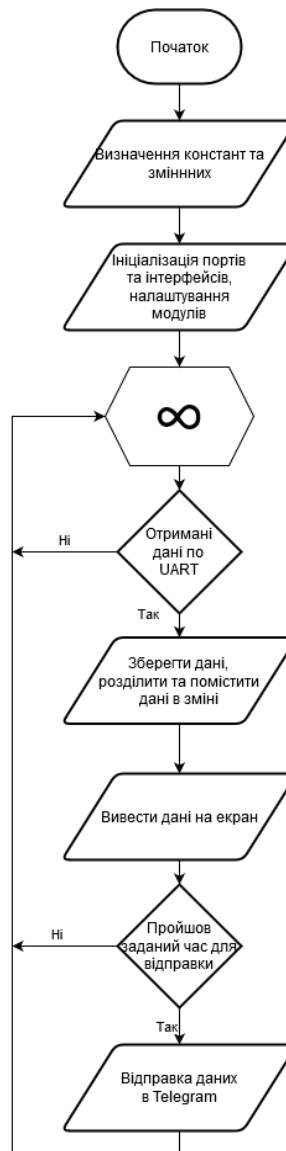


Рис.3.3 Блок схема внутрішньої програми мікроконтролера модуля для відправки даних

Висновки до розділу 3.

У третьому розділі було вибрано середовище розробки, мову програмування та необхідні бібліотеки, що дозволяють реалізувати функціонал програми.

Було побудовано блок-схеми для програм мікроконтролерів Arduino Nano та ESP8266, для модулів збору та відправки даних в інтернет.

На основі них був написаний програмний код для програмно-апаратного комплексу, що забезпечує його функціонування і виконання поставлених задач радіаційного моніторингу та відправки даних.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Програма мікроконтролера записує дані на SD карту у вигляді, з якого програма Excel може імпортувати дані у таблицю. Приклад зрізу даних з таблиці на Рис.4.1

Датчик	Число	Місяць	Рік	Години	Хвилини	Температ	Тиск	Висота	Вологість	Широта	довгота	Радіація
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.48	1004.97	69.18	26.82	50.39411	30.52994	0.12992
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.47	1004.96	69.22	26.83	50.39411	30.52994	0.12992
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.50	1004.94	69.42	26.81	50.39411	30.52994	0.12992
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.45	1004.94	69.38	26.84	50.39411	30.52994	0.25984
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.58	1004.99	69.03	26.78	50.39411	30.52994	0.29232
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.56	1004.97	69.08	26.79	50.39411	30.52994	0.29232
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.51	1004.96	69.21	26.80	50.39411	30.52994	0.29232
Датчик№	15	2	2021	10	31	22.53	1004.96	69.24	26.79	50.39411	30.52994	0.29232
Датчик№	15	2	2021	10	32	22.52	1004.95	69.34	27.06	50.39411	30.52994	0.19488
Датчик№	15	2	2021	10	32	22.46	1004.94	69.40	27.21	50.39411	30.52994	0.19488
Датчик№	15	2	2021	10	32	22.42	1004.93	69.49	26.87	50.39411	30.52994	0.19488
Датчик№	15	2	2021	10	32	22.44	1004.96	69.23	26.85	50.39411	30.52994	0.25984
Датчик№	15	2	2021	10	32	22.43	1004.96	69.24	26.86	50.39411	30.52994	0.25984

Рис.4.1 Частина записаних на SD карту даних від датчиків

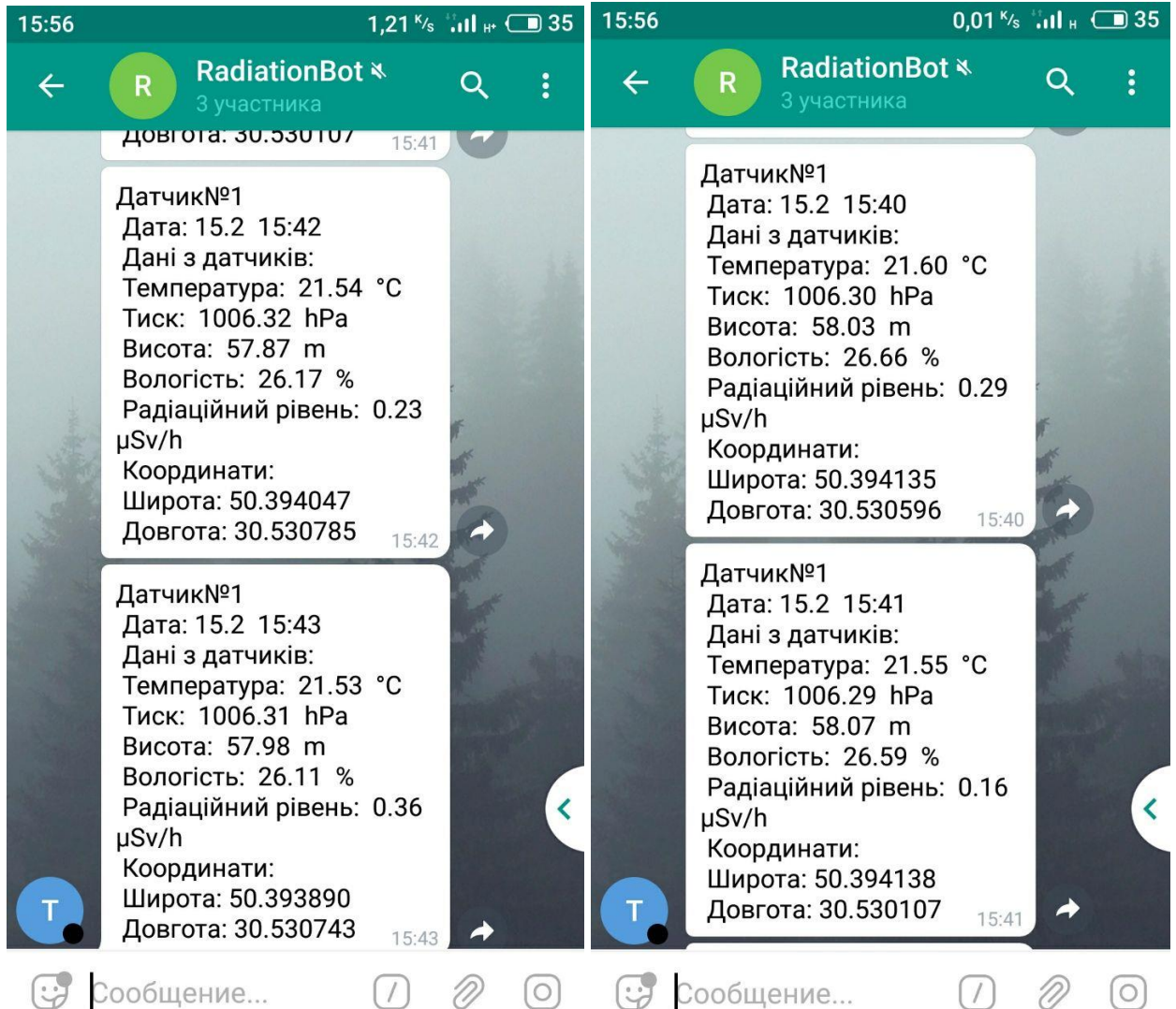
Показання даних датчика Гейгера відображено в останньому рядку.

Одиниці вимірювання – мікросіверти в годину, $\mu\text{Sv/h}$. Зіверт відображає біологічний вплив іонізаційного випромінювання на відміну від фізичного, котрий характеризується поглиненою дозою випромінювання та вимірюється в греях. При опроміненні живих організмів, зокрема людини, виникають біологічні ефекти, величина яких при одній і тій самій поглиненій дозі різна для різних видів випромінювання. Тому знання поглиненої дози недостатнє для оцінки радіаційної небезпеки. А оскільки датчик J305 реагує на гамма- і бета- випромінювання, у таблиці наведено залежність небезпеки від потужності дози:

Таблиця 4.1 Залежність небезпеки від потужності дози:

Потужність дози випромінювання, мкЗв	Небезпека
Від 0,05 до 0,24	Природний фон
Від 0,5 до 1	Безпечно для тимчасового перебування
Від 1 до 2	Необхідно дотримання правил безпеки
Від 2 до 10	Підвищений ризик, необхідні засоби захисту від радіації
Від 10	Дози небезпечні для здоров'я та життя, що можуть викликати променеву хворобу.

Також, система моніторингу при наявності підключення репітера до Wi-Fi пересилає дані в Telegram, використовуючи Telegram Bot API. На Рис 4.2 наведено приклад повідомлень з даними.



На Рис 4.2 Приклад повідомлень з даними від датчиків в месенджері Telegram від бота.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо розробки та реалізації програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів з використанням технологій Інтернету речей.

У роботі було створено експериментальний зразок програмно-апаратного комплексу, що дозволяє провести моніторинг радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів та проаналізувати отримані дані.

Також було удосконалено інформаційну технологію передачі масиву вимірної інформації через УКВ радіоканал.

Подальший розвиток отримала ідея створення системи моніторингу, що використовує ГІС технологію відображення даних про стан радіаційного забруднення територій в зоні впливу радіаційно небезпечних об'єктів.

У в роботі розроблена і доведена до практичної реалізації архітектура, топологія та методика побудови програмно-апаратного комплексу для моніторингу радіаційної обстановки в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів. Система очікує впровадження.

Робота виконана у рамках методів системного підходу, структурно-функціонального моделювання та програмування мікроконтролерів.

У результаті підвищено ефективність радіаційного моніторингу, що покращує рівень безпеки людей в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів та підприємств. Крім того, скорочується час на вирішення завдань оцінки рівня безпеки та пошуку можливих викидів радіоактивних речовин.

Оскільки зона можливого розповсюдження радіації охоплює досить великі території, виникає необхідність швидкої передислокації систем моніторингу. Отже, програмно-апаратний комплекс радіаційного моніторингу в зоні впливу небезпечних об'єктів повинен бути побудований з урахуванням

можливості швидкого приведення до роботи, мати характеристики, що дозволяють прикріплювати його до дрона, а також передавати зібрані дані на великі відстані.

Використання нових інформаційних технологій, покращення можливостей радіаційного моніторингу сприятиме збільшенню рівня безпеки для людей, що знаходяться у можливих зонах викиду, зростанню кількості інформації для аналізу, що дозволить точніше аналізувати ризики та забезпечити сприятливі умови праці та збереження здоров'я і працездатності працівників підприємств, працюючих з радіаційними речовинами. Саме тому радіаційний моніторинг завжди є однією з найважливіших складових частин діяльності підприємства та незмінною законодавчою вимогою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ESP8266 // [Електронний ресурс] // – Режим доступу: www.esp8266.com
2. ArduinoIDE // [Електронний ресурс] // – Режим доступу: www.arduino.cc.- Назва з екрану.
3. Telegram Bot API // [Електронний ресурс] // – Режим доступу: www.core.telegram.org/bots/api.- Назва з екрану.
4. Чарльз Платт , Електроніка для початківців. БХБ-Петербург,2017.
5. Purdum J. - Beginning C for Arduino (Technology in Action) – 2012.
6. Кетлін Шаміє, Основи електроніки. 3-е видання. - М., СПб .: Діалектика, 2018. - 530 с.
7. Arduino, датчики и сети для связи устройств. 2-е издание - Том Иго
8. Саймон Монк, Пауль Шерц, Електроніка. Теорія і практика (2018)
9. Улли Соммер - Программирование микроконтроллерных плат ArduinoFreeduino – 2012.
- 10.Блум Джереми, Изучаем Arduino - инструменты и методы технического волшебства, БХБ-Петербург,2015
- 11.Patrick Di Justo and Emily Gertz, Atmospheric Monitoring with Arduino, Oreilly - 2013
- 12.David Gascon - Wireless Sensor Networks to Control Radiation Levels- April 20, 2011
- 13.FuTong Huang, Tingting Sun - Development and implementation of a dosimetric control system based on wireless sensor network, 2011
- 14.Интеллектуальные системы на базе сенсорных сетей С. А. Лебедева РАН, 2009.
- 15.Michael McRoberts - Beginning Arduino – 2010.
- 16.Melgar and Ciriaco, Arduino and Kinect Projects, après-2010.
- 17.Margolis M. - Arduino Cookbook – 2011.

ДОДАТКИ

Код програми Модулю збору даних

```
// Підключення бібліотек
#include <SPI.h>           // Для роботи з SD картою
#include <SD.h>           // Для роботи з SD картою
#include <Adafruit_Sensor.h> // Для роботи з BME 280
#include <Adafruit_BME280.h> // Для роботи з BME 280
#include <SoftwareSerial.h> // Для роботи з GPS та HC-12 по UART
#include <TinyGPS++.h>     // Для роботи з GPS
SoftwareSerial mySerial(8, 9); // RX, TX

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000 //Інтервал опитування GPS

//Константи
const int chipSelect = 10; //Для роботи з SD картою
//Послідовне підключення до пристрою GPS
TinyGPSPlus gps;
Adafruit_BME280 bme; //Створюємо об'єкт bme
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25) //X3
#define LOG_PERIOD 15000 //Logging period in milliseconds, recommended
value 15000-60000.
#define MAX_PERIOD 60000 //Maximum logging period without modifying this
sketch

unsigned long counts; //variable for GM Tube events
unsigned long cpm; //variable for CPM
unsigned int multiplier; //variable for calculation CPM in this sketch
unsigned long previousMillis; //variable for time measurement

//Глобальні змінні
//BME:
float TEMP = 0; // Температура повітря
float PRESSURE = 0; // Тиск
float APROX = 0; // Висота
float HUM = 0; // Вологість повітря

//GPS
float LAT = 0; // Широта
float LONG = 0; // Довгота
```

```

char *CLAT = 0;    // Srting Широта
char *CLONG = 0;  // Srting Довгота
static char LA[15];
static char LO[15];
int8_t M = 0;     // Місяць
int8_t D = 0;     // День
int16_t Y = 0;    // Рік
int8_t H = 0;     // Години
int8_t m = 0;     // Хвилини
int8_t RAD = 0;   // Рівень радіації

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  counts = 0;
  cpm = 0;
  multiplier = MAX_PERIOD / LOG_PERIOD;
  attachInterrupt(0, tube_impulse, FALLING); //define external interrupts
  bool statusBME;
  statusBME = bme.begin();
  if (!statusBME) {
    Serial.println("Не вдалося знайти датчик BME280");
  }

  if (!SD.begin(10))
  {
    //digitalWrite(Red, LOW);
    return;
  }
  //digitalWrite(Red, HIGH);
  File dataFile = SD.open("LOG.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile)
  {
    dataFile.println("");
    dataFile.print("-----");
    dataFile.println("");
    dataFile.close();
  }
}

```

```

else
{
  //mySerial.println("Помилка відкриття файлу LOG.txt");
}
}

unsigned long old_millis;

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
  if (currentMillis - previousMillis > LOG_PERIOD) {
    previousMillis = currentMillis;
    cpm = counts * multiplier;
    Serial.println(cpm);
    counts = 0;
    RAD = cpm;
  }
  GPS ();
  if (millis() - old_millis > 5000) {
    old_millis = millis();
    GetBME280();
    get_HC12();
    SDcard ();
    //get_HC12_VUE();
  }
}

void GetBME280() {
  TEMP = bme.readTemperature();
  PRESSURE = (bme.readPressure() / 100.0F);
  APROX = bme.readAltitude(SEALEVELPRESSURE_HPA);
  HUM = bme.readHumidity();
}

void GPS () {
  while (mySerial.available() > 0)
    if (gps.encode(mySerial.read()))
    {
      if (gps.location.isValid())

```

```

{
  LAT = gps.location.lat();
  LONG = gps.location.lng();
  //CLAT = dtostrf(LAT, 7, 5, LA); //Отримуємо 5 знаки після коми
  //CLONG = dtostrf(LONG, 7, 5, LO); //Отримуємо 5 знаки після коми
}
if (gps.date.isValid())
{
  M = gps.date.month();
  D = gps.date.day();
  Y = gps.date.year();
}
if (gps.time.isValid())
{
  H = gps.time.hour();
if (H <= 21) {
  H = H + 2;
}
if (H == 22) {
  H = 0;
}
if (H == 23 ) {
  H = 1;
}
if (H == 24 ) { //Мб 00
  H = 2;
}
  m = gps.time.minute();
}
else
{
}
}
if (millis() > REPORTING_PERIOD_MS * 5 && gps.charsProcessed() < 10)
{
  while (true);
}
mySerial.flush();
}

```

```

//-----
//Запис в форматі зручному для імпорту в EXCEL
void SDcard () {
  File dataFile = SD.open("LOG.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile)
  {
    dataFile.print("Датчик№1"); // Назва модуля
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(D); // День
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(M); // Місяць
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(Y); // Рік
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(H); // Години
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(m); // Хвилини
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(TEMP); // Температура повітря
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(PRESSURE); // Тиск
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(APROX); // Висота
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(HUM); // Вологість повітря
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(LAT); // Широта
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(LONG); // Довгота
    dataFile.print(";");
    dataFile.print(RAD); // Рівень радіації
    dataFile.println(";");
    dataFile.close();
  }
  else
  {
    //mySerial.println("Помилка відкриття файлу LOG.txt");
  }
}

```

```
//-----
```

```
void get_HC12() {  
  mySerial.print(F("<"));  
  mySerial.print("Датчик№1"); // Широта  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(LAT, 6); // Широта  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(LONG, 6); // Довгота  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(M); // Місяць  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(D); // День  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(Y); // Рік  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(H); // Години  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(m); // Хвилини  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(TEMP); // Температура  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(PRESSURE); // Тиск  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(APROX); // Висота  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(HUM); // Вологість  
  mySerial.print(F(", "));  
  mySerial.print(RAD); // Рівень радіації  
  mySerial.print(F(">"));  
  mySerial.flush();  
}
```

```
void get_HC12_VUE() {  
  Serial.print(F("<"));  
  Serial.print("Датчик№1");  
  Serial.print(F(", "));  
  Serial.print(LAT, 6);  
  Serial.print(F(", "));
```

```

Serial.print(LONG, 6);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(M);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(D);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(Y);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(H);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(m);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(TEMP);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(PRESSURE);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(APROX);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(HUM);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(RAD);
Serial.print(F(">"));
Serial.println(F(" "));
Serial.flush();
}
void tube_impulse() { //subprocedure for capturing events from Geiger Kit
  counts++;
}

```

Код програми Модулю передачі даних в інтернет

```

#include <LiquidCrystalRus.h> // Робота з екраном
#include <SoftwareSerial.h> // UART HC-12
#include <ESP8266WiFi.h> // Wi-Fi Connect Telegram and DB
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <ArduinoJson.h>

```

```

SoftwareSerial mySerial(2, 13); // RX, TX
LiquidCrystalRus lcd(16, 5, 4, 0, 14, 12);

// Налаштування підключенні до серверу -----

const char* ssid = "passwordqwerty12";
const char* password = "Qdy59hBzer71";
#define BOTtoken
"1623379980:AAGP7O5gtVEggMH7rZB8kCdEakReBrEbzPw"
#define CHAT_ID "-582139890"
WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);

unsigned long old_millis = 0; // для реалізації затримки
відправки даних в телеграм
int PERIOD = 60 * 1000; // Період відправки даних в
телеграм в мілісекундах

//-----
const byte numChars = 100;
char receivedChars[numChars];
char tempChars[numChars]; // временный массив используется во
время парсинга

// переменные для хранения полученных данных
char messageFromPC[numChars] = {0}; //текстовые данные
//int integerFromPC = 0; //целочисленные данные
//float floatFromPC = 0.0; //вещественные данные

```

```

/*-----*/
float LAT = 0.0; // Широта
float LONG = 0.0; // Довгота
char *CLAT = 0; // String Широта
char *CLONG = 0; // String Довгота
static char LA[15];
static char LO[15];

int M = 0; // Місяць
int D = 0; // День
int Y = 0; // Рік
int H = 0; // Години
int m = 0; // Хвилини
int RAD = 0; // Рівень радіації
float TEMP = 0.0; // Температура
float PRESSURE = 0.0; // Тиск
float APROX = 0.0; // Висота
float HUM = 0.0; // Вологість

boolean newData = false;

void setup() {
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  lcd.begin(20, 02);
  staticLCD();

  client.setInsecure();
  WiFi.mode(WIFI_STA);

```

```

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  Serial.print(".");
  delay(500);
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
delay(500);
//bot.sendMessage(ЧАТ_ID, "Датчик №1 увімкнено!", "");
}

void loop() {
  recvWithStartEndMarkers();
  if (newData == true) {
    strcpy(tempChars, receivedChars);
    parseData();
    showParsedData();
    newData = false;
  }
}

void recvWithStartEndMarkers() {
  static boolean recvInProgress = false;
  static byte ndx = 0;
  char startMarker = '<';
  char endMarker = '>';

```

```
char rc;
```

```
while (mySerial.available() > 0 && newData == false) {  
    rc = mySerial.read();
```

```
    if (recvInProgress == true) {
```

```
        if (rc != endMarker) {  
            receivedChars[ndx] = rc;
```

```
            ndx++;
```

```
            if (ndx >= numChars) {
```

```
                ndx = numChars - 1;
```

```
            }
```

```
        }
```

```
    else {
```

```
        receivedChars[ndx] = '\0'; // завершаем строку
```

```
        recvInProgress = false;
```

```
        ndx = 0;
```

```
        newData = true;
```

```
    }
```

```
}
```

```
else if (rc == startMarker) {
```

```
    recvInProgress = true;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
void parseData() { // разделение данных на составляющие части
```

```
    char * strtokIdx; // это используется функцией strtok() как индекс
```

```
strtokIndx = strtok(tempChars, ","); // получаем значение первой  
переменной - строку
```

```
strcpy(messageFromPC, strtokIndx); //записываем её в переменную  
messageFromPC
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
LAT = atof(strtokIndx);
```

```
CLAT = dtostrf(LAT, 8, 6, LA); //Отримуємо 5 знаки після коми
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
LONG = atof(strtokIndx);
```

```
CLONG = dtostrf(LONG, 8, 6, LO); //Отримуємо 5 знаки після коми
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
M = atoi(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
D = atoi(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
Y = atoi(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
H = atoi(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
m = atoi(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
TEMP = atof(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
PRESSURE = atof(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
APROX = atof(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
HUM = atof(strtokIndx);
```

```
strtokIndx = strtok(NULL, ",");
```

```
RAD = atoi(strtokIndx);
```

```
mySerial.flush();
```

```
showLCD();
```

```
if (millis() - old_millis > PERIOD) {
```

```
    GetTelegram();
```

```
    old_millis = millis();
```

```
}
```

```
}
```

```
void showParsedData() {
```

```
    Serial.print("ID: "); Serial.println(messageFromPC);
```

```
    Serial.print("LAT= "); Serial.println(LAT, 6);
```

```
    Serial.print("LONG= "); Serial.println(LONG, 6);
```

```
    Serial.print("M= "); Serial.println(M);
```

```
    Serial.print("D= "); Serial.println(D);
```

```
    Serial.print("Y= "); Serial.println(Y);
```

```
Serial.print("H= "); Serial.println(H);
Serial.print("m= "); Serial.println(m);
Serial.print("TEMP= "); Serial.println(TEMP);
Serial.print("PRESSURE= "); Serial.println(PRESSURE);
Serial.print("APROX= "); Serial.println(APROX);
Serial.print("HUM= "); Serial.println(HUM);
Serial.print("RAD= "); Serial.println(RAD);
Serial.println(" ");

}
```

```
void showLCD() {
    lcd.setCursor(6, 0);
    int iTEMP = TEMP; // Малий екран переведу в ціле
    lcd.print(iTEMP);

    lcd.setCursor(17, 0);
    int iHUM = HUM;
    lcd.print(iHUM);

    lcd.setCursor(6, 1);
    int iPRESSURE = PRESSURE;
    lcd.print(iPRESSURE);

    lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.print(RAD);
}
```

```
void staticLCD() {
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Темп:");

lcd.setCursor(10, 0);
lcd.print("Волог:");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Тиск:");
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print("Рад:");
}
```

```
void GetTelegram() {
  String tdata = messageFromPC;
  tdata += "\n ";
  tdata += "Дата: ";
  tdata += D;
  tdata += ".";
  tdata += M;
  tdata += " ";
  tdata += H;
  tdata += ":";
  tdata += m;
  tdata += "\n ";
  tdata += "Дані з датчиків: ";
  tdata += "\n ";
  tdata += "Температура: ";
  tdata += TEMP;
  tdata += "\n ";
  tdata += "Тиск: ";
  tdata += PRESSURE;
  tdata += "\n ";
```

```
tdata += "Висота: ";
tdata += APROX;
tdata += "\n ";
tdata += "Вологість: ";
tdata += HUM;
tdata += "\n ";
tdata += "Радіаційний рівень: ";
tdata += RAD;
tdata += "\n ";
tdata += "Координати: ";
tdata += "\n ";
tdata += "Широта: ";
tdata += CLAT;
tdata += "\n ";
tdata += "Довгота: ";
tdata += CLONG;
bot.sendMessage(CHAT_ID, tdata, "");
}
```