

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**Факультет комп'ютерних наук і технологій**

(повне найменування інституту, факультету)

**Кафедра комп'ютерних систем та мереж**

(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка системи нагляду за літніми людьми

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи КНТ-520

Спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Комп'ютерна інженерія»

ШУПТА Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник ГРУШКО С.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент СТЕПАНЕНКО О.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет Комп'ютерних наук і технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»  
Ступінь вищої освіти бакалаврський  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерна інженерія  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**Завідувач кафедри КУДЕРМЕТОВ Р.К.“            ”            2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

ШУПТИ Родіона Олеговича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка системи нагляду за літніми людьмикерівник проєкту (роботи) к. т. н., доцент, ГРУШКО Світлана Сергіївна

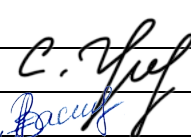
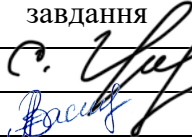
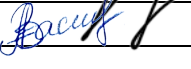
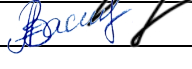
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “01” квітня 2024 року № 1052. Строк подання студентом проєкту (роботи) 20 травня 2024 року3. Вихідні дані до проєкту (роботи) необхідність моніторингу температури, якості повітря і присутності людини при поганому інтернет покритті4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Огляд літератури;2) Вибір апаратного забезпечення;3) Вибір програмного забезпечення;4) Розробка системи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Порівняння систем нагляду за літніми людьмиПорівняльна характеристика мікроконтролерів;Вибір датчиків;Система в сборі.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ        | ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|---------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                           | завдання видав                                                                      | прийняв виконане завдання                                                           |
| 1-4           | ГРУШКО С. С., к.т.н., доцент              |  |  |
| нормоконтроль | ПОЛЬСЬКА О.В., ст. викл.                  |  |  |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |
|               |                                           |                                                                                     |                                                                                     |

7. Дата видачі завдання 01.03.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

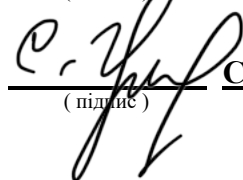
| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)          | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз технічного завдання. Огляд сучасних рішень | 01.03.2024 р.                           |          |
| 2     | Розробка структури системи                        | 15.03.2024 р.                           |          |
| 3     | Розробка алгоритму роботи системи                 | 20.03.2024 р.                           |          |
| 4     | Реалізація проєкту                                | 01.04.2024 р.                           |          |
| 5     | Дослідження роботи системи                        | 10.04.2024 р.                           |          |
| 6     | Оформлення отриманих результатів у ПЗ             | 15.04.2024 р.                           |          |
| 7     | Оформлення графічного матеріалу                   | 01.05.2024 р.                           |          |
| 8     | Оформлення допоміжного матеріалу                  | 20.05.2024 р.                           |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |
|       |                                                   |                                         |          |

Студент (ка)

  
 (підпис)

**Родіон ШУПТА**  
 (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

  
 (підпис)

**Світлана ГРУШКО**  
 (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 63 сторінки, 4 рисунка, 4 таблиці, 35 джерел.

### ДАТЧИК, ІОТ, МІКРОКОНТРОЛЕР, АПЛЕТ, ОПОВІЩЕННЯ

Об'єкт розробки – процес нагляду за літніми людьми.

Предмет розробки - розробка системи нагляду за літніми людьми на основі інтернету речей.

Метою роботи є системи нагляду за літніми людьми на основі інтернету речей з метою вимірювання параметрів середовища їх перебування і оповіщення за допомогою дотику при нестабільному інтернет з'єднанні.

У дипломній роботі було розглянуто розробку системи моніторингу стану літніх людей в домашніх умовах з використанням датчиків та хмарних сервісів. Ця система покликана забезпечити безперервний нагляд за основними показниками здоров'я та активності літніх людей, надаючи своєчасні сповіщення опікунам у разі виявлення будь-яких відхилень або потенційно небезпечних ситуацій. Для реалізації системи було ретельно проаналізовано та обрано оптимальне апаратне та програмне забезпечення. У якості головного обчислювального пристрою було вибрано Raspberry Pi 3 Model B завдяки його потужності, доступності та підтримці різноманітних периферійних пристроїв. Для моніторингу ключових параметрів були обрані датчик температури та вологості DHT22, датчик якості повітря Seeed Studio Grove Air Quality Sensor та ємнісний датчик дотику Seeed Studio Grove Touch Sensor.

## ЗМІСТ

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                   | 8  |
| 1 Огляд літератури .....                                     | 9  |
| 1.1 Аналіз існуючих систем нагляду за літніми людьми .....   | 9  |
| 1.1.1 Принципи роботи систем нагляду за літніми людьми ..... | 9  |
| 1.1.2 CarePredict .....                                      | 10 |
| 1.1.3 GrandCare .....                                        | 11 |
| 1.1.4 MyNotifi.....                                          | 13 |
| 1.1.5 Проблеми ІОТ систем нагляду за літніми людьми.....     | 14 |
| 1.2 Вирішення проблеми доступності мобільного інтернету..... | 15 |
| 1.3 Мобільні модеми .....                                    | 17 |
| 2 Вибір апаратного забезпечення.....                         | 19 |
| 2.1 Вибір мікроконтролера .....                              | 19 |
| 2.1.1 Raspberry Pi 3 Model B .....                           | 19 |
| 2.1.2 Orange Pi .....                                        | 20 |
| 2.1.3 ASUS Tinker Board .....                                | 21 |
| 2.1.4 ROCK64 .....                                           | 22 |
| 2.1.5 Odroid.....                                            | 22 |
| 2.1.6 BeagleBone .....                                       | 23 |
| 2.2 Вибір датчика температури .....                          | 25 |
| 2.2.1 Aosong Electronics Co. DHT11 .....                     | 25 |
| 2.2.2 Aosong Electronics AM2302.....                         | 26 |
| 2.2.3 Bosch Sensortec BME280.....                            | 27 |
| 2.2.4 Silicon Labs Si7021 .....                              | 28 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
|                                                           | 6  |
| 2.2.5 Honeywell HIH-5030.....                             | 29 |
| 2.2.6 Датчик температури DHT22.....                       | 29 |
| 2.3 Вибір датчика якості повітря.....                     | 31 |
| 2.3.1 MQ-135 Air Quality Sensor.....                      | 31 |
| 2.3.2 BME680 .....                                        | 32 |
| 2.3.3 CCS811 .....                                        | 33 |
| 2.3.4 SCD30 .....                                         | 34 |
| 2.3.5 Plantower PMS5003.....                              | 35 |
| 2.3.6 ZMOD4410 .....                                      | 36 |
| 2.3.7 Seeed Studio Grove Air Quality Sensor.....          | 37 |
| 2.4 Вибір датчика дотику .....                            | 38 |
| 2.4.1 Сенсор дотику TTP223.....                           | 39 |
| 2.4.2 AT42QT1010 .....                                    | 40 |
| 2.4.3 DFRobot.....                                        | 40 |
| 2.4.4 Багатоканальний ємнісний датчик дотику MPR121 ..... | 42 |
| 2.4.5 Seeed Studio Grove Touch Sensor.....                | 43 |
| 3 Вибір програмного забезпечення                          | 45 |
| 3.1 Hologram Data Router.....                             | 45 |
| 3.2 IFTTT Maker Service.....                              | 47 |
| 3.3 IFTTT Philips Hue.....                                | 49 |
| 4 Розробка системи .....                                  | 51 |
| 4.1 Схема підключення компонентів .....                   | 51 |
| 4.2 Налаштування програмного забезпечення .....           | 52 |
| 4.3 Розробка програмного забезпечення.....                | 53 |
| 4.4 Тестування системи .....                              | 55 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
|                                | 7  |
| Висновки .....                 | 57 |
| Перелік джерел посилання ..... | 59 |
| Додаток А Лістинг коду.....    | 62 |

## ВСТУП

Актуальність проблеми нагляду за літніми людьми в сучасному суспільстві неоспорима і виправдана з ряду причин. По-перше, світове населення старіє, що призводить до збільшення кількості людей похилого віку. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кількість людей віком старше 60 років у світі подвоюється кожні 20 років, і до 2050 року очікується збільшення населення людей похилого віку з 12% до 22%. Цей тенденційний ріст спричиняє підвищення потреб у соціальному та медичному обслуговуванні для цільової аудиторії.

По-друге, індивідуальна самостійність та безпека літніх людей є важливими аспектами їхнього благополуччя. Багато з них мають обмежену можливість самостійного пересування та незалежного забезпечення себе. Тому існує потреба у системах, які надають нагляд та допомогу у вирішенні їхніх потреб та уникненні небезпек.

Крім того, у зв'язку з розширенням використання технологій у повсякденному житті, інноваційні рішення для нагляду за літніми людьми стають більш доступними та ефективними. Впровадження сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та віртуальна реальність (VR), в системи нагляду може значно полегшити процес надання допомоги літнім людям та забезпечити їхню безпеку.

Отже, враховуючи демографічні та соціально-економічні тенденції, а також швидкий розвиток технологій, проблема нагляду за літніми людьми залишається актуальною і потребує подальшого дослідження та розробки ефективних рішень.

## **1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**

### **1.1 Аналіз існуючих систем нагляду за літніми людьми**

#### **1.1.1 Принципи роботи систем нагляду за літніми людьми**

Аналіз існуючих систем нагляду за літніми людьми відображає різноманітність технологій та підходів, що застосовуються для вирішення цієї проблеми. Однією з основних груп систем є ті, що базуються на сенсорах. Вони вимірюють фізіологічні показники, такі як пульс, артеріальний тиск, температура тіла, а також параметри оточуючого середовища, наприклад, вологість та рівень освітленості. Ці дані можуть бути використані для виявлення змін у стані здоров'я або поведінці літніх людей [1-4].

Іншою групою систем є ті, які використовують відеокамери для візуального нагляду за простором. Ці системи зазвичай забезпечують можливість віддаленого перегляду відео з мобільних пристроїв або комп'ютерів, що дозволяє родичам або доглядальникам відстежувати активність та стан літніх людей. Крім того, деякі системи використовують датчики руху для виявлення активності користувача та відправки сповіщень у разі виявлення аномальних подій або невідомої активності. Це може бути корисним для виявлення падінь або нагадування про прийом медикаментів [5-6].

Однак існуючі системи мають свої обмеження та недоліки. Деякі з них можуть бути вартісними або складними у використанні для літніх людей. Інші можуть не забезпечувати достатньої точності у вимірюваннях або виявленні аномалій. Також важливо враховувати проблеми приватності та безпеки даних, які можуть виникати при використанні таких систем [7].

Додатково, аналіз існуючих систем нагляду за літніми людьми відкриває можливості для вдосконалення та інноваційного розвитку. Наприклад, виявлення прогресу в галузі штучного інтелекту може сприяти автоматизації процесів аналізу даних та розпізнавання відхилень у здоров'ї літніх людей. Застосування технологій

інтернету речей може розширити можливості систем моніторингу шляхом підключення до мережі різноманітних пристроїв і сенсорів [8].

Важливим аспектом аналізу є також урахування соціально-психологічних факторів. Наприклад, визначення сприйняття літніми людьми різних типів систем нагляду, їхніх уподобань та обмежень у використанні цих технологій. Розуміння цих аспектів допоможе розробити більш ефективні та прийнятні для користувачів рішення.

Крім того, порівняння різних систем нагляду дозволяє визначити найбільш прогресивні та ефективні технології та підходи, які можуть бути використані для подальшого розвитку та реалізації нової системи нагляду за літніми людьми. Це включає в себе врахування фінансових, технічних та соціальних аспектів впровадження таких систем.

Таким чином, аналіз існуючих систем нагляду за літніми людьми не лише допомагає зрозуміти поточний стан галузі, але й визначає напрямки подальшого розвитку та вдосконалення, спрямовані на покращення якості життя та безпеки цільової аудиторії.

### **1.1.2 CarePredict**

CarePredict - це система носимих пристроїв, яка розроблена для нагляду за літніми людьми та виявлення можливих загроз для їхнього здоров'я та безпеки. Ця система базується на використанні ряду сенсорів та алгоритмів штучного інтелекту, призначених для аналізу побутової активності користувачів та виявлення небезпечних ситуацій, таких як дотику чи недолюки в догляді [9].

Центральним елементом системи CarePredict є носимий пристрій, який користувачі надягають на себе. Цей пристрій включає в себе різноманітні сенсори, такі як акселерометри та гіроскопи, які вимірюють рухи та активність користувача протягом дня. Зібрані дані передаються на сервери системи, де вони аналізуються з використанням алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту.

Основними функціями системи CarePredict є виявлення змін у режимі активності користувача, що може свідчити про зміни в їхньому стані здоров'я або небезпеку дотику. Крім того, система може виявляти такі небезпечні ситуації, як тривалі

періоди бездіяльності або зміни у ході повсякденних дій користувача, що може свідчити про проблеми зі здоров'ям або потребу у допомозі.

У разі виявлення підозрілих або небезпечних ситуацій система CarePredict автоматично надсилає сповіщення родичам або доглядальникам, що дозволяє їм негайно реагувати на можливі загрози та забезпечити необхідну допомогу. Таким чином, система CarePredict відіграє важливу роль у підтримці безпеки та здоров'я літніх людей, допомагаючи їм залишатися незалежними та безпечними у їхньому домашньому оточенні.

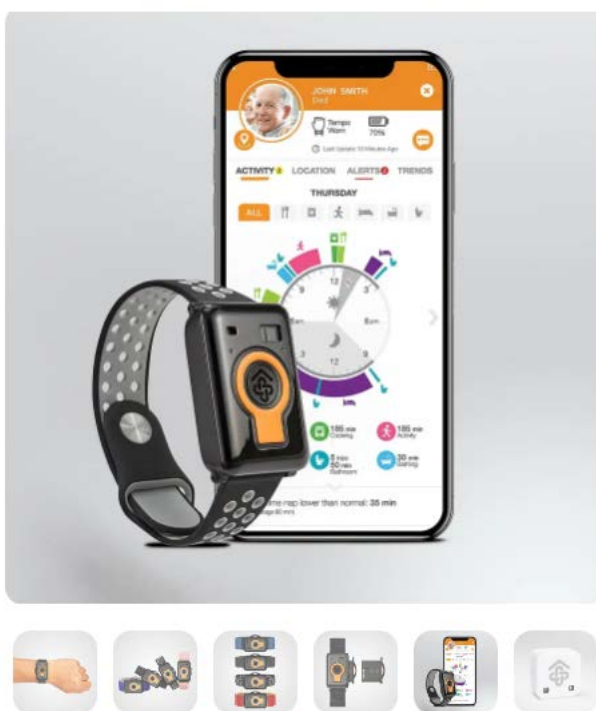


Рисунок 1.1 - Набір CarePredict Home

### 1.1.3 GrandCare

GrandCare є комплексною системою домашнього моніторингу, розробленою для надання розширеної підтримки і догляду для літніх людей, які проживають самостійно. Ця система є результатом інтеграції різноманітних технологій та функціональних можливостей з метою сприяння безпеці, здоров'ю та соціальній активності літніх осіб у їхньому домашньому середовищі [10].



Рисунок 1.2 - GrandCare

Однією з ключових особливостей цієї системи є широкий спектр доступних функцій, що включає в себе моніторинг фізичної активності за допомогою датчиків руху, відстеження параметрів здоров'я, таких як вага та артеріальний тиск, а також можливість ведення відеозв'язку та обміну повідомленнями з родичами та доглядальниками. Це дозволяє літнім людям відчувати себе під постійним наглядом та отримувати необхідну підтримку, зберігаючи при цьому свою незалежність. Крім того, система надає можливість інтеграції з іншими медичними пристроями та платформами, такими як медичні реєстратори, системи віддаленого моніторингу здоров'я та електронні медичні картки. Це спрощує обмін медичною інформацією та покращує координацію між різними медичними та доглядальними службами, забезпечуючи комплексний підхід до здоров'я та догляду для користувачів системи.

У цілому, GrandCare виступає як інноваційне рішення, спрямоване на покращення якості життя літніх людей та забезпечення їхньої безпеки та благополуччя в домашньому середовищі. Ця система допомагає зберігати незалежність та самостійність літніх людей протягом тривалого періоду часу, забезпечуючи їм необхідну підтримку та догляд.

### 1.1.4 MyNotifi

MyNotifi є інноваційним носимим пристроєм, розробленим для виявлення та сповіщення про дотику у літніх людей. Цей пристрій має на меті підвищити безпеку та покращити якість життя старших груп населення, дозволяючи їм залишатися незалежними та активними у своєму домашньому оточенні.

Основною функціональністю MyNotifi є виявлення падінь. Пристрій використовує вбудований акселерометр для моніторингу рухів користувача та виявлення характерних патернів, які можуть вказувати на потенційне дотику. У випадку виявлення дотику, система автоматично надсилає сповіщення на зазначені контактні номери або мобільні додатки родичів чи доглядальників, щоб швидко реагувати на небезпеку та надати допомогу.



Рисунок 1.3 – Комплект MyNotifi

Пристрій MyNotifi є особливо корисним для літніх людей, які живуть самотньо або відчують певний рівень ризику падінь. Він дозволяє їм мати спокій душі, знаючи, що в разі дотику допомога буде надана швидко та ефективно. Крім того, система допомагає зменшити страх перед дотиками та підвищити самооцінку, сприяючи більш активному та безпечному способу життя для літніх людей.

Таким чином, MyNotifi представляє собою важливий інструмент для забезпечення безпеки та підтримки літніх людей, дозволяючи їм залишатися незалежними та активними у своєму середовищі, забезпечуючи водночас надійний механізм для виявлення небезпеки та надання допомоги в разі потреби.

### **1.1.5 Проблеми ІОТ систем нагляду за літніми людьми**

Зростаюче впровадження систем інтернету речей (ІОТ) в сфері нагляду за літніми людьми постає перед низкою викликів, які потребують уважного вирішення. Перша проблема стосується захисту приватності та конфіденційності особистої медичної інформації, яка збирається та передається через ІОТ пристрої. Потенційний несанкціонований доступ до цих даних може стати серйозною загрозою для особистої безпеки та конфіденційності літніх користувачів [3].

Друга проблема, що виникає, - це надійність та точність даних, які збираються за допомогою сенсорів та пристроїв ІОТ. Недоліки в роботі цих пристроїв або неправильне їх використання можуть призвести до неточних даних щодо стану здоров'я літніх людей, що може спричинити неправильне медичне втручання або інші негативні наслідки.

Третя проблема пов'язана з питаннями доступності та інтеграції ІОТ технологій для літніх людей. Люди з обмеженими можливостями або низьким рівнем технологічної грамотності можуть зіткнутися з труднощами у користуванні такими системами нагляду, що створює додаткові бар'єри для їхнього використання.

Четверта проблема полягає у відсутності стандартів безпеки та приватності для ІОТ систем нагляду за літніми людьми. Відсутність чітких правил та нормативів може призвести до неправильного використання даних або небажаного доступу до них з боку третіх осіб [5].

Остання проблема, яка варта уваги, - це високі витрати на впровадження та підтримку ІОТ систем нагляду за літніми людьми. Вартість обладнання, програмного забезпечення та підтримки може бути обмежувальним фактором для впровадження таких систем в ряді випадків, що може обмежити їхню доступність та поширення в цій категорії населення.

В Україні значна частина літнього населення проживає в сільських місцевостях, де недостатній розвиток телекомунікаційної інфраструктури призводить до обмеженого або навіть відсутнього доступу до якісного мобільного Інтернету. Ця проблема стає особливо актуальною у контексті впровадження систем нагляду за літніми людьми, оскільки класичні методи, що передбачають використання Інтернет-з'єднання, можуть бути непридатними в таких умовах.

Бездоступність якісного мобільного Інтернету у сільських районах створює серйозні перешкоди для впровадження IoT систем нагляду за літніми людьми. Багато з сучасних IoT пристроїв та сенсорів вимагають постійного з'єднання з Інтернетом для передачі даних та взаємодії з користувачем, що робить їхнє використання неможливим у селах з обмеженим доступом до мережі. Ця ситуація ставить під загрозу безпеку та добробут літніх людей, які проживають в сільських районах. Відсутність можливості вчасної реакції на екстрені ситуації або неможливість встановлення систем нагляду обмежує можливості надання швидкої медичної допомоги та підтримки для цієї уразливої групи населення [3].

Крім того, відсутність доступу до якісного мобільного Інтернету у сільських районах перешкоджає впровадженню програм дистанційної медичної допомоги та телемедицини для літніх людей, що може призвести до зниження доступності якісної медичної допомоги для цієї категорії населення.

Вирішення цієї проблеми потребує комплексного підходу, включаючи інвестиції у розвиток телекомунікаційної інфраструктури в сільських районах, створення програм допомоги для літніх людей та пошук альтернативних методів нагляду та підтримки, які не потребують постійного Інтернет-з'єднання.

## **1.2 Вирішення проблеми доступності мобільного інтернету**

В Україні проблема доступності якісного мобільного Інтернету, особливо в сільських районах, залишається актуальною для значної частини населення. Одним

з потенційних рішень цієї проблеми є використання мобільних модемів, які можуть забезпечити доступ до Інтернету через мобільні мережі операторів зв'язку [4].

Мобільний модем - це пристрій, який приймає сигнал мобільної мережі і перетворює його на Wi-Fi або Ethernet з'єднання, що дозволяє підключати до Інтернету різні пристрої. Він може працювати на основі різних стандартів мобільного зв'язку, таких як 3G, 4G або 5G, залежно від підтримуваних мереж операторів.

Мобільні модеми можуть бути використані у системах нагляду за літніми людьми як спосіб забезпечення зв'язку та передачі даних. Вони можуть бути підключені до камер відеоспостереження, датчиків здоров'я або інших пристроїв, які використовуються для відстеження та моніторингу стану літніх людей.

За допомогою мобільного модема системи нагляду можуть передавати відео- та аудіодані в реальному часі на сервери або зберігати їх локально на пристрої. Це дозволяє родичам або медичному персоналу віддалено спостерігати за станом літніх людей та реагувати на потенційні проблеми або екстрені ситуації.

Мобільні модеми також можуть бути використані для надання доступу до медичних порад та консультацій в режимі реального часу. Це особливо корисно в сільських районах, де доступ до медичних установ або фахівців може бути обмеженим. Важливою перевагою використання мобільних модемів у системах нагляду є їх мобільність. Це означає, що системи нагляду можуть бути легко перенесені з одного місця до іншого в разі необхідності без втрати зв'язку або функціональності. Додатковою перевагою мобільних модемів є їх можливість працювати в режимі резервного живлення, що дозволяє продовжити роботу системи нагляду у разі відключення основного джерела електроживлення [6].

Хоча мобільні модеми можуть бути ефективним рішенням для забезпечення доступу до Інтернету у віддалених місцевостях, вони також мають свої обмеження, такі як залежність від покриття мобільних мереж та обмежена пропускна здатність в порівнянні з провідним Інтернетом.

### 1.3 Мобільні модеми

Мобільні модеми для IoT (Internet of Things) є критично важливими для забезпечення зв'язку та передачі даних в мережі IoT. Вони дозволяють пристроям обмінюватися інформацією та спілкуватися один з одним безпосередньо чи через центральний сервер. Це робить їх ключовим елементом для реалізації концепції "розумних" пристроїв та систем, які взаємодіють між собою з мінімальним втручанням користувача. Мобільні модеми для IoT можуть працювати на основі різних технологій мобільного зв'язку, таких як 3G, 4G LTE та 5G. Кожна з цих технологій має свої переваги та обмеження, і вибір конкретної залежить від потреб конкретного застосування, а також від доступності інфраструктури в даний регіон.

Типи мобільних модемів можуть включати вбудовані модеми, USB-модеми, модеми з вбудованим Wi-Fi та інші. Кожен з цих типів має свої особливості і може бути використаний в різних сценаріях застосування. Наприклад, USB-модеми можуть бути підключені до комп'ютера або іншого пристрою, що робить їх ідеальними для створення бездротового підключення в дорозі.

Технічні характеристики таких пристроїв можуть варіюватися в залежності від виробника та моделі. Деякі моделі можуть підтримувати велику кількість одночасних підключень, велику швидкість передачі даних, підтримку різних стандартів мобільного зв'язку та багато іншого. При виборі модема для конкретного застосування важливо враховувати потреби та вимоги системи, а також обмеження, які можуть виникнути в результаті вибору певної моделі.

Деякі з найбільш відомих виробників мобільних модемів для IoT включають компанії, такі як Quectel, Sierra Wireless, SIMCom та інші. Ці виробники пропонують широкий вибір моделей з різними технічними характеристиками та можливостями, що дозволяє знайти оптимальне рішення для будь-якого конкретного застосування в межах IoT.

Наприклад, Quectel EC25-E є одним з прикладів модема для IoT, який підтримує різні стандарти мобільного зв'язку, включаючи LTE Cat 4 та NB-IoT. Цей

модем має високу швидкість передачі даних та низьке споживання енергії, що робить його ідеальним для застосувань в галузі IoT, де важливі якість зв'язку і тривалість роботи в автономному режимі.

Модеми від Sierra Wireless, такі як модеми серії HL та WP, відомі своєю високою надійністю та розширеними можливостями. Ці модеми підтримують різні стандарти мобільного зв'язку та протоколи передачі даних і можуть використовуватися в різних застосунках IoT, включаючи моніторинг та управління, автоматизацію процесів та збір даних.

Другим прикладом є модеми SIMCom SIM7000, які підтримують різні стандарти мобільного зв'язку та протоколи передачі даних, включаючи LTE Cat 1, NB-IoT та eMTC. Ці модеми мають компактний дизайн та низьке споживання енергії, що робить їх ідеальними для вбудованого використання в пристроях IoT, таких як датчики та різноманітні сенсори.

Технічні характеристики модемів можуть бути спеціально налаштовані для конкретних вимог застосувань. Наприклад, модеми, призначені для використання в сільській місцевості або в умовах низького сигналу, можуть мати вбудовані антени з підвищеною чутливістю та підтримку додаткових технологій для підвищення якості зв'язку.

При виборі модема для IoT важливо враховувати потреби та вимоги конкретного застосування, а також його сумісність з іншими пристроями та системами, з якими він буде використовуватися. Крім того, варто враховувати фактори, такі як ціна, надійність та підтримка від виробника, при виборі модема для власних потреб у сфері Інтернету речей.

Такі пристрої можуть бути використані в широкому спектрі застосувань, включаючи віддалений моніторинг та управління, вимірювання даних з сенсорів та пристроїв, та автоматизацію промислових процесів. Їхні можливості роблять їх незамінними для реалізації концепції "розумних" міст, транспорту, сільського господарства та багатьох інших сфер.

Завдяки своїм характеристикам та можливостям, мобільні модеми є ключовим елементом інфраструктури Інтернету речей. Вони забезпечують надійний та

ефективний зв'язок між різними пристроями та системами, що дозволяє реалізувати інноваційні рішення та покращувати якість життя людей. При виборі модема важливо враховувати потреби та вимоги конкретного застосування. Технічні характеристики, такі як швидкість передачі даних, дальність покриття, споживання енергії та підтримка відповідних стандартів, мають велике значення для успішної імплементації системи IoT.

Залежно від специфіки застосування, модеми для IoT можуть бути налаштовані для роботи в різних умовах, таких як екстремальні температури, високі вологості чи обмежений доступ до енергії. Це робить їх універсальними для використання в різних галузях, від промисловості до медицини та сільського господарства.

Узагальнюючи, мобільні модеми для IoT відіграють критичну роль у розвитку та реалізації інтернету речей. Їхні можливості сприяють підвищенню ефективності, розширенню можливостей та створенню нових інноваційних рішень для сучасного світу.

## **2 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **2.1 Вибір мікроконтролера**

#### **2.1.1 Raspberry Pi 3 Model B**

Raspberry Pi 3 Model B є одноплатним комп'ютером, розробленим Raspberry Pi Foundation. Він належить до третього покоління моделей Raspberry Pi і має такі технічні характеристики:

- процесор: 64-бітний ARM Cortex-A53 чотириядерний процесор з тактовою частотою 1,2 ГГц;
- оперативна пам'ять: 1 ГБ LPDDR2 SDRAM;
- графічний процесор: Broadcom VideoCore IV 3D;

- мережеві інтерфейси: 10/100 Мбіт/с Ethernet, 802.11n Wireless LAN, Bluetooth 4.1;
- відео та аудіо виходи: HDMI, 3.5 мм аналоговий аудіо роз'єм;
- периферійні інтерфейси: 4 x USB 2.0, 40-піновий роз'єм GPIO, CSI камерний інтерфейс, DSI дисплейний інтерфейс;
- накопичувач: MicroSD слот для карт до 32 ГБ;
- операційна система: Raspbian - дистрибутив операційної системи Linux;
- розміри: 85.6 x 56.5 x 17 мм;
- вага: 45 г;
- споживання енергії: 800 мА (4 Вт).

Raspberry Pi 3 Model B широко використовується для освітніх проєктів, навчання програмуванню, а також як низьковитратна альтернатива для мультимедійних центрів, IoT пристроїв та різноманітних електронних проєктів. Його відносно низька вартість та компактні розміри роблять його популярним вибором для дослідників, розробників та любителів [11].

### **2.1.2 Orange Pi**

Orange Pi - це серія одноплатних комп'ютерів, розроблених компанією Shenzhen Xunnan. Вона пропонує різні моделі з процесорами ARM та x86, призначені для широкого спектру застосувань. Одна з найпопулярніших моделей - Orange Pi PC:

- процесор: Quad-Core ARM Cortex-A7 з тактовою частотою 1,6 ГГц (Allwinner H3);
- оперативна пам'ять: 1 ГБ DDR3 SDRAM;
- графічний процесор: Mali400MP2 @600МГц;
- мережеві інтерфейси: 10/100M Ethernet RJ45;
- бездротові інтерфейси: Підтримка Wi-Fi та Bluetooth (з додатковим модулем);
- відео та аудіо виходи: HDMI, AV композитний вихід;

- периферійні інтерфейси: USB 2.0 Host x4, MicroSD слот;
- операційна система: Android, Ubuntu, Raspbian та інші дистрибутиви Linux;
- розміри: 85 x 55 x 22 мм;
- вага: 48 г;
- споживання енергії: 2 Вт.

Orange Pi PC позиціонується як бюджетна альтернатива Raspberry Pi, з дещо нижчою продуктивністю, але й нижчою ціною. Він підтримує різні операційні системи та може використовуватись для навчальних проектів, медіацентрів, домашньої автоматизації та Інтернету речей [12].

### **2.1.3 ASUS Tinker Board**

ASUS Tinker Board є одноплатним комп'ютером, призначеним для використання в галузях освіти, навчання, наукових досліджень та в якості медіаплеєра. Він розроблений компанією ASUS та базується на процесорі RK3288 Quad-Core ARM Cortex-A17 з тактовою частотою 1,8 ГГц та GPU Mali-T764. ASUS Tinker Board має такі технічні характеристики:

- оперативна пам'ять: 2 ГБ LPDDR3;
- накопичувач: слот для карт microSD (максимум 64 ГБ);
- вихідні порти відео: HDMI та HDMI-CEC;
- мережеві інтерфейси: Gigabit Ethernet RJ45 та Bluetooth 4.0 + WiFi 802.11 b/g/n;
- інші порти: 4 x USB 2.0, 40-піновий роз'єм для підключення GPIO;
- операційна система: підтримує різні дистрибутиви Linux, такі як Debian, Ubuntu, Android тощо;
- розміри: 85,6 мм x 56 мм x 21 мм;
- вага: 32,4 г.

ASUS Tinker Board забезпечує більшу продуктивність у порівнянні з Raspberry Pi 3 Model B завдяки потужнішому процесору та більшій кількості оперативної пам'яті. Втім, його ціна також є вищою. Він може використовуватись для

широкого спектру застосувань, включаючи домашні медіацентри, навчальні проекти, робототехніку та Інтернет речей [13].

#### **2.1.4 ROCK64**

ROCK64 - це одноплатний комп'ютер, розроблений Pine64. Він базується на шестиядерному процесорі Rockchip RK3328 і має такі технічні характеристики:

- процесор: Quad-Core ARM Cortex-A53 1.5GHz та Dual-Core ARM Cortex-A72 1.8GHz (Rockchip RK3328);
- оперативна пам'ять: 1/2/4 ГБ LPDDR3 SDRAM (залежно від моделі);
- графічний процесор: Mali-T624 MP2 з підтримкою OpenGL ES 3.0/3.1, OpenVG 1.1;
- мережеві інтерфейси: Gigabit Ethernet;
- бездротові інтерфейси: 802.11ac Wi-Fi та Bluetooth 4.0;
- виходи відео та аудіо: HDMI 2.0a, Display Port 1.2, Jack 3.5 мм;
- периферійні інтерфейси: USB 3.0 Host x2, USB 2.0 Host x2, eMMC модуль;
- накопичувач: MicroSD слот;
- операційна система: Android, Debian, Ubuntu та інші дистрибутиви Linux;
- розміри: 115 x 60 x 25 мм;
- вага: 105 г;
- споживання енергії: 5В/3А.

ROCK64 позиціонується як потужніша і більш функціональна альтернатива Raspberry Pi. Його 64-бітний шестиядерний процесор, підтримка сучасних стандартів бездротового зв'язку та відео, роблять його привабливим вибором для різноманітних проектів та застосувань з підвищеними вимогами до продуктивності [14].

#### **2.1.5 Odroid**

Odroid - це лінійка одноплатних комп'ютерів, розроблена компанією Hardkernel з Південної Кореї. Вона пропонує різні моделі з процесорами ARM та

x86, призначені для освітніх цілей, домашньої автоматизації, мультимедійних центрів та інших застосувань. Одна з популярних моделей - Odroid-XU4:

- процесор: Samsung Exynos5422 Cortex-A15 2Ghz і Cortex-A7 Octa core CPUs;
- оперативна пам'ять: 2ГБ LPDDR3 RAM при 933 МГц;
- графічний процесор: Mali-T628 MP6 (OpenGL ES 3.1/3.0/2.0/1.1 і OpenVX 1.1);
- мережеві інтерфейси: Гігабітний Ethernet RJ-45;
- бездротові інтерфейси: IEEE 802.11 a/b/g/n/ac двохдіапазонний та Bluetooth 4.0;
- виходи відео та аудіо: HDMI 1.4a для відео та аудіо;
- периферійні інтерфейси: 2xUSB 3.0 Host, USB 2.0 OTG;
- накопичувач: MicroSD слот;
- операційна система: Ubuntu, Android, ARCHLinux, Fedora та інші дистрибутиви Linux;
- розміри: 82 x 58 x 22 мм;
- вага: 60 г.

Лінійка пристроїв Odroid пропонує широкий вибір можливостей продуктивності та функціоналу залежно від моделі. Їхня відкрита природа та підтримка різних операційних систем роблять їх популярним вибором для любителів та розробників [15].

### **2.1.6 BeagleBone**

BeagleBone - це низьковитратний одноплатний комп'ютер, розроблений кооперативом BeagleBoard.org. Він призначений переважно для застосувань в галузі електроніки, навчання та дослідницьких проектів. BeagleBone має такі технічні характеристики:

- процесор: AM3358 ARM Cortex-A8 з тактовою частотою 1 ГГц (Texas Instruments);
- оперативна пам'ять: 512 МБ DDR3 RAM (табл. 2.1);

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця мікроконтролерів

| Модель                 | Процесор                                     | ОЗП            | Графіка               | Мережа           | Бездротові інтерфейси           | Виходи                         | Розміри        |
|------------------------|----------------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Raspberry Pi 3 Model B | 64-bit ARM Cortex-A53 4x1.2ГГц               | 1ГБ LPDDR2     | Broadcom VideoCore IV | 10/100 Ethernet  | 802.11n WiFi, Bluetooth 4.1     | HDMI, 3.5mm аудіо, 40-pin GPIO | 85.6x56.5x17мм |
| Orange Pi              | Quad-Core ARM Cortex-A7 1.6ГГц               | 1ГБ DDR3       | Mali400 MP2           | 10/100 Ethernet  | Додатковий модуль               | HDMI, AV                       | 85x55x22мм     |
| ASUS Tinker Board      | ARM Cortex-A17 4x1.8ГГц                      | 2ГБ LPDDR3     | Mali-T764             | Gigabit Ethernet | 802.11b/g/n WiFi, Bluetooth 4.0 | HDMI, HDMI-CEC                 | 85.6x56x21мм   |
| ROCK64                 | ARM Cortex-A53 4x1.5ГГц, Cortex-A72 2x1.8ГГц | 1/2/4ГБ LPDDR3 | Mali-T624 MP2         | Gigabit Ethernet | 802.11ac WiFi, Bluetooth 4.0    | HDMI 2.0a, DisplayPort 1.2     | 115x60x25мм    |
| Odroid                 | Різні варіанти ARM та Intel                  | До 4ГБ         | Різні інтегровані     | Gigabit Ethernet | Різні модулі                    | HDMI, DisplayPort              | Різні розміри  |
| BeagleBone             | ARM Cortex-A8 1ГГц                           | 512МБ DDR3     | PowerVR SGX530        | 10/100 Ethernet  | Додатковий модуль               | HDMI, 2x28 GPIO                | 86.4x53.3мм    |

- графічний процесор: PowerVR SGX530 3D;
- мережеві інтерфейси: 10/100 Мбіт/с Ethernet;

- бездротові інтерфейси: Підтримка додаткових WiFi/Bluetooth модулів;
- виходи відео та аудіо: HDMI, 2x28 OEM настроювані конектори;
- периферійні інтерфейси: USB 2.0 Host, USB 2.0 Client, UART;
- накопичувач: MicroSD слот;
- операційна система: різні дистрибутиви Linux, Android, Cloud9 IDE;
- розміри: 86.4 мм × 53.3 мм;
- вага: 39.68 г;
- споживана потужність: 210-460 мА.

BeagleBone орієнтований на розробників та прототипування електронних пристроїв. Його низька ціна, відкрита природа та підтримка різноманітних операційних систем роблять його популярним вибором для навчання, досліджень та розробки вбудованих систем [16].

## **2.2 Вибір датчика температури**

### **2.2.1 Aosong Electronics Co. DHT11**

DHT11 - це недорогий цифровий датчик температури та вологості повітря, який розроблений Aosong Electronics Co., Ltd. Він широко використовується в різноманітних побутових та промислових додатках через свою простоту інтеграції, низьку вартість та енергоспоживання. Основні характеристики датчика DHT11:

- сенсор температури: термістор;
- сенсор вологості: ємнісний датчик;
- напруга живлення: 3-5.5В постійного струму;
- максимальний струм: 2.5мА при 5В;
- діапазон вимірювання температури: 0°C - 50°C;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 20% - 90% відносної вологості;

- похибка вимірювання вологості:  $\pm 5\%$ ;
- час відгуку: 6-15 секунд для вологості, 30 секунд для температури;
- період оновлення даних: 1 Гц;
- інтерфейс передачі даних: цифровий послідовний;
- розміри: 15.5 x 12 x 5.5 мм;
- вага: 3 г.

DHT11 передає дані у вигляді 40-бітового цифрового сигналу, який інкапсулює виміряну температуру та вологість. Бібліотеки для роботи з датчиком доступні для різних платформ, включаючи Arduino, Raspberry Pi та інші. Незважаючи на невисоку точність, DHT11 є доступним вибором для вимірювання температури та вологості у непромислових застосунках [17].

### **2.2.2 Aosong Electronics AM2302**

AM2302 - це цифровий датчик температури та вологості повітря, розроблений компанією Aosong Electronics. Він є повністю функціональним аналогом більш відомого датчика DHT22 і має покращену точність у порівнянні з попереднім датчиком DHT11. Технічні характеристики AM2302:

- вимірювані величини: температура повітря, відносна вологість;
- діапазон вимірювання температури:  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $125^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0-100% відносної вологості;
- похибка вимірювання вологості:  $\pm 2\%$ ;
- напруга живлення: 3.3В - 6В постійного струму;
- максимальний струм споживання: 2.5 мА (під час вимірювання);
- час відгуку: 2 секунди;
- інтерфейс передачі даних: цифровий послідовний;
- розміри: 27 мм x 59 мм x 13.5 мм (з кріпленням);
- вага: 3 г.

AM2302 використовує ємнісний датчик для вимірювання вологості та термістор для вимірювання температури. Дані передаються цифровим послідовним інтерфейсом у вигляді 40-бітного пакета. Датчик захищений від впливу конденсату та має покращену стійкість до хімічних забруднень порівняно з DHT11.

AM2302 широко застосовується в системах кондиціонування повітря, осушувачах, системах контролю мікроклімату в приміщеннях через його високу точність, надійність та відносно низьку вартість [18].

### 2.2.3 Bosch Sensortec BME280

BME280 - це високоточний цифровий датчик атмосферного тиску, температури та вологості, розроблений компанією Bosch Sensortec. Він широко застосовується у різноманітних галузях, таких як Інтернет речей, навігація, метеорологія та системи контролю навколишнього середовища. BME280 має такі характеристики:

Вимірювані величини: Атмосферний тиск, температура повітря, відносна вологість

- діапазон вимірювання тиску: 300 - 1100 гПа;
- похибка вимірювання тиску:  $\pm 1$  гПа;
- діапазон вимірювання температури:  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $85^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100% відносної вологості;
- похибка вимірювання вологості:  $\pm 3\%$ ;
- інтерфейс: I2C або SPI;
- напруга живлення: 1.71В - 3.6В;
- струм споживання: 3.6 мкА @ 1 Гц вимірювання;
- розміри: 2.5 мм x 2.5 мм x 0.93 мм.

BME280 використовує пієзорезистивний датчик тиску, термістор та ємнісний датчик вологості, що забезпечує високу точність вимірювань. Малі розміри та низьке енергоспоживання роблять його ідеальним для автономних та мобільних пристроїв. Датчик підтримує зчитування калібрувальних коефіцієнтів безпосередньо з пам'яті для покращення точності.

BME280 широко використовується в метеорологічних станціях, квадрокоптерах, фітнес-трекерах, смарт-годинниках та інших пристроях, де потрібне точне вимірювання навколишнього середовища [19].

#### **2.2.4 Silicon Labs Si7021**

Si7021 - це високоточний датчик температури та відносної вологості з цифровим вихідним інтерфейсом, розроблений компанією Silicon Labs. Він широко застосовується в різноманітних побутових, комерційних та промислових системах завдяки своїй високій надійності, точності та енергоефективності. Ось основні характеристики датчика Si7021:

- вимірювані величини: температура та відносна вологість;
- діапазон вимірювання температури:  $-10^{\circ}\text{C}$  -  $85^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 80% відносної вологості;
- похибка вимірювання вологості:  $\pm 3\%$ ;
- роздільна здатність вимірювання температури:  $0.01^{\circ}\text{C}$ ;
- роздільна здатність вимірювання вологості: 0.04%;
- інтерфейс передачі даних: цифровий двопровідний I2C;
- напруга живлення: 1.9В - 3.6В;
- струм споживання: 630 нА (режим сну);
- розміри: 2 x 2 x 0.75 мм (WLCSP).

Si7021 поєднує термістор та ємнісний датчик вологості в одному компактному корпусі. Його низьке енергоспоживання, швидкий час відгуку та висока роздільна здатність роблять його привабливим варіантом для застосувань з живленням від батарей. Датчик має вбудовані калібрувальні коефіцієнти для точних вимірювань.

Si7021 застосовується в метеорологічному обладнанні, системах контролю клімату, медичному обладнанні, бездротових датчиках та багатьох інших пристроях, де потрібні точні вимірювання параметрів навколишнього середовища [20].

### 2.2.5 Honeywell HIH-5030

HIH-5030 - це аналоговий інтегрований датчик вологості та температури, розроблений компанією Honeywell. Він широко використовується в різноманітних комерційних і промислових застосуваннях через свою надійність, низьке енергоспоживання та відносно низьку вартість. Ось технічні характеристики HIH-5030:

- вимірювані величини: відносна вологість, температура;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100% відносної вологості;
- точність вимірювання вологості:  $\pm 3.5\%$  при  $25^{\circ}\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання температури:  $0^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- точність вимірювання температури:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  при  $25^{\circ}\text{C}$ ;
- час відгуку (63%): 5 секунд для вологості, 2 хвилини для температури;
- напруга живлення: 4 - 5.8 В постійного струму;
- струм споживання: 200 мкА (макс.);
- вихідний сигнал: Лінійний аналоговий вихід напругою;
- розміри: 16 x 25.5 x 3.6 мм (корпус SOIC-8);
- вага: 2.4 г.

HIH-5030 використовує ємнісний полімерний сенсор для вимірювання вологості та термістор для температури. Датчик калібрується на заводі та не вимагає додаткової корекції. Він забезпечує прийнятну точність вимірювань для широкого кола застосувань. HIH-5030 знайшов застосування у системах обігріву, вентиляції та кондиціонування повітря, приладах контролю вологості, медичному та промислому обладнанні завдяки простоті інтеграції через аналоговий вихідний сигнал [21].

### 2.2.6 Датчик температури DHT22

DHT22, також відомий як AM2302, є цифровим датчиком температури та вологості повітря, розробленим компанією Aosong Electronics. Він широко використовується в різноманітних додатках через свою високу точність, надійність та доступну ціну. DHT22 має такі технічні характеристики:

- вимірювані величини: температура повітря, відносна вологість;

- діапазон вимірювання температури:  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $125^{\circ}\text{C}$ ;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100% відносної вологості;
- похибка вимірювання вологості:  $\pm 2$  - 5% відносної вологості;
- напруга живлення: 3,3 - 6 В постійного струму;
- струм споживання: 0,3 - 60 мкА (у режимі вимірювання);
- інтерфейс передачі даних: цифровий послідовний;
- роздільна здатність:  $0,1^{\circ}\text{C}$  для температури, 0,1% для вологості;
- розміри: 25 x 15 x 7 мм (з кріпленням);
- вага: 3 г.

DHT22 використовує ємнісний датчик для вимірювання вологості та термістор для вимірювання температури. Дані передаються цифровим послідовним інтерфейсом у вигляді 40-бітного пакета даних. Датчик має покращену стійкість до конденсату та хімічних забруднень порівняно з більш ранніми версіями.

DHT22 широко застосовується у системах контролю мікроклімату, метеорологічних станціях, системах кондиціонування повітря, зволожувачах та осушувачах повітря завдяки своїй високій точності та надійності у різних умовах навколишнього середовища [22].

Завдяки високій точності і надійності в різних умовах, DHT22 широко використовується в системах контролю мікроклімату, метеорологічних станціях, системах кондиціонування повітря, а також у зволожувачах та осушувачах повітря. Його переваги включають здатність працювати в широкому діапазоні температур і вологості, що робить його ідеальним для застосувань, де потрібен стабільний і точний моніторинг кліматичних умов. Завдяки своїй компактності та низькому енергоспоживанню, DHT22 також часто використовується в портативних пристроях і системах автоматизації будівель.

Порівняння датчиків температури подані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця датчиків температури

| Датчик  | Вимірювані величини             | Діапазон температури | Точність температури | Діапазон вологості | Точність вологості | Інтерфейс            | Живлення     | Розміри        |
|---------|---------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------|----------------|
| DHT11   | Температура, відносна вологість | 0°C - 50°C           | ±2°C                 | 20% - 90% RH       | ±5% RH             | Цифровий послідовний | 3В - 5.5В    | 15.5х12х5.5мм  |
| BME280  | Температура, вологість, тиск    | -40°C - 85°C         | ±0.5°C               | 0% - 100% RH       | ±3% RH             | I2C, SPI             | 1.71В - 3.6В | 3.0х3.0х0.95мм |
| Si7021  | Температура, вологість          | -10°C - 85°C         | ±0.3°C               | 0% - 80% RH        | ±3% RH             | I2C                  | 1.9В - 3.6В  | 2х2х0.75мм     |
| HH-5030 | Температура, вологість          | 0°C - 60°C           | ±0.5°C при 25°C      | 0% - 100% RH       | ±3.5% RH при 25°C  | Аналоговий           | 4В - 5.8В    | 16х25.5х3.6мм  |
| DHT22   | Температура, вологість          | -40°C - 125°C        | ±0.5°C               | 0% - 100% RH       | ±2% - ±5% RH       | Цифровий послідовний | 3.3В - 6В    | 25х15х7мм      |

## 2.3 Вибір датчика якості повітря

### 2.3.1 MQ-135 Air Quality Sensor

MQ-135 є недорогим напівпровідниковим датчиком якості повітря, розробленим Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. Він призначений для виявлення широкого спектру забруднюючих речовин в повітрі, включаючи аміак (NH<sub>3</sub>), оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), спирти, бензол, диму та інших летких органічних сполук. MQ-135 має такі технічні характеристики:

- чутливі речовини:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , спирти, бензол, дим,  $\text{CO}_2$ ;
- діапазон виявлення: 10 - 300 ppm  $\text{NH}_3$ , 10 - 1000 ppm бензолу;
- робоча напруга: 5 В  $\pm 0,1$  В постійного струму;
- струм нагрівача:  $\leq 150$  мА;
- опір нагрівача: 33 Ом  $\pm 5\%$ ;
- опір датчика: 30 - 200 кОм у свіжому повітрі;
- час нагрівання: 48 год (перші);
- робоча температура:  $-10^\circ\text{C}$  -  $50^\circ\text{C}$ ;
- розміри: 18 мм x 17 мм x 5 мм.

MQ-135 працює на основі твердотільного напівпровідникового датчика, чутливого до різних газів. Зміна концентрації цільових газів призводить до зміни опору датчика, яка може бути виміряна електронним колом та перетворена у відповідне значення концентрації. Прості електронні плати керування часто постачаються разом з датчиком.

MQ-135 широко використовується в системах моніторингу якості повітря в приміщеннях, системах контролю вентиляції, домашніх детекторах диму та газів через свою низьку вартість та здатність виявляти широкий діапазон шкідливих речовин [23].

### 2.3.2 BME680

BME680 - це інтегрований датчик якості повітря, температури, вологості та атмосферного тиску, розроблений компанією Bosch Sensortec. Він поєднує в одному корпусі металоксидний напівпровідниковий газовий сенсор та високоточні датчики зовнішнього середовища. BME680 має такі технічні характеристики:

Вимірювані величини: Температура повітря, відносна вологість, атмосферний тиск, концентрація летких органічних сполук (TVOC), внутрішній опір датчика газу

- діапазон вимірювання температури:  $-40^\circ\text{C}$  -  $85^\circ\text{C}$ ;
- похибка вимірювання температури:  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100% відносної вологості;

- похибка вимірювання вологості:  $\pm 3\%$ ;
- діапазон вимірювання тиску: 300 - 1100 гПа;
- похибка вимірювання тиску:  $\pm 0.6$  гПа;
- інтерфейси: I2C (до 3.4 МГц), SPI (до 10 МГц);
- напруга живлення: 1.7 - 3.6 В;
- Струм споживання: 0.09 - 3.6 мА (залежно від режиму);
- розміри: 3.0 x 3.0 x 0.95 мм;
- вага: 0.003 г.

BME680 оснащений фірмовим алгоритмом Bosch для виявлення впливу температури, вологості та атмосферного тиску на показання датчика газу, забезпечуючи точніші виміри концентрації TVOC. Він знаходить застосування у системах контролю якості повітря в приміщеннях, детекторах забруднення, метеостанціях та портативних пристроях [24].

### 2.3.3 CCS811

CCS811 - це низьковитратний датчик якості повітря для виявлення забруднення всередині приміщень, розроблений компанією AMS (ams AG). Він призначений для моніторингу концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та летких органічних сполук (TVOC). CCS811 має такі технічні характеристики:

- вимірювані величини: еквівалент CO<sub>2</sub>, загальна концентрація летких органічних сполук (TVOC);
- діапазон вимірювання еквіваленту CO<sub>2</sub>: 400 - 8192 ppm;
- діапазон вимірювання TVOC: 0 - 1187 мільйонних часток (ppb);
- точність вимірювання еквіваленту CO<sub>2</sub>:  $\pm 30$  ppm  $\pm 3\%$  від виміряного значення;
- точність вимірювання TVOC:  $\pm 15\%$  від виміряного значення;
- роздільна здатність вимірювання: 1 ppm (CO<sub>2</sub> еквівалент), 1 ppb (TVOC);
- інтерфейс: I2C (до 1 МГц);
- напруга живлення: 1.8 В - 3.6 В;

- струм споживання: 1.08 мА (макс. при 1.8В), 63 мкА (режим очікування);
- розміри: 2.7 x 4.0 x 1.1 мм;
- вага: 0.037 г.

CCS811 використовує металоксидний датчик для виявлення CO<sub>2</sub> та TVOC за допомогою вбудованих алгоритмів та калібрувальних даних. Він має компактний розмір, низьке енергоспоживання та простий цифровий інтерфейс I2C, що робить його привабливим для застосувань в Інтернеті речей.

Датчик CCS811 широко використовується в системах контролю якості повітря приміщень, моніторингу концентрації CO<sub>2</sub>, портативних детекторах забруднення та інших подібних пристроях [25].

#### **2.3.4 SCD30**

SCD30 - це високоточний сенсор для вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у повітрі, розроблений компанією Sensirion. Він використовується в системах контролю якості повітря в приміщеннях, системах вентиляції та інших додатках, де потрібно точно відстежувати рівні CO<sub>2</sub>. SCD30 має такі технічні характеристики:

- вимірювана величина: концентрація CO<sub>2</sub>;
- діапазон вимірювання: 400 - 10000 ppm;
- точність вимірювання:  $\pm(30 \text{ ppm} + 3\% \text{ від виміряного значення})$ ;
- роздільна здатність: 1 ppm;
- час нагрівання: 12 хвилин;
- інтерфейс: I2C (до 1 МГц);
- напруга живлення: 3.3 - 5.5 В;
- струм споживання: 33 мА (при нагріванні), 7.5 мА (вимірювання), 0.6 мА (режим очікування);
- розміри: 59 x 41 x 21.3 мм;
- вага: 11.5 г.

SCD30 використовує недисперсний інфрачервоний (NDIR) метод вимірювання концентрації CO<sub>2</sub> з подвійним каналом та запатентований алгоритм калібрування для високої точності та стабільності показань. Датчик має вбудований резистивний нагрівач для витіснення вологи та вбудований датчик температури/вологості для компенсації впливу навколишнього середовища.

SCD30 широко застосовується в системах вентиляції, контролю якості повітря в школах, офісах, квартирах, а також в переносних моніторах рівня CO<sub>2</sub> завдяки своїй високій надійності, точності та здатності до точного виявлення [26].

### **2.3.5 Plantower PMS5003**

PMS5003 - це датчик для виявлення забруднення повітря твердими частинками (пил, дим, пилок тощо), розроблений компанією Plantower. Він використовує метод розсіювання лазерного променя для підрахунку та вимірювання концентрації частинок різних розмірів. PMS5003 має такі технічні характеристики:

- вимірювані величини: концентрація завислих частинок PM1.0, PM2.5, PM10;
- діапазон вимірювання: 0 - 500 мкг/м<sup>3</sup>;
- роздільна здатність: 1 мкг/м<sup>3</sup>;
- точність вимірювання:  $\pm 10\%$  при 100-500 мкг/м<sup>3</sup>,  $\pm 10$  мкг/м<sup>3</sup> при 0-100 мкг/м<sup>3</sup>;
- час відгуку:  $< 1$  с;
- інтерфейс передачі даних: UART або I2C;
- напруга живлення: 5 В постійного струму;
- струм споживання: 90 мА при роботі,  $< 100$  мкА в режимі сну;
- робоча температура:  $-10^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- розміри: 50 x 38 x 21 мм;
- вага: 27 г.

PMS5003 містить внутрішню камеру, в якій повітря збагачується частинками за допомогою мініатюрного вентилятора. Лазер освітлює ці частинки, а розсіяне світло детектується високочутливим приймачем. Цифровий сигнал обробляється процесором для визначення концентрації часток різних розмірів.

Датчик PMS5003 широко використовується в системах моніторингу якості повітря в приміщеннях і навколишньому середовищі, метеостанціях, детекторах димового забруднення, системах вентиляції та очищення повітря [27].

### 2.3.6 ZMOD4410

ZMOD4410 - це інтегрований датчик якості повітря в приміщеннях, розроблений компанією Renesas Electronics. Він поєднує кілька датчиків в одному корпусі для вимірювання різних параметрів забруднення повітря. ZMOD4410 має такі технічні характеристики:

Вимірювані величини: концентрація CO<sub>2</sub>, загальна концентрація летких органічних сполук (TVOC), температура, відносна вологість;

- діапазон вимірювання CO<sub>2</sub>: 400 - 5000 ppm;
- точність вимірювання CO<sub>2</sub>:  $\pm 50$  ppm  $\pm 3\%$  від виміряного значення;
- діапазон вимірювання TVOC: 0 - 60000 ppb;
- діапазон вимірювання температури: -40°C - 85°C;
- точність вимірювання температури:  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ;
- діапазон вимірювання вологості: 0 - 100% відносної вологості;
- точність вимірювання вологості:  $\pm 3\%$ ;
- інтерфейс: I2C (до 1 МГц);
- напруга живлення: 1.7 - 3.6 В постійного струму;
- струм споживання: 3.5 мА (активний режим), 1.2 мкА (режим сну);
- розміри: 8.5 x 8.5 x 3.1 мм.

ZMOD4410 використовує оптичний NDIR датчик для вимірювання CO<sub>2</sub>, металоксидний датчик для TVOC, а також високоточні аналогові датчики температури та вологості. Компактний розмір, низьке енергоспоживання та цифровий інтерфейс I2C роблять його підходящим для інтеграції в пристрої Інтернету речей.

Цей датчик застосовується в системах моніторингу якості повітря в приміщеннях, системах вентиляції та кондиціонування, метеостанціях та інших додатках, де потрібно відстежувати кілька параметрів забруднення одночасно [28].

### 2.3.7 Sseeed Studio Grove Air Quality Sensor

Sseeed Studio Grove Air Quality Sensor - це модуль датчика якості повітря, сумісний з екосистемою Grove від Sseeed Studio. Він призначений для виявлення різних забруднюючих газів у повітрі, таких як чадний газ (CO), оксид азоту (NO<sub>2</sub>), аміак (NH<sub>3</sub>), бензол, формальдегід та інші леткі органічні сполуки (VOCs).

Датчик ґрунтується на металоксидному газовому сенсорі, чутливому до різних забруднювачів. Зміна концентрації цих газів у повітрі викликає зміну провідності датчика, яка може бути виміряна та перетворена у відповідне значення концентрації.

Модуль має вбудований нагрівач для часткового окиснення детектованих газів та підсилювач сигналу. Він легко інтегрується з платами на базі Arduino, Raspberry Pi та іншими одноплатними комп'ютерами через стандартний Grove-роз'єм.

Датчик поставляється з бібліотеками та прикладами коду для різних платформ, що спрощує його використання. Завдяки низькій вартості та простоті інтеграції, він широко застосовується в навчальних проектах, системах моніторингу якості повітря, детекторах витоків газу тощо.

Датчик ґрунтується на металоксидному газовому сенсорі, чутливому до різних забруднювачів. Зміна концентрації цих газів у повітрі викликає зміну провідності датчика, яка може бути виміряна та перетворена у відповідне значення концентрації.

Модуль має вбудований нагрівач для часткового окиснення детектованих газів та підсилювач сигналу. Він легко інтегрується з платами на базі Arduino, Raspberry Pi та іншими одноплатними комп'ютерами через стандартний Grove-роз'єм.

Порівняння датчиків якості повітря подане в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняльна таблиця датчиків якості повітря

| Датчик            | Вимірювані величини                                                      | Діапазон вимірювання                                                   | Точність                                                                                     | Інтерфейс  | Живлення             | Розміри        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|----------------|
| MQ-135            | NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , спирти, бензол, дим, CO <sub>2</sub> | 10-300 ppm NH <sub>3</sub> , 10-1000 ppm бензолу                       | -                                                                                            | Аналоговий | 5В постійного струму | 18x17x5 мм     |
| CCS811            | CO <sub>2</sub> еквівалент, TVOC                                         | 400-8192 ppm CO <sub>2</sub> , 0-1187 ppb TVOC                         | ±30 ppm<br>±3% (CO <sub>2</sub> ),<br>±15% (TVOC)                                            | I2C        | 1.8-3.6В             | 2.7x4.0x1.1 мм |
| SCD30             | Концентрація CO <sub>2</sub>                                             | 400-10000 ppm                                                          | ±(30 ppm +3%)                                                                                | I2C        | 3.3-5.5В             | 59x41x21.3 мм  |
| PMS5003           | PM1.0, PM2.5, PM10                                                       | 0-500 мкг/м <sup>3</sup>                                               | ±10% при 100-500 мкг/м <sup>3</sup> ,<br>±10 мкг/м <sup>3</sup> при 0-100 мкг/м <sup>3</sup> | UART, I2C  | 5В                   | 50x38x21 мм    |
| ZMOD4410          | CO <sub>2</sub> , TVOC, температура, вологість                           | 400-5000 ppm CO <sub>2</sub> , 0-60000 ppb TVOC, -40°C-85°C, 0-100% RH | ±50 ppm<br>±3% (CO <sub>2</sub> ),<br>±0.5°C,<br>±3% RH                                      | I2C        | 1.7-3.6В             | 8.5x8.5x3.1 мм |
| Grove Air Quality | CO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , VOCs                             | -                                                                      | -                                                                                            | Аналоговий | 5В                   | -              |

## 2.4 Вибір датчика дотику

Датчик дотику може бути використаний для моніторингу активності/присутності літньої людини. Коли людина торкається цього датчика, система може

сприйняти це як сигнал, що все гаразд, або навпаки - відсутність активації датчика протягом тривалого часу може розцінюватись як потенційна проблема, яка вимагає сповіщення опікунів через електронний лист або іншим способом. Це корисний сенсор для відстеження основних рухів людини в домашніх умовах.

#### **2.4.1 Сенсор дотику TTP223**

TTP223 - це інтегрована мікросхема ємнісного сенсора дотику, виготовлена компанією Avant Electronics. Це одноканальний сенсор дотику, розроблений для різноманітних застосувань із виявленням дотику. TTP223 використовує технологію ємнісного зчитування для виявлення присутності або відсутності дотику людини.

Ключові особливості TTP223 включають:

- одноканальне ємнісне зчитування дотику;
- низьке енергоспоживання (менше 1 мкА в режимі сну);
- автоматична калібрація для компенсації змін навколишнього середовища;
- регульована чутливість і час вибірки;
- компактний корпус (6 виводів SOT-23).

TTP223 працює на принципі ємнісного зчитування. Він вимірює ємність на сенсорній панелі або електроді. Коли поблизу або на сенсорну панель наближається провідний об'єкт, наприклад палець людини, він змінює ємність, що виявляється мікросхемою TTP223.

TTP223 широко використовується в різноманітних застосуваннях із виявленням дотику завдяки своїй простоті та низькій вартості реалізації. Деякі поширені застосування включають:

- сенсорні кнопки або перемикачі в побутовій електроніці;
- сенсорні елементи керування в побутовій техніці;
- виявлення присутності в системах безпеки;
- сенсорні інтерфейси користувача у вбудованих системах.

TTP223 сумісний з мікроконтролерами та його можна легко інтегрувати в проекти на базі Arduino, Raspberry Pi або інших платформ для розробки [29].

### 2.4.2 AT42QT1010

AT42QT1010 - це інтегрована мікросхема одноканального ємнісного сенсора дотику, виготовлена компанією Microchip Technology Inc. (раніше Atmel Corporation). Вона розроблена для виявлення присутності або відсутності дотику людини з використанням технології ємнісного зчитування

- ключові особливості AT42QT1010 включають:
- одноканальне ємнісне зчитування дотику;
- низьке енергоспоживання ( $< 2,5$  мкА в нормальному режимі);
- автоматична калібрація для компенсації змін навколишнього середовища;
- регульована чутливість і час вибірки;
- компактний корпус (8 виводів SOIC);
- вбудований захисний канал для зменшення перешкод.

AT42QT1010 працює на принципі ємнісного зчитування. Він вимірює ємність на сенсорній панелі або електроді. Коли поблизу або на сенсорну панель наближається провідний об'єкт, наприклад палець людини, він змінює ємність, що виявляється мікросхемою AT42QT1010.

AT42QT1010 широко використовується в різноманітних застосуваннях із виявленням дотику завдяки своїй простоті та низькій вартості реалізації. Деякі поширені застосування включають (Sparkfun Electronics, н.д.):

- сенсорні кнопки або перемикачі в побутовій електроніці;
- сенсорні елементи керування в побутовій техніці;
- виявлення присутності в системах безпеки;
- сенсорні інтерфейси користувача у вбудованих системах.

AT42QT1010 сумісний з мікроконтролерами та його можна легко інтегрувати в проекти на базі Arduino, Raspberry Pi або інших платформ для розробки [30].

### 2.4.3 DFRobot

DFRobot ємнісний сенсор дотику - це компактний модуль для виявлення наближення або безпосереднього дотику провідних об'єктів, таких як палець людини,

за допомогою технології ємнісного сенсора. Цей пристрій розроблений і виготовлений компанією DFRobot - одним з провідних китайських виробників електронних компонентів, модулів та навчальних наборів для різноманітних проектів.

Особливості:

- одноканальна технологія ємнісного сенсора дотику;
- компактний розмір і проста інтеграція в системи;
- регульована чутливість для оптимізації під конкретні застосування;
- цифровий вихідний сигнал високого/низького рівня для зручної взаємодії з мікроконтролерами;
- низьке енергоспоживання, що робить його придатним для автономних і мобільних пристроїв.

Ємнісний сенсор дотику DFRobot ґрунтується на принципі виявлення змін електростатичної ємності конденсатора, утвореного електродам сенсора. Коли поблизу електрода з'являється провідний об'єкт, такий як палець людини, ємність конденсатора змінюється внаслідок впливу тіла людини. Ця зміна ємності виявляється і обробляється вбудованою електронікою модуля, який у результаті генерує цифровий вихідний сигнал високого або низького рівня, сигналізуючи про наявність або відсутність дотику відповідно.

Завдяки простоті використання, компактності та відносно низькій вартості, DFRobot знаходить широке застосування у багатьох галузях, зокрема:

- сенсорні кнопки та перемикачі в побутових пристроях та електроніці;
- інтерактивні інтерфейси користувача в мобільних пристроях та іграх;
- системи безпеки, виявлення присутності та охоронна сигналізація;
- інтерактивні експозиції, художні інсталяції та навчальні проекти;
- автоматизація та керування "розумним" будинком.

Сумісність з популярними платформами, такими як Arduino, Raspberry Pi та іншими мікроконтролерами, а також наявність бібліотек і прикладів коду, полегшують інтеграцію цього сенсора у різноманітні проекти [31].

#### 2.4.4 Багатоканальний ємнісний датчик дотику MPR121

MPR121 є інтегрованою мікросхемою, розробленою компанією Freescale Semiconductor (нинішня NXP Semiconductors), яка дозволяє виявляти присутність чи відсутність людського дотику на декількох електродах одночасно, вимірюючи зміни їхньої електричної ємності.

- визначальні риси MPR121 включають:
- підтримка до 12 незалежних каналів для ємнісних датчиків;
- мінімальне споживання енергії (менше 2 мкА в режимі сканування);
- автоматичне калібрування для компенсації змін у навколишньому середовищі;
- цифровий вихідний сигнал для спрощеної інтеграції з мікроконтролерами;
- компактний корпус (24 виводи QFN);
- вбудовані режими фільтрації для усунення перешкод.

MPR121 функціонує на основі технології ємнісного зчитування даних. Він безперервно сканує стан кожного підключеного електрода та вимірює їхню електричну ємність. Коли провідний об'єкт, наприклад людський палець, наближається або торкається електрода, його ємність змінюється. Ці зміни аналізуються внутрішньою електронікою датчика, яка потім генерує відповідний цифровий вихідний сигнал.

MPR121 широко використовується у різноманітних застосуваннях з сенсорним введенням завдяки можливості обробляти декілька каналів одночасно та легкій інтеграції. Деякі типові випадки застосування включають:

- сенсорні панелі керування в побутовій техніці та електроніці;
- інтерактивні інтерфейси користувача у вбудованих системах;
- системи виявлення присутності та охоронні системи;
- протези та допоміжні пристрої для людей з обмеженими можливостями.

MPR121 сумісний з численними мікроконтролерами та платформами, такими як Arduino та Raspberry Pi [32].

#### **2.4.5 Seeed Studio Grove Touch Sensor**

Seeed Studio Grove Touch Sensor є універсальним і простим у використанні модулем, який застосовується в різноманітних електронних проектах. Датчик має наступні технічні характеристики та можливості застосування:

Технічні характеристики:

- напруга живлення: 3.3V або 5V;
- інтерфейс: цифровий;
- чутливість: висока чутливість до дотику;
- розміри: 20 мм x 20 мм;
- індикація: вбудований світлодіод, який інформує про стан датчика;
- споживання струму: низьке споживання струму, що робить його енергоефективним;
- температурний діапазон: від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $85^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє використовувати датчик у різних кліматичних умовах.

Можливості застосування:

- використовується в інтерактивних інсталяціях, де необхідно забезпечити чутливість до дотику, наприклад, у сенсорних панелях або інтерактивних дисплеях;
- може бути інтегрований у системи, що розпізнають жести, забезпечуючи більш природний і інтуїтивний спосіб взаємодії з електронними пристроями;
- використовується в системах домашньої автоматизації, таких як сенсорні вимикачі світла або сенсорні панелі керування іншими пристроями;
- може бути інтегрований у ігрові пристрої та консолі для забезпечення інтерактивного геймплею;
- ідеально підходить для навчальних лабораторій та проектів, де студенти можуть навчатися основам роботи з сенсорними пристроями та інтеграцією їх у різноманітні системи;

– використовується у медичних приладах для покращення взаємодії пацієнтів із сенсорними панелями або іншими пристроями.

Цей модуль є рішенням для широкого спектру застосувань завдяки своїй простоті у використанні та високій чутливості до дотику [33] (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Порівняльна таблиця датчиків дотику

| Модель                                               | Виробник          | Напруга живлення | Інтерфейс | Кількість каналів | Споживання струму | Додаткові особливості                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AT42QT1010</b>                                    | Atmel (Microchip) | 1.8V - 5.5V      | Цифровий  | 1                 | 1.8 - 5.5V        | Один сенсорний вхід, низьке енергоспоживання, автокалібрування                                                                       |
| <b>DFRobot Capacitive Touch Sensor</b>               | DFRobot           | 3.3V - 5V        | Цифровий  | 1                 | Низьке            | Простий у використанні, підходить для DIY проектів, високочутливий                                                                   |
| <b>Багатоканальний ємнісний датчик дотику MPR121</b> | Freescale (NXP)   | 1.71V - 3.6V     | I2C       | 12                | Низьке            | Підтримка до 12 сенсорних входів, програмовані інтеррупти, автокалібрування                                                          |
| <b>Seeed Studio Grove Touch Sensor</b>               | Seeed Studio      | 3.3V або 5V      | Цифровий  | 1                 | Низьке            | Вбудований світлодіод для індикації стану, висока чутливість, простий в інтеграції, широкий температурний діапазон від -40°C до 85°C |

### 3 ВИБІР ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1 Hologram Data Router

Hologram Data Router – це інноваційне рішення, розроблене компанією Hologram, яке забезпечує безпроблемний та ефективний спосіб передачі даних через стільникові мережі. Ця технологія відкриває нові можливості для IoT-пристроїв, дозволяючи їм надійно обмінюватися інформацією з хмарними сервісами в будь-якій точці світу.

Hologram Data Router складається з двох основних компонентів: апаратного модуля Hologram Nova та хмарної платформи Hologram.io. Модуль Hologram Nova – це компактний пристрій, який містить вбудований модем стільникового зв'язку та мікроконтролер. Він підключається до основного пристрою, наприклад Raspberry Pi, за допомогою USB-інтерфейсу та забезпечує з'єднання з глобальною стільниковою мережею.

Хмарна платформа Hologram.io відіграє ключову роль у маршрутизації та обробці даних, що передаються через Hologram Data Router. Вона діє як проміжний шар між пристроями, підключеними через Hologram Nova, та кінцевими хмарними сервісами або додатками. Платформа Hologram.io забезпечує безпечну передачу даних, автоматичний вибір найкращої доступної стільникової мережі та можливість налаштування маршрутів для обробки та розподілу даних відповідно до вимог додатків.

Hologram Data Router пропонує численні переваги та унікальні особливості, які роблять її привабливим рішенням для IoT-проектів:

- завдяки підтримці численних стільникових операторів у різних країнах, Hologram Data Router забезпечує надійне з'єднання в усьому світі, що особливо важливо для додатків, які вимагають мобільності або розташовані у віддалених місцях;

- Hologram.io використовує сучасні методи шифрування та автентифікації для забезпечення конфіденційності та цілісності даних, що передаються через стільникові мережі;
- Hologram Data Router сумісний з популярними платформами розробки, такими як Raspberry Pi та Arduino, і пропонує зручні SDK та бібліотеки для полегшення інтеграції в різні проекти IoT;
- платформа Hologram.io дозволяє налаштовувати маршрути для обробки даних відповідно до вимог додатків, наприклад, відправляти дані на різні хмарні сервіси, виконувати обробку в реальному часі або тригерити дії на основі отриманих даних;
- Hologram.io забезпечує комплексний моніторинг і аналітику для відстеження стану пристроїв, використання даних та виявлення можливих проблем, що полегшує керування розподіленими IoT-системами.

Hologram Data Router знаходить широке застосування в різноманітних галузях, де є потреба в надійному та безпечному з'єднанні IoT-пристроїв з хмарними сервісами. Деякі типові приклади застосування включають:

- системи моніторингу та контролю у важкодоступних місцях, таких як нафтові родовища, вітрові електростанції або віддалені метеорологічні станції;
- транспортні та логістичні рішення для відстеження пересування вантажів, автомобілів або контейнерів у режимі реального часу;
- системи "розумного" міста для моніторингу якості повітря, рівня шуму, трафіку або збору даних із різноманітних сенсорів, розташованих у міській інфраструктурі;
- сільськогосподарські додатки, такі як моніторинг ґрунту, метеорологічних умов або контроль зрошувальних систем у віддалених регіонах;
- телемедичні рішення для віддаленого моніторингу стану здоров'я пацієнтів та передачі медичних даних у хмарні системи.

Hologram Data Router є інноваційним рішенням, яке забезпечує надійну та безпечну передачу даних через стільникові мережі для IoT-пристроїв у будь-якій точці світу. Завдяки своїй унікальній архітектурі, що поєднує апаратний модуль

Hologram Nova та хмарну платформу Hologram.io, ця технологія відкриває нові можливості для розгортання IoT-додатків у різноманітних галузях, забезпечуючи безперебійний обмін даними, гнучку маршрутизацію та комплексний моніторинг. Hologram Data Router є потужним інструментом для реалізації концепції Інтернету речей, дозволяючи пристроям ефективно взаємодіяти з хмарними сервісами, незалежно від їх місцезнаходження [34].

### 3.2 IFTTT Maker Service

IFTTT (If This Then That) – це інноваційна платформа, яка дозволяє створювати автоматизовані сценарії, відомі як аплети, для взаємодії між різними веб-сервісами, додатками та пристроями. Одним з ключових компонентів IFTTT є Maker Service, який відіграє вирішальну роль у інтеграції власних пристроїв, систем чи веб-сервісів з IFTTT.

Maker Service – це веб-сервіс, який дозволяє відправляти HTTP-запити на IFTTT для запуску певних дій чи тригерів. Ці запити можуть бути ініційовані з будь-якого джерела, наприклад, з власного веб-додатка, IoT-пристрою або хмарної платформи. Кожен запит на Maker Service повинен містити унікальний ключ, відомий як Maker Webhook Key, який використовується для автентифікації та захисту від несанкціонованих запитів.

Аплети IFTTT складаються з двох частин: тригера (This) та дії (That). Maker Service може виступати як тригер, ініціюючи певну дію в іншому веб-сервісі або додатку, або як дія, коли інший тригер запускає певний HTTP-запит на Maker Service.

Для інтеграції з Maker Service необхідно виконати кілька основних кроків:

- отримання Maker Webhook Key: після реєстрації облікового запису на IFTTT, необхідно згенерувати унікальний Maker Webhook Key у налаштуваннях Maker Service;

- налаштування тригера або дії: залежно від сценарію, потрібно налаштувати тригер або дію в IFTTT, вибравши відповідний веб-сервіс, додаток чи Maker Service;
- відправлення HTTP-запитів: якщо Maker Service виступає як тригер, необхідно відправляти HTTP POST запити з відповідними даними на IFTTT, використовуючи отриманий Maker Webhook Key. Якщо Maker Service є дією, потрібно налаштувати відправку HTTP-запитів на визначену URL та з певними даними;
- обробка відповідей: після успішного запуску аплету, IFTTT повертає HTTP-відповідь, яку можна обробити у своєму коді або системі для підтвердження чи подальших дій;

Maker Service IFTTT пропонує численні переваги та можливості для інтеграції різноманітних систем та автоматизації процесів, зокрема:

- Maker Service дозволяє підключати власні IoT-пристрої, веб-додатки або хмарні сервіси до IFTTT, розширюючи можливості автоматизації та взаємодії з іншими веб-сервісами;
- Maker Service можна використовувати для автоматизації різноманітних бізнес-процесів, наприклад, відправки сповіщень, генерації звітів або ініціювання робочих процесів на основі певних подій чи даних;
- інтегруючи Maker Service з різними розумними пристроями та сервісами для "розумного" будинку, можна створювати складні сценарії автоматизації, такі як регулювання освітлення, управління кліматом або забезпечення безпеки на основі певних подій;
- Maker Service можна використовувати для отримання сповіщень з різних джерел, наприклад, про зміни на веб-сайтах, стан IoT-пристроїв або важливі події в бізнес-системах.

Таким чином можна сказати, що IFTTT Maker Service є потужним інструментом для інтеграції власних пристроїв, систем та веб-сервісів з екосистемою IFTTT, відкриваючи нові можливості для автоматизації та взаємодії між різноманітними веб-сервісами та додатками. Завдяки своїй гнучкості та простоті використання,

Maker Service знаходить широке застосування в різних галузях, від розумного будинку та автоматизації бізнес-процесів до моніторингу та оповіщень. Maker Service є ключовим компонентом для реалізації концепції Інтернету речей, дозволяючи створювати складні сценарії автоматизації та інтегрувати різноманітні пристрої та системи в єдину екосистему [35].

### 3.3 IFTTT Philips Hue

Philips Hue – це одна з провідних систем розумного освітлення для домашнього використання. Вона складається з набору світлодіодних лампочок, керованих через мостовий пристрій Hue Bridge, який підключається до домашньої мережі. Користувачі можуть керувати яскравістю, кольором та іншими параметрами освітлення за допомогою мобільного додатка Hue або голосових помічників, таких як Amazon Alexa або Google Assistant.

Hue Service IFTTT дозволяє інтегрувати систему Philips Hue з IFTTT, забезпечуючи можливість створення складних сценаріїв автоматизації освітлення на основі різноманітних тригерів та умов. Для інтеграції Hue Service з IFTTT необхідно виконати кілька основних кроків:

- під'єднання облікового запису Philips Hue до IFTTT. Після реєстрації облікового запису на IFTTT, потрібно під'єднати свій обліковий запис Philips Hue, виконавши інструкції з'єднання на веб-сайті IFTTT;
- налаштування аплетів IFTTT. Після успішного під'єднання, Hue Service стане доступним для створення аплетів IFTTT. Аплети складаються з тригера (This) та дії (That). Hue Service може виступати як тригер, ініціюючи певну дію в іншому веб-сервісі або додатку, або як дія, коли інший тригер запускає керування освітленням Philips Hue;

- конфігурація сценаріїв освітлення: При налаштуванні аплетів з Hue Service як дією, можна налаштувати різноманітні сценарії освітлення, такі як зміна кольору, яскравості, ввімкнення/вимкнення окремих лампочок або груп лампочок.

Hue Service IFTTT відкриває широкі можливості для автоматизації та інтелектуального керування освітленням у поєднанні з різноманітними тригерами та сервісами, інтегрованими в IFTTT. Ось деякі приклади застосування:

- автоматизація освітлення на основі розкладу. Можна налаштувати аплети для ввімкнення/вимкнення освітлення або зміни його інтенсивності у певний запланований час, наприклад, для імітації присутності людей у будинку або для економії енергії;

- реагування на погодні умови. За допомогою інтеграції з сервісами погоди, можна налаштувати зміну кольору або яскравості освітлення залежно від погодних умов, наприклад, створювати атмосферу шторму або сонячного дня;

- керування освітленням на основі розташування. Інтегруючи Hue Service з сервісами визначення місцезнаходження, можна автоматично вмикати або вимикати освітлення, коли члени сім'ї прибувають або виходять з будинку;

- реагування на події та сповіщення. Hue Service може бути інтегрований з різноманітними сервісами сповіщень, наприклад, змінювати колір освітлення при надходженні важливої електронної пошти або повідомлень у соціальних мережах;

- створення атмосфери для розваг. Поєднуючи Hue Service з мультимедійними сервісами, можна налаштувати освітлення для створення атмосфери під час перегляду фільмів, прослуховування музики або ігор.

IFTTT Hue Service є потужним інструментом для інтеграції розумної системи освітлення Philips Hue з екосистемою IFTTT, відкриваючи нові можливості для автоматизації та інтелектуального керування освітленням. Завдяки гнучкості у створенні аплетів та поєднанні різноманітних тригерів і сервісів, Hue Service дозволяє реалізовувати складні сценарії автоматизації освітлення на основі розкладу, погодних умов, розташування, подій та багатьох інших чинників. Ця інтеграція є важливим кроком у напрямку розумного будинку та підвищення комфорту й ефективності керування домашнім освітленням.

## 4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ

### 4.1 Схема підключення компонентів

Підключення Hologram Nova до Raspberry Pi. Перш за все, необхідно вставити SIM-карту в слот для SIM-карти в Hologram Nova та під'єднати антену. Далі Hologram Nova підключається до одного з USB-портів Raspberry Pi за допомогою USB-кабелю. Для належного з'єднання слід переконаватися, що Hologram Nova надійно зафіксований у USB-порті.

Підключення GrovePi до Raspberry Pi. GrovePi - це додатковий модуль, який підключається до контактів заголовка на Raspberry Pi. Він забезпечує зручний спосіб під'єднання різноманітних датчиків та виконавчих пристроїв до Raspberry Pi. Для підключення GrovePi потрібно акуратно вирівняти контакти на нижній частині GrovePi з контактними штирями на Raspberry Pi і обережно натиснути, щоб зафіксувати його на місці.

Підключення датчиків до GrovePi. У цій системі використовуються три види датчиків: датчик температури та вологості DHT22, датчик якості повітря та датчик дотику. Вони підключаються до відповідних роз'ємів на GrovePi відповідно до специфікації:

- DHT22 підключається до цифрового порту D4;
- датчик якості повітря підключається до аналогового порту A0;
- датчик дотику підключається до цифрового порту D2.

Усі датчики просто вставляються в відповідні роз'єми на GrovePi. Треба звертати увагу на полярність, якщо це необхідно для конкретного датчика.

Після завершення всіх підключень, система готова до налаштування програмного забезпечення та розробки програми для зчитування даних з датчиків та відправки їх на Hologram.io.

## 4.2 Налаштування програмного забезпечення

Першим кроком налаштування програмного забезпечення є встановлення операційної системи Raspbian на Raspberry Pi. Raspbian - це оптимізована для Raspberry Pi операційна система на базі Debian. Для встановлення Raspbian потрібно завантажити останню версію образу Raspbian з офіційного вебсайту (<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>) та записати його на SD-карту за допомогою спеціального програмного забезпечення, такого як Etcher. Після завершення встановлення, необхідно підключити Raspberry Pi до монітора, клавіатури та живлення і виконати первинне налаштування системи.

Наступним кроком є налаштування Hologram Nova для роботи з обліковим записом Hologram.io. Для цього потрібно зареєструватися на [hologram.io](https://hologram.io) та зареєструвати SIM-карту, встановлену в Hologram Nova. Після цього слід виконати інструкції з посібника Hologram, щоб встановити Python SDK та протестувати підключення за допомогою CLI-інструменту.

Для роботи з GrovePi на Raspberry Pi потрібно виконати спеціальний скрипт встановлення. Виконується це командою, поданою в ліст. 4.1.

### Лістинг 4.1 – Виконання скрипта

```
Copy codesudo curl -kL dexterindustries.com/update_grovepi |  
bash  
sudo reboot
```

Це завантажить та встановить всі необхідні бібліотеки та налаштування для GrovePi. Після перезавантаження Raspberry Pi, GrovePi буде готовий до використання.

Після виконання всіх цих кроків, програмне забезпечення буде налаштоване, і можна переходити до розробки програми для моніторингу сенсорів.

### 4.3 Розробка програмного забезпечення

Для розробки програмного забезпечення для системи моніторингу літніх людей використовуються кілька ключових бібліотек і фреймворків. GrovePi є відкритою апаратною платформою, яка дозволяє підключати різноманітні датчики та виконавчі механізми до одноплатних комп'ютерів, таких як Raspberry Pi. GrovePi постачається з офіційною бібліотекою Python для взаємодії з датчиками та модулями GrovePi. Бібліотека Hologram Python SDK використовується для взаємодії з платформою Hologram для передачі даних через стільникові мережі. Крім того, у програмі використовуються стандартні бібліотеки Python, такі як `time`, `math` і `sys`.

Розглянемо зчитування даних з датчиків. Програма починається з імпорту необхідних бібліотек та ініціалізації змінних для зберігання даних датчиків. Потім визначаються порти, до яких підключені датчики. Наприклад, датчик температури та вологості DHT22 підключається до цифрового порту D4, датчик якості повітря - до аналогового порту A0, а датчик дотику - до цифрового порту D2. Функція `grovepi.dht()` використовується для зчитування температури та вологості з датчика DHT22, а `grovepi.analogRead()` - для зчитування значення датчика якості повітря. Дані від датчика дотику зчитуються за допомогою `grovepi.digitalRead()`.

Для передачі даних датчиків на платформу Hologram використовується бібліотека Hologram Python SDK. Спочатку встановлюється з'єднання з мережею за допомогою `hologram.network.connect()`. Потім дані датчиків форматуються у рядок і відправляються на Hologram за допомогою `hologram.sendMessage()`. Метод `Topics` використовується для відправки даних в певну тему, наприклад "SensorVal". Після відправки даних з'єднання з мережею розривається за допомогою `hologram.network.disconnect()`.

Розглянемо налаштування маршрутів на Hologram.io. На порталі Hologram.io можна налаштувати маршрути для обробки вхідних даних. Наприклад, можна створити маршрут для відправки електронних листів зі значеннями датчиків

на певну адресу електронної пошти. Ці маршрути можна також інтегрувати з сервісами, такими як IFTTT, для виконання певних дій на основі отриманих даних.

Після завершення розробки програмного забезпечення воно протестується локально, а потім розгортається на Raspberry Pi для роботи в реальних умовах.

Після цього необхідно провести інтеграцію з хмарними сервісами. Спочатку необхідно створення облікового запису на IFTTT. IFTTT (If This Then That) - це веб-сервіс, який дозволяє створювати умовні інструкції для автоматизації різних дій між різними веб-сервісами, додатками та пристроями. Для інтеграції системи моніторингу з IFTTT, першим кроком є створення облікового запису на [ifttt.com](https://ifttt.com).

Далі налаштовуємо Maker Webhook. Maker Webhook є одним із сервісів IFTTT, який дозволяє відправляти HTTP-запити для запуску певних дій. У контексті системи моніторингу Maker Webhook використовується для прийому даних від Hologram і запуску відповідних дій, таких як відправка сповіщень або зміна стану пристроїв. Для налаштування Maker Webhook потрібно створити нове "Webhook Key" у налаштуваннях сервісу на [ifttt.com](https://ifttt.com).

Після цього налаштовуємо Hue сервіс. Hue сервіс IFTTT інтегрується з системою розумного освітлення Philips Hue. Для налаштування Hue сервісу потрібно під'єднати свій акаунт Philips Hue до IFTTT, виконавши інструкції з'єднання на веб-сайті IFTTT. Після цього Hue сервіс буде доступний для створення сценаріїв (аплетів) в IFTTT.

IFTTT аплети складаються з тригерів та дій. Для системи моніторингу можна створити кілька аплетів, наприклад:

- аплет для зміни кольору світла Hue при виявленні високих значень датчика якості повітря;
- аплет для відправки електронного листа при активації датчика дотику.

Для створення аплету необхідно вибрати тригер (наприклад, Maker Webhook) та вказати введені значення, що надсилатиметься з Hologram. Далі вибирається дія (наприклад, Hue Light або Email) та налаштовуються необхідні параметри.

Після налаштування усіх інтеграцій система буде готова до відправлення даних на хмарну платформу Hologram та виконання відповідних дій через IFTTT на основі отриманих даних.

#### 4.4 Тестування системи

Локальне тестування. Перед розгортанням системи моніторингу в реальних умовах необхідно ретельно протестувати її локально. Локальне тестування дозволяє виявити та виправити потенційні помилки та неточності у програмному забезпеченні та конфігурації в контрольованому середовищі. На цьому етапі перевіряється коректність зчитування даних з усіх підключених датчиків, а також правильність форматування та відправки даних на платформу Hologram.io. При тестуванні можна симулювати різні умови, такі як висока температура, низька якість повітря або активація датчика дотику, та спостерігати відповідну реакцію системи.

Тестування з'єднання через Hologram. Після успішного локального тестування необхідно перевірити стабільність з'єднання через мережу стільникового зв'язку Hologram. Для цього систему слід розмістити в приміщенні з достатнім рівнем сигналу стільникової мережі та протестувати стабільність передачі даних на Hologram.io протягом тривалого періоду часу. Важливо також перевірити, чи коректно реагує система на тимчасову відсутність з'єднання та чи відновлюється передача даних після відновлення підключення.

Тестування сповіщень через IFTTT. Заключним етапом тестування є перевірка правильності роботи інтеграції з хмарним сервісом IFTTT. Необхідно імітувати різні умови, які повинні запускати відповідні апплети IFTTT, наприклад, активація датчика дотику або високе значення датчика якості повітря, та переконатися, що IFTTT правильно отримує дані з Hologram та виконує налаштовані дії, такі як над-

силання електронного листа чи зміна кольору світла. Тестування може здійснюватися як в лабораторних умовах, так і з використанням реальних пристроїв та сервісів, таких як розумне освітлення або електронна пошта.

Після успішного проходження всіх етапів тестування система вважається готовою до розгортання та використання для моніторингу стану літніх людей у домашніх умовах.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було розглянуто розробку системи моніторингу стану літніх людей в домашніх умовах з використанням датчиків та хмарних сервісів. Ця система покликана забезпечити безперервний нагляд за основними показниками здоров'я та активності літніх людей, надаючи своєчасні сповіщення опікунам у разі виявлення будь-яких відхилень або потенційно небезпечних ситуацій.

Для реалізації системи було ретельно проаналізовано та обрано оптимальне апаратне та програмне забезпечення. У якості головного обчислювального пристрою було вибрано Raspberry Pi 3 Model B завдяки його потужності, доступності та підтримці різноманітних периферійних пристроїв. Для моніторингу ключових параметрів були обрані датчик температури та вологості DHT22, датчик якості повітря Screenshot Studio Grove Air Quality Sensor та ємнісний датчик дотику Screenshot Studio Grove Touch Sensor.

Для забезпечення надійного стільникового з'єднання та передачі даних в хмару було інтегровано рішення Hologram Data Router, що дозволяє безпечно та ефективно обмінюватись інформацією через глобальні стільникові мережі. На платформі Hologram.io було налаштовано маршрути для обробки вхідних даних та інтеграції з сервісом IFTTT.

IFTTT відіграє ключову роль у системі, дозволяючи створювати автоматизовані сценарії реагування на основі отриманих даних. Інтеграція з Philips Hue через IFTTT Hue Service дозволяє змінювати стан розумного освітлення в будинку залежно від показників датчиків, надаючи зручний спосіб сповіщення опікунів про потенційні проблеми.

Завдяки своїй модульній архітектурі та гнучкості, розроблена система має широкі можливості для подальшого розширення та вдосконалення. Вона може бути доповнена додатковими датчиками для моніторингу інших параметрів, таких як рівень активності, споживання їжі та рідини, або інтегрована з додатковими сервісами для більш складних сценаріїв сповіщення та реагування.

В цілому, ця дипломна робота демонструє успішну реалізацію системи моніторингу стану літніх людей, яка поєднує переваги Інтернету речей, хмарних обчислень та автоматизації для забезпечення належного нагляду та безпеки в домашніх умовах. Розроблена система є важливим кроком у напрямку покращення якості життя літніх людей, надаючи їм можливість жити самостійно та водночас забезпечуючи необхідний рівень підтримки та турботи з боку опікунів.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лахно В.А. Інтернет речей: виклики, проблеми та перспективи розвитку // Наука та інновації. 2018. №14(3). С. 18-28.
2. Atzori L.A., Iera A.A., Morabito G.G. The Internet of Things: A survey // Computer Networks. 2010. №54(15). С. 2787-2805.
3. Семенов В.В., Печенкіна В.В. Інтернет речей: огляд теоретичних основ // Вісник НТУ "ХПІ". 2018. №19(1295). С. 99-104.
4. Кузьменко О.К., Чумаченко І.В. Інтернет речей та його вплив на сучасне суспільство // Вісник Національного авіаційного університету. 2020. №1(83). С. 82-89.
5. Patel K.K., Patel S.M. Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges // International Journal of Engineering Science and Computing. 2016. №6(5). С. 6122-6131.
6. Abdelhamid S., Hassanein H.S., Takahara G. Vehicle as a mobile sensor // Procedia Computer Science. 2017. №109. С. 349-355.
7. Majumder S., Aghayi E., Noferesti M., Memarzadeh-Tehran H., Mondal T., Pang Z., Deen M.J. Smart homes for elderly healthcare—Recent advances and research challenges // Sensors. 2017. №17(11). С. 2496.
8. Suguna G., Vijayashree R., Sunny P. Internet of Things (IoT) for Elderly Care: An Overview // Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things. Springer, Singapore, 2020. С. 309-319.
9. The CarePredict @Home Kit. URL: <https://www.carepredict.com/product/the-carepredict-home-kit-new/> (дата звернення 01.05.2024)
10. Grand Care Systems. URL: <https://www.grandcare.com/> (дата звернення 01.05.2024)

11. Raspberry Pi 3 Model B. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> (дата звернення 01.05.2024)
12. Orange Pi PC. URL: <http://www.orange-pi.org/orangepi-pc/> (дата звернення 01.05.2024) (дата звернення 01.05.2024)
13. Tinker Board. URL: <https://www.asus.com/us/Single-Board-Computer/Tinker-Board/> (дата звернення 01.05.2024)
14. ROCK64. URL: <https://www.pine64.org/rock64/> (дата звернення 01.05.2024)
15. Odroid. URL: [https://www.hardkernel.com/main/products/prdt\\_info.php](https://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php) (дата звернення 01.05.2024)
16. BeagleBone. URL: <https://beagleboard.org/bone> (дата звернення 01.05.2024)
17. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. URL: <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
18. AM2302/DHT22 Wired Humidity/Temperature Sensor. URL: <https://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
19. BME280 Data Sheet. URL: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
20. Si7021 Data Sheet. URL: <https://www.silabs.com/documents/public/datasheets/Si7021-A20.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
21. HIH-5030/5031 Series Data Sheet. URL: <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-humidicon-hih5030-5031-series-datasheet-32305549-b-en.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
22. MQ-135 Air Quality Sensor. URL: <https://www.winsensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Sensor/MQ135.pdf> (дата звернення 01.05.2024)

23. BME680 Datasheet. URL: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme680-ds001.pdf> (дата звернення 01.05.2024)
24. CCS811 Datasheet. URL: [https://ams.com/documents/20143/36005/CCS811\\_DS000459\\_7-00.pdf](https://ams.com/documents/20143/36005/CCS811_DS000459_7-00.pdf) (дата звернення 01.05.2024)
25. SCD30 Data Sheet. URL: [https://www.sensirion.com/file/datasheet\\_scd30\\_co2\\_sensor](https://www.sensirion.com/file/datasheet_scd30_co2_sensor) (дата звернення 01.05.2024)
26. PMS5003 Series Data Manual. URL: <https://aqicn.org/sensor/pms5003/> (дата звернення 01.05.2024)
27. ZMOD4410 Data Sheet. URL: <https://www.renesas.com/zmod4410> (дата звернення 01.05.2024)
28. TTP223 Touch Sensor. URL: <https://www.adafruit.com/product/1601> (дата звернення 01.05.2024)
29. AT42QT1010 – Charge Transfer Sensor. URL: <https://www.microchip.com/en-us/product/AT42QT1010> (дата звернення 01.05.2024)
30. Capacitive Touch Sensor. URL: <https://www.dfrobot.com/product-1023.html> (дата звернення 01.05.2024)
31. MPR121 Capacitive Touch Sensor. URL: <https://www.adafruit.com/product/2024> (дата звернення 01.05.2024)
32. Датчик дотику Grove. URL: <https://www.seeedstudio.com/Grove-Touch-Sensor-p-747.html> (дата звернення 01.05.2024)
33. Hologram Data Router. URL: <https://www.hologram.io/data-router> (дата звернення 01.05.2024)
34. Maker Service. URL: [https://ifttt.com/maker\\_webhooks](https://ifttt.com/maker_webhooks) (дата звернення 01.05.2024)
35. Hue Service. URL: <https://ifttt.com/hue> (дата звернення 01.05.2024)

## ДОДАТОК А

### Лістинг коду

#### Лістинг А.1 - Код програми на Python

```

import grovepi
import time
import math
import sys
from Hologram.HologramCloud import HologramCloud

# Оновить ключ пристрою Holgram
credentials = {'devicekey': 'XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX'}
hologram = HologramCloud(credentials, network='cellular')

# Підключіть датчик температури та вологості Grove до цифрового
порту D4
sensorDHT22 = 4
# Підключіть датчик якості повітря Grove до аналогового порту A0
air_sensor = 0
grovepi.pinMode(air_sensor, "INPUT")
# Підключіть сенсор дотику Grove до цифрового порту D2
touch_sensor = 2
grovepi.pinMode(touch_sensor, "INPUT")

# Тип датчика температури та вологості
# Набір Grove Base Kit постачається з синім датчиком.
blue = 0      # Синій датчик.
white = 1     # Білий датчик.

def send_messages(messages):
    if len(messages) < 1:
        return
    result = hologram.network.connect()
    if result == False:
        print('Не вдалося підключитися до мобільної мережі')
    for message in messages:
        response_code = hologram.sendMessage(message)
        print('{}
{'}.format(hologram.getResultString(response_code), message))
        hologram.network.disconnect()

while True:
    try:
        print(grovepi.digitalRead(touch_sensor))
        time.sleep(1)
        if grovepi.digitalRead(touch_sensor) == 1:
            print("Сенсор дотику активовано..")
            # Цей приклад використовує білий датчик.

```

```

# Перший параметр - це порт, другий параметр - тип
датчика.
[temp, humidity] = grovepi.dht(sensorDHT22, white)
if not math.isnan(temp) and not
math.isnan(humidity):
    print("температура = %.02f С вологість =
%.02f%%" % (temp, humidity))
    # Отримайте значення датчика
    sensor_value = grovepi.analogRead(air_sensor)
    if sensor_value > 700:
        print("Високе забруднення")
    elif sensor_value > 300:
        print("Низьке забруднення")
    else:
        print("Чисте повітря")
    print("значення сенсора =", sensor_value)
    # msgSend = ' {} {} {}'.format(str(temp),
str(humidity), str(sensor_value))
    # send_messages(msgSend);
    result = hologram.network.connect()
    if result == False:
        print('Не вдалося підключитися до мобільної мережі')
    else:
        response_code = hologram.sendMessage(str(temp),
topics=['SensorVal'])
        print("Повідомлення надіслано до Hologram..")
        hologram.network.disconnect()
        time.sleep(.5)

except IOError:
    print("Помилка")

```

# Порівняння систем нагляду за літніми людьми

| Характеристика               | CarePredict                   | GrandCare              | MyNotifi                 |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Тип пристрою                 | Носимий браслет               | Стаціонарна система    | Носимий кулон або кліпса |
| Основна функція              | Прогнозування змін у здоров'ї | Комплексний моніторинг | Виявлення падінь         |
| Моніторинг активності        | ✓                             | ✓                      | ✓                        |
| Виявлення падінь             | ✓                             | ✓                      | ✓                        |
| AI-прогнозування             | ✓                             | ✗                      | ✗                        |
| Відстеження місцезнаходження | ✓                             | ✗                      | ✗                        |
| Віддалений моніторинг        | ✓                             | ✓                      | ✓                        |
| Медичні дані                 | ✗                             | ✓                      | ✗                        |
| Соціальні функції            | ✗                             | ✓                      | ✗                        |
| Нагадування                  | ✓                             | ✓                      | ✗                        |
| Екстрений виклик             | ✓                             | ✓                      | ✓                        |
| Водонепроникність            | ✓                             | Н/Д                    | ✓                        |
| Батарея                      | До 1 року                     | Н/Д                    | До 6 місяців             |
| Ціна                         | \$\$\$\$                      | \$\$\$                 | \$\$                     |

✓: Функція доступна  
✗: Функція недоступна  
Н/Д: Інформація недоступна  
Ціна: \$\$ - економічно вигідний, \$\$\$ - середня ціна, \$\$\$\$ - преміум ціна

|          |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
|----------|-------|-----------------|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--------|----------|--------|
|          |       |                 |       |      | 13.02070849.00053 ПЛ1                                                                     |  |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |       |      | Розробка системи нагляду за літніми людьми<br>Порівняння систем нагляду за літніми людьми |  |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  | Лист.  | Маса     | Масшт. |
|          |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  | Лист 1 | Листів 1 |        |
| Зам.     | Лист. | № докум.        | Підп. | Дата |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
| Розроб.  |       | Шупта Р.О.      |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
| Перев.   |       | Грушко С.С.     |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
| Т.контр. |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
| Н.контр. |       | Польська О.В.   |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |
| Затв.    |       | Кудерметов Р.К. |       |      |                                                                                           |  |  |  |  |  |        |          |        |

# Порівняльна характеристика мікроконтролерів

| Модель                    | Процесор                                        | ОЗП               | Графіка                  | Мережа              | Бездротові<br>інтерфейси           | Виходи                            | Розміри        |
|---------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Raspberry Pi 3<br>Model B | 64-bit ARM Cortex-A53<br>4x1.2ГГц               | 1ГБ<br>LPDDR2     | Broadcom<br>VideoCore IV | 10/100<br>Ethernet  | 802.11n WiFi,<br>Bluetooth 4.1     | HDMI, 3.5mm аудіо,<br>40-pin GPIO | 85.6x56.5x17мм |
| Orange Pi                 | Quad-Core ARM Cortex-A7<br>1.6ГГц               | 1ГБ DDR3          | Mali400MP2               | 10/100<br>Ethernet  | Додатковий модуль                  | HDMI, AV                          | 85x55x22мм     |
| ASUS Tinker<br>Board      | ARM Cortex-A17 4x1.8ГГц                         | 2ГБ<br>LPDDR3     | Mali-T764                | Gigabit<br>Ethernet | 802.11b/g/n WiFi,<br>Bluetooth 4.0 | HDMI, HDMI-CEC                    | 85.6x56x21мм   |
| ROCK64                    | ARM Cortex-A53 4x1.5ГГц,<br>Cortex-A72 2x1.8ГГц | 1/2/4ГБ<br>LPDDR3 | Mali-T624 MP2            | Gigabit<br>Ethernet | 802.11ac WiFi,<br>Bluetooth 4.0    | HDMI 2.0a,<br>DisplayPort 1.2     | 115x60x25мм    |
| Odroid                    | Різні варіанти ARM та Intel                     | До 4ГБ            | Різні інтегровані        | Gigabit<br>Ethernet | Різні модулі                       | HDMI, DisplayPort                 | Різні розміри  |
| BeagleBone                | ARM Cortex-A8 1ГГц                              | 512МБ<br>DDR3     | PowerVR<br>SGX530        | 10/100<br>Ethernet  | Додатковий модуль                  | HDMI, 2x28 GPIO                   | 86.4x53.3мм    |

|          |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
|----------|-------|-----------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--------|----------|--------|
|          |       |                 |      |      | 13.02070849.00053 ПЛ2                                                                           |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |      |      | Розробка системи нагляду за<br>літніми людьми<br>Порівняльна характеристика<br>мікроконтролерів |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  | Лит.   | Маса     | Масшт. |
|          |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  | Лист 1 | Листів 1 |        |
| Зам.     | Лист. | № докум.        | Діп. | Дата | НУ «Запорізька політехніка»<br>КНТ-520                                                          |  |  |  |  |        |          |        |
| Розроб.  |       | Шупта Р.О.      |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
| Перев.   |       | Грушко С.С.     |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
| Т.контр. |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
|          |       |                 |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
| Н.контр. |       | Польська О.В.   |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |
| Затв.    |       | Кудерметов Р.К. |      |      |                                                                                                 |  |  |  |  |        |          |        |

Вибір датчиків

| Датчик  | Вимірювані величини             | Діапазон температури | Точність температури | Діапазон вологості | Точність вологості | Інтерфейс            | Живлення     | Розміри        |
|---------|---------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------|----------------|
| DHT11   | Температура, відносна вологість | 0°C - 50°C           | ±2°C                 | 20% - 90% RH       | ±5% RH             | Цифровий послідовний | 3В - 5.5В    | 15.5х12х5.5мм  |
| BME280  | Температура, вологість, тиск    | -40°C - 85°C         | ±0.5°C               | 0% - 100% RH       | ±3% RH             | I2C, SPI             | 1.71В - 3.6В | 3.0х3.0х0.95мм |
| Si7021  | Температура, вологість          | -10°C - 85°C         | ±0.3°C               | 0% - 80% RH        | ±3% RH             | I2C                  | 1.9В - 3.6В  | 2х2х0.75мм     |
| HH-5030 | Температура, вологість          | 0°C - 60°C           | ±0.5°C при 25°C      | 0% - 100% RH       | ±3.5% RH при 25°C  | Аналоговий           | 4В - 5.8В    | 16х25.5х3.6мм  |
| DHT22   | Температура, вологість          | -40°C - 125°C        | ±0.5°C               | 0% - 100% RH       | ±2% - ±5% RH       | Цифровий послідовний | 3.3В - 6В    | 25х15х7мм      |

Порівняння датчиків температури

| Датчик            | Вимірювані величини                | Діапазон вимірювання                                      | Точність                                             | Інтерфейс  | Живлення             | Розміри        |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|----------------------|----------------|
| MQ-135            | NH3, NOx, спирти, бензол, дим, CO2 | 10-300 ppm NH3, 10-1000 ppm бензолу                       | -                                                    | Аналоговий | 5В постійного струму | 18х17х5 мм     |
| CCS811            | CO2 еквівалент, TVOC               | 400-8192 ppm CO2, 0-1187 ppb TVOC                         | ±30 ppm ±3% (CO2), ±15% (TVOC)                       | I2C        | 1.8-3.6В             | 2.7х4.0х1.1 мм |
| SCD30             | Концентрація CO2                   | 400-10000 ppm                                             | ±(30 ppm +3%)                                        | I2C        | 3.3-5.5В             | 59х41х21.3 мм  |
| PMS5003           | PM1.0, PM2.5, PM10                 | 0-500 мкг/м3                                              | ±10% при 100-500 мкг/м3, ±10 мкг/м3 при 0-100 мкг/м3 | UART, I2C  | 5В                   | 50х38х21 мм    |
| ZMOD4410          | CO2, TVOC, температура, вологість  | 400-5000 ppm CO2, 0-60000 ppb TVOC, -40°C-85°C, 0-100% RH | ±50 ppm ±3% (CO2), ±0.5°C, ±3% RH                    | I2C        | 1.7-3.6В             | 8.5х8.5х3.1 мм |
| Grove Air Quality | CO, NO2, NH3, VOCs                 | -                                                         | -                                                    | Аналоговий | 5В                   | -              |

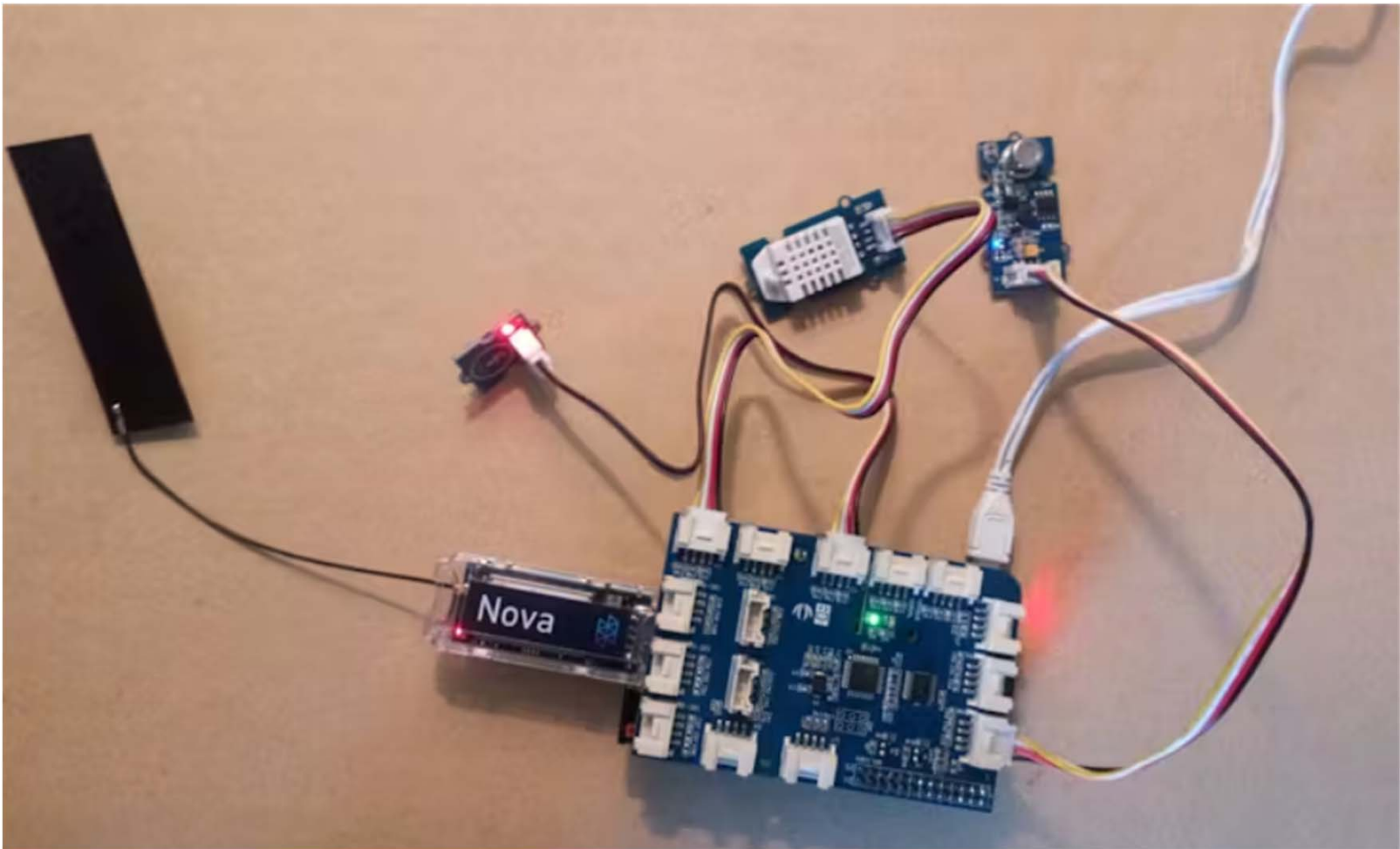
Порівняння датчиків якості повітря

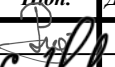
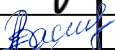
| Модель                                        | Виробник          | Напруга живлення | Інтерфейс | Кількість каналів | Споживання струму | Додаткові особливості                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|-------------------|------------------|-----------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AT42QT1010                                    | Atmel (Microchip) | 1.8V - 5.5V      | Цифровий  | 1                 | 1.8 - 5.5V        | Один сенсорний вхід, низьке енергоспоживання, автокалібрування                                                                       |
| DFRobot Capacitive Touch Sensor               | DFRobot           | 3.3V - 5V        | Цифровий  | 1                 | Низьке            | Простий у використанні, підходить для DIY проєктів, високочутливий                                                                   |
| Багатоканальний ємнісний датчик дотику MPR121 | Freescall (NXP)   | 1.71V - 3.6V     | I2C       | 12                | Низьке            | Підтримка до 12 сенсорних входів, програмовані інтеррукти, автокалібрування                                                          |
| Seeed Studio Grove Touch Sensor               | Seeed Studio      | 3.3V або 5V      | Цифровий  | 1                 | Низьке            | Вбудований світлодіод для індикації стану, висока чутливість, простий в інтеграції, широкий температурний діапазон від -40°C до 85°C |

Порівняння датчиків дотику

|          |       |                 |       |      |                                                              |                             |          |        |  |
|----------|-------|-----------------|-------|------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|--------|--|
|          |       |                 |       |      | 13.02070849.00053 ПЛЗ                                        |                             |          |        |  |
|          |       |                 |       |      | Розробка системи нагляду за літніми людьми<br>Вибір датчиків | Лист.                       | Маса     | Масшт. |  |
| Зам.     | Лист. | № докум.        | Підп. | Дата |                                                              |                             |          |        |  |
| Розроб.  |       | Шупта Р.О.      |       |      |                                                              |                             |          |        |  |
| Перев.   |       | Грушко С.С.     |       |      |                                                              |                             |          |        |  |
| Т.контр. |       |                 |       |      |                                                              |                             |          |        |  |
|          |       |                 |       |      |                                                              | Лист 1                      | Листів 1 |        |  |
| Н.контр. |       | Польська О.В.   |       |      |                                                              | НУ «Запорізька політехніка» |          |        |  |
| Затв.    |       | Кудерметов Р.К. |       |      |                                                              | КНТ-520                     |          |        |  |

Система в сборі



|          |       |                 |                                                                                       |      |                                                                  |                             |  |          |  |        |  |  |
|----------|-------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--|----------|--|--------|--|--|
|          |       |                 |                                                                                       |      | 13.02070849.00053 ПЛ4                                            |                             |  |          |  |        |  |  |
|          |       |                 |                                                                                       |      | Розробка системи нагляду за<br>літніми людьми<br>Система в сборі | Лист.                       |  | Маса     |  | Масшт. |  |  |
| Зам.     | Лист. | № докум.        | Підп.                                                                                 | Дата |                                                                  |                             |  |          |  |        |  |  |
| Розроб.  |       | Шупта Р.О.      |  |      |                                                                  |                             |  |          |  |        |  |  |
| Перев.   |       | Грушко С.С.     |                                                                                       |      |                                                                  |                             |  |          |  |        |  |  |
| Т.контр. |       |                 |                                                                                       |      |                                                                  |                             |  |          |  |        |  |  |
|          |       |                 |                                                                                       |      |                                                                  | Лист 1                      |  | Листів 1 |  |        |  |  |
| Н.контр. |       | Польська О.В.   |  |      |                                                                  | НУ «Запорізька політехніка» |  |          |  |        |  |  |
| Затв.    |       | Кудерметов Р.К. |                                                                                       |      |                                                                  | КНТ-520                     |  |          |  |        |  |  |