

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

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«На правах рукопису»  
УДК 502.55:031.1

До захисту допущено:

В.о. зав. кафедри

 Євгеній НЕЛІН

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Аналізатор якості повітря»

Виконав:

студент 6 курсу, групи РІ-91мп  
Іванов Дмитро Юрійович

Керівник:

Доцент, к.т.н. Шульга Аліна Вікторівна

Рецензент:

Доцент, к.т.н. каф. РОС Сушко Ірина  
Олександрівна

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.  
Студент Іванов Д. Ю. \_\_\_\_\_

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

*Е.Нелін* Євгеній НЕЛІН

«02» вересня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студента**  
**Іванова Дмитра Юрійовича**

1. Тема дисертації «Аналізатор якості повітря»  
науковий керівник дисертації Шульга Аліна Вікторівна, к.т.н., доцент  
затверджені наказом по університету від «5» листопада 2020 р. №3223-с  
( Для групи РІ-91 від 5 листопада 2020 р. №3222-с)
2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2020 року
3. Об'єкт дослідження: Пристрій для моніторингу якості повітря у приміщенні

---

4. Вихідні дані: інформація з кожного давача та про стан навколишнього повітря

---

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести огляд аналогів. Розробити друковану плату в середовищі Altium Designer. Розробити корпус пристрою та виконати моделювання повітряного потоку в корпусі пристрою. Розробити алгоритм роботи пристрою. Розробити стартап-проект для оцінки можливостей виходу на ринок.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Мультимедійна презентація.
7. Орієнтовний перелік публікацій – немає

8. Дата видачі завдання 30 вересня 2019 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка концепції збору інформації про навколишнє повітря;	02.09.2019-30.10.2019	виконано
2	Обрати давачі, які найбільш підходять	31.10.2019-01.01.2020	виконано
3	Розробка алгоритму	02.01.2020-01.06.2020	виконано
4	Збір інформації разом з готовими моніторами повітря широкого призначення;	02.06.2020-01.08.2020	виконано
5	Проектування та дослідження компактного пристрою моніторингу якості повітря у середовищі SolidWorks;	02.08.2020-01.10.2020	виконано
6	Аналіз результатів, висновки та рекомендації;	02.10.2020-11.12.2020	виконано
7	Захист МД.	17.12.2020	

Студент

Дмитро ІВАНОВ

Науковий керівник

Аліна Шульга

ІВАНОВ Д.Ю. РІ-91 МП, 2020

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки магістерської дисертації становить 105 сторінок, які включають в себе 4 розділи, 23 рисунки, 28 таблиці, 14 посилань та 6 додатків.

Проведено аналіз існуючих аналогів. Визначено переваги та недоліки існуючих рішень. Визначено основний функціонал монітору якості повітря (аналіз концентрації формальдегіду, вуглекислого газу та рівень запиленості повітря). Обрано основні чутливі елементи пристрою: ZE08-CH20 – давач формальдегіду, давач пилу PMS5003 та давач вуглекислого газу MH-Z19. Спроектовано монітор якості повітря у приміщенні. Проведені тести на працездатність корпусу, перфорації та кулера. Розроблено алгоритм роботи пристрою.

Особливістю розроблюваного пристрою є простота у використанні, інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс, невелика собівартість.

**Ключові слова:** Монітор якості повітря, сенсори, давачі, алгоритм, програмування, здоров'я.

## ABSTRACT

The explanatory note of the master's dissertation is 105 pages, which include 4 sections, 23 figures, 28 tables, 14 references and 6 appendices.

The analysis of existing analogues is carried out. The advantages and disadvantages of existing solutions are identified. The main functionality of the air quality monitor is determined (analysis of the concentration of formaldehyde, carbon dioxide and the level of air dust). The sensitive elements of the device are selected on the basis: ZE08-CH20 - formaldehyde sensor, PMS5003 dust sensor and MH-Z19 carbon dioxide sensor. The indoor air quality monitor is designed. Tests were performed on the efficiency of the case, perforation and cooler. An algorithm for device operation has been developed.

The developed device is ease to use, has intuitive interface and low cost.

**Key words:** Air quality monitor, sensors, sensors, algorithm, programming, health.

ІВАНОВ Д.Ю РІА-91МГ 2020

## ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначення .....	8
Вступ.....	9
1 Огляд аналогів .....	11
1.1 Огляд існуючих рішень .....	11
2 Проектування пристрою.....	22
2.1 Огляд схемотехнічних рішень .....	22
2.2 Структурна схема пристрою.....	24
2.3 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати .....	25
2.4 Трасування ДП .....	27
2.5 Моделювання повітряних потоків в корпусі.....	28
Висновки .....	30
3 Розробка алгоритму .....	32
3.1 Вибір мови програмування .....	32
3.2 Середовище розробки.....	33
3.3 Блок-схеми алгоритмів .....	34
Висновки .....	40
4 Розробка стартап проекту.....	41
4.1 Інформаційна карта проекту .....	41
4.2 Команда стартап .....	42

4.3 Оцінювання важливості кожного фактора і внеску кожного учасника .....	44
4.4 Морфологічна карта.....	46
4.5 Опрацювання питань для удосконалення продукту «Монітор якості повітря у приміщенні» .....	49
4.6 Приклад бізнес-моделі.....	51
4.7 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	52
4.8 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	54
4.9 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	56
4.10 Виробничий план .....	62
Висновки .....	77
Перелік джерел посилань .....	78
Додаток А. Файл запуску годинника (DS3231) .....	80
Додаток Б. Графічний інтерфейс.....	83
Додаток В. Точка входу.....	92
Додаток Г. Початкові параметри та зчитування даних.....	93
Додаток Д. Файл отримання і обробки даних від давачів .....	99
Додаток Е. Розрахунок концентрації пилу .....	108

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДСП — деревинно-стружкова плита

МДФ (MDF) — Medium Density Fibreboard

МК — мікроконтролер

ПК — програмне керування

АЦП — аналого-цифровий перетворювач

IDE — Integrated Development Environment

ООП — об'єктно-орієнтоване програмування

Іванов Д.Ю РІ-91МП, 2020



## ВСТУП

Дана робота є продовженням бакалаврської роботи на тему «Монітор якості повітря у приміщенні»

Чудово жити на березі гірського озера, серед природи, дихати тільки чистим, наповненим ароматом трав повітрям. Але не всі мають таку можливість. Однак, і в мегаполісі, і дома, і в офісі можна досягти максимально можливої якості повітря. Для цього в першу чергу треба бачити і розуміти, що нас оточує? Яким повітрям ми дихаємо? Нам вже стали звичними термометри, барометри, прилади, що показують вологість. Але ці прилади нічого нам не говорять про якість навколишнього повітря.

Один з таких міфів є те, що в містах огидне повітря, брудне і отруйне і замість кисню суцільні вихлопи від автомобілів. Ми сприймаємо це як даність і не намагаємося виправити ситуацію навіть там, де здатні це зробити, у власному будинку чи офісі. Навіть ті, у кого є маленькі діти, або проблеми з алергією, прикладають свої зусилля в сліпу, не контролюючи результатів.

Існує багато корисних приладів, які дозволяють збільшити якість повітря в нашому будинку — зволожувачі, іонізатори, припливні вентиляції та фільтри. Але цього не достатньо. Потрібен прилад яким ви могли б безпосередньо виміряти якість повітря у вашому домі. Що б було зрозуміло і очевидно чим ми дихаємо, як, наприклад, температура на градуснику.

Що може дати подібний прилад?

Багато хто думає що в мегаполісі повітря брудне саме на вулиці, де машини і заводи, а в приміщенні повітря чистіше. Але це зовсім не так. Людина видихає в 100 разів більше CO<sub>2</sub> ніж вдихає. І в герметично закритому приміщенні, тим більше, якщо присутні кілька осіб, повітря стає задушливим дуже швидко. У

будинку багато меблів і оздоблювальних матеріалів, що виділяють токсичні речовини. У квартирі швидко накопичується пил, який може завдати серйозної шкоди нашому здоров'ю. Повітря в закритому приміщенні в 4-8 разів брудніше, ніж на вулиці і в 8-10 разів більш токсичне. Це можна поміряти і побачити, якщо є відповідні прилади. Та зрозуміти, як часто варто провітрювати приміщення в будь-яку погоду.

Один із серйозних забруднювачів повітря — це пил. Він являється переносником інфекцій, улюбленим середовищем для кліщів-сапрофітів і серйозний алерген, який забруднює повітря найсильніше.

У будинку, де є алергіки, рекомендують радикальні заходи: гардини і порт'єри поміняти на жалюзі, прибрати килими, книги, декоративний текстиль і плюшеві іграшки і навіть м'які меблі поміняти на аналоги в шкіряній оббивці. Книжки, сувеніри, всякий дріб'язок — зберігати під склом. І, звичайно, важливо знати, що всі зусилля не пропадають марно і кількість пилу в будинку мінімальна. А це теж можна поміряти та побачити.

Небезпеку становить навіть домашня обстановка: меблі, лаки, фарби, деревинно-стружкова плита (ДСП), Medium Density Fibreboard (МДФ), деякі пластики можуть виділяти феноли, формальдегіди і т.д. Зовсім не важливо, якої ціни меблі з ДСП — все одно в повітря «полетять» шкідливі для організму сполуки. Однак, і з цим лихом можна ефективно боротися, в тому числі провітрюванням приміщення. Просто необхідно бачити ворога в обличчя. Вимірювати та контролювати.

Метою даного дипломного проекту є розробка бюджетного монітору якості повітря у приміщенні.

## 1 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

### 1.1 Огляд існуючих рішень

Монітор якості повітря — це прилад який проводить моніторинг повітря на наявність забруднень в приміщенні.

Монітор якості повітря MT8060 зображено на рис. 1.1 [1].



Рисунок 1.1 — Монітор якості повітря MT8060

Цей прилад має такі характеристики:

- Живлення/зарядка від USB;
- Вимірювання вмісту CO<sub>2</sub>;
- Можливість виявлення угарного газу CO;
- Відображення вологості повітря;

Проаналізуємо характеристики даного модулю. Наявність живлення даного приладу від USB порту є дуже зручним показником. Таким чином його можна підключити до будь-якого джерела живлення USB – зарядний пристрій телефону, комп'ютера та навіть телевізора. Також чудовим було рішення оснастити даний прилад датчиком угарного газу, що в декілька разів підвищу безпеку вашого будинку та будь-якого приміщення, де знаходиться цей прилад. При найменшому виділенні угарного газу, прилад почне інформувати оточуючих

звуковим сигналом про небезпеку. Контроль вологості повітря також є важливою функцією, адже при високій вологості може утворюватися грибок, який негативно буде впливати на здоров'я людини. А низька вологість призведе до неприємних відчуттів при диханні. Хоча даний прилад і відноситься до бюджетних та його ціна (4800 грн) є доволі високою.

Із мінусів даного приладу можна зазначити відсутність датчиків пилу та формальдегіду, які негативно впливають на людське здоров'я, особливо алергіків.

На рис.1.2 зображений монітор якості повітря «Extech CO200» [2].



Рисунок 1.2 — Монітор якості повітря «Extech CO200»,

Цей модуль має такі характеристики:

- Вимірювання вмісту CO<sub>2</sub>;
- Вимірювання температури (-10°C до 60°C);
- Відображення вологості повітря;

Перевагами даного приладу є його компактність. Також, прилад має функцію виклику з пам'яті мін./макс. значень. У ньому є можливість відобразити на екрані рік, місяць, дату та час. Із мінусів варто зазначити відсутність вимірювання формальдегіду та пилу, що є важливим для людей, які страждають на алергію.

Хоча модуль відноситься до бюджетних та його ціна (4300 грн [3]) є досить високою.

Наступним аналогом є портативний газоаналізатор «Trotec BZ30» зображено на рис. 1.3 [4].

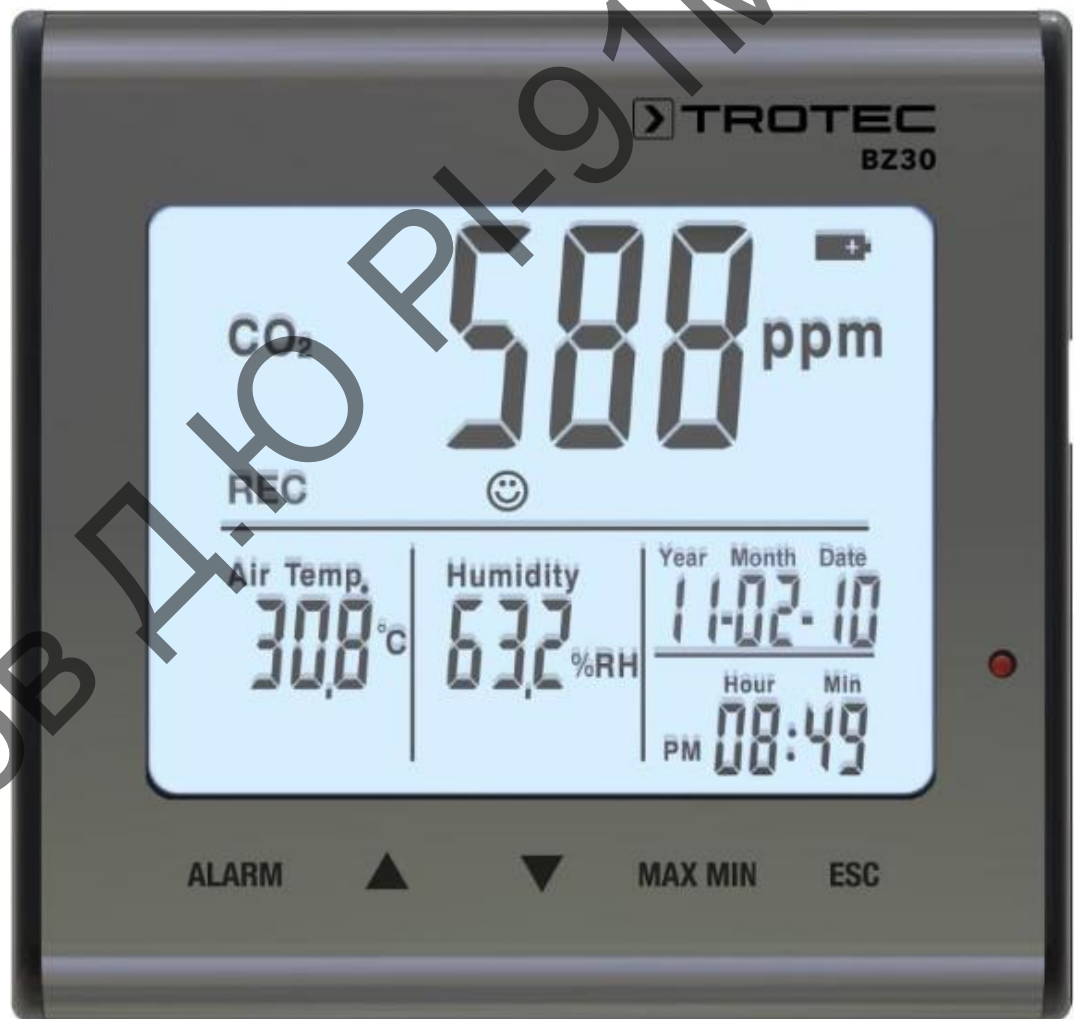


Рисунок 1.3 — Портативний газоаналізатор «Trotec BZ30»

Цей прилад має такі характеристики:

- Вимірювання вмісту CO<sub>2</sub>;
- Відображення вологості повітря;
- Вимірювання температури;
- Живлення від акумулятора;
- Точність вимірювання CO<sub>2</sub> : +/-75 ppm або +/-5% від вимірювання;
- Точність вимірювання температури: +/-0,5°C;

Даний прилад має відносно високу точність вимірювання вуглекислого газу там температури, що є, безумовно, великим плюсом. Також даний прилад має можливість записувати вимірюванні дані для подальшого їх порівняння. Прилад має вбудований цифровий годинник та календар. Звуковий індикатор, який оповіщає про підвищену концентрацію вуглекислого газу. Прилад дозволяє гнучко налаштувати потрібні параметри для моніторингу мікроклімату, а також за допомогою кривих наглядно побачити, як швидко накопичується вуглекислий газ у приміщенні. Записані дані можна зберегти у файлі Excel для подальшого аналізу. До мінусів варто віднести відсутність вимірювання кількості пилу та формальдегіду у повітрі.

Також прилад не є із ряду бюджетних, тому його ціна (8000 грн [5]) є доволі високо.

Портативний газоаналізатор «PCE-VOC 1» зображено на рис. 1.4

Цей прилад має такі характеристики:

- Використовується для вимірювання летючих речовин та формальдегіду;
- Має великий дисплей;
- Висока точність вимірювання  $\pm 5\%$ ;
- Зручні габаритні розміри.



Рисунок 1.4 — Портативний газоаналізатор «PCE-VOC 1»

Даний прилад є доволі ефективним для відслідковування рівня формальдегіду, що є дуже корисним у приміщеннях з ремонтом та різними меблями, які можуть виділяти цей безбарвний токсичний газ, який ще й не має ніякого запаху. Прилад має великий зручний дисплей і відрізняється простотою в експлуатації: всього 3 кнопки забезпечують керування даним пристроєм. Додатково користувач може розпізнати сигнал тривоги на дисплеї: дисплей стає червоним, якщо вміст летючих речовин чи формальдегіду становить критичне

значення. Також прилад має акумулятор, який дозволяє використовувати прилад без підзарядки декілька годин. Однак його висока ціна ціну (8700 грн [6]) є суттєвим недоліком, оскільки пристрій не доступний для середньостатистичної людини.

Портативний газоаналізатор «AIR MENTOR PRO» зображений на рис. 1.5



Рисунок 1.5 — Портативний газоаналізатор «AIR MENTOR PRO»

Цей прилад має такі характеристики:

- Має можливість вимірювання рівня CO<sub>2</sub>;
- Вимірювання летючих речовин;
- Вимірювання температури та вологості;
- Вимірювання часточок пилу;
- Передача інформації на смартфон.

Даний прилад є монітором широко спектру. Він може вимірювати такі важливі складові повітря, як вміст CO<sub>2</sub> та часточок пилу, які є дуже сильним алергеном. А також вагомим плюсом даного приладу є можливість вимірювання



температури повітря та відносної вологості. Цей пристрій допоможе вам дізнатися все про повітрі, яким ви дихаєте в вашому будинку або офісі, а також підкаже ефективні заходи щодо поліпшення якості повітря. Завдяки контролеру AIR MENTOR PRO ви зможете стежити за чистотою повітря у вашому будинку і забезпечити сприятливий мікроклімат для здорового життя.

Також Користувачі можуть бачити поточний стан повітря і без мобільного застосування: на корпусі контролера є світлодіодний індикатор, який змінює свій колір залежно від якості повітря в приміщенні:

- Зелений – якість повітря хороша;
- Жовтий – якість повітря середня;
- Помаранчевий – повітря шкідливе для чутливих людей;
- Червоний – велика концентрація шкідливих речовин;
- Фіолетовий – небезпечна концентрація шкідливих речовин.

Ціна такого приладу є відносно невисокою 5770 грн [7]

На рис. 1.6 зображений портативний газоаналізатор «BENETECH GM8804»

Цей прилад має такі характеристики:

- Вимірювання формальдегіду;
- Вимірювання часточок пилу;
- Вимірювання температури та відносної вологості повітря;
- Висока точність;
- Великий дисплей.

Прилад призначений для контролю якості повітря, концентрації формальдегіду і детектування твердих дрібнодисперсних частинок, пилу і інших включень в складі повітря. Використовується на виробництві, в офісних приміщеннях, медичних, освітніх установах, в місцях тривалого перебування людей.



Рисунок 1.6 — Портативний газоаналізатор «BENETECH GM8804»

Прилад має два канали для аналізу твердих дрібнодисперсних частинок: до 10 мкм і до 2,5 мкм і канал вимірювання концентрації формальдегіду.

Відмінною рисою даного портативного настільного аналізатора GM8804 є висока точність вимірювання, великий дисплей, на якому відображається концентрація частинок розміром до 2,5 мкм, до 10 мкм, концентрація формальдегіду, температура і вологість повітря, а також реалізована колірна сигналізація зон допустимої концентрації.

Робота аналізатора GM8804 заснована на технології лазерної фотометрії розсіяного світла. Мінімальний розмір часток 0,3 мкм. Живлення аналізатора забезпечують три акумулятора типу ААА.

Даний прилад теж є відносно недорогим у порівнянні з іншими (3640 грн [8])

Портативний газоаналізатор «WINTACT WT8811», який зображено на рис. 1.7



Рисунок 1.7 — Портативний газоаналізатор «WINTACT WT8811»

Цей прилад має такі характеристики:

- Вимірювання концентрації кисню;
- Вимірювання концентрації чадного газу;
- Вимірювання концентрації сірководню;
- Вимірювання концентрації горючих газів;
- Кольоровий дисплей;

WT8811 — вимірювач концентрації газів 4 в 1: кисень, чадний газ, сірководень, горючі гази.

Вимірювач концентрації газів WT8811 використовує високоякісні газові датчики, що гарантують високу чутливість, точність і повторюваність вимірів.

Особливості:

- Кольоровий дисплей, дружній для користувача інтерфейс
- Сигналізація небезпечних рівнів: звукова / світлова / вібро
- Обсяг пам'яті 120 тис. записів.

Даний прилад є дуже ефективним і якісним, але і у ньому є ряд недоліків. З очевидних: відсутність вимірювання часточок пилу та формальдегіду, які у приміщеннях відіграють важливу роль.

Ціну даного приладу не назвеш бюджетною (6630 грн [9])

Проаналізувавши вище представлені існуючі рішення моніторів повітря було розроблено таблицю 1.1, де представлено з усі плюси і мінуси даних пристроїв та їхні короткі характеристики.

Отже, основними недоліками існуючих моніторів повітря є їх вартість, відсутність контролю кількості пилу та формальдегіду у повітрі, а також деяка кількість непотрібних функцій. Тому була поставлена задача розробити пристрій, який враховує перелічені недоліки, буде простої форми, матиме необхідні вимірюванні параметри. Головною перевагою запропонованого пристрою буде бюджетність, що розширить межі його використання.

Таблиця 1.1 — Параметри приладів для моніторингу повітря

Назва приладу	Живлення від акумулятора	Аналіз CO <sub>2</sub>	Аналіз CO	Аналіз формальдегіду	Аналіз пилу	Вимірювання температури	Вимірювання вологості	Ціна, грн
MT8060	Немає	Є	Є	Немає	Немає	Немає	Є	4800
Extech CO200	Є	Є	Немає	Немає	Немає	Є	Є	4300
Тропек BZ30	Є	Є	Немає	Немає	Немає	Є	Немає	8000
PCE-VOC	Є	Є	Немає	Є	Є	Немає	Немає	8700
AIR MENTOR PRO	Є	Є	Немає	Немає	Немає	Є	Є	5700
BENETECH GM8804	Є	Немає	Немає	Є	Є	Є	Є	3640
WINTACT WT8811	Є	Немає	Є	Немає	Немає	Немає	Немає	6630

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ

### 2.1 Огляд схемотехнічних рішень

Зважаючи на досить високу ціну приладів для моніторингу повітря у приміщенні, доцільно провести огляд та аналіз схем у вільному доступі.

Схема одного з таких приладів наведена на рис. 2.1 [10].

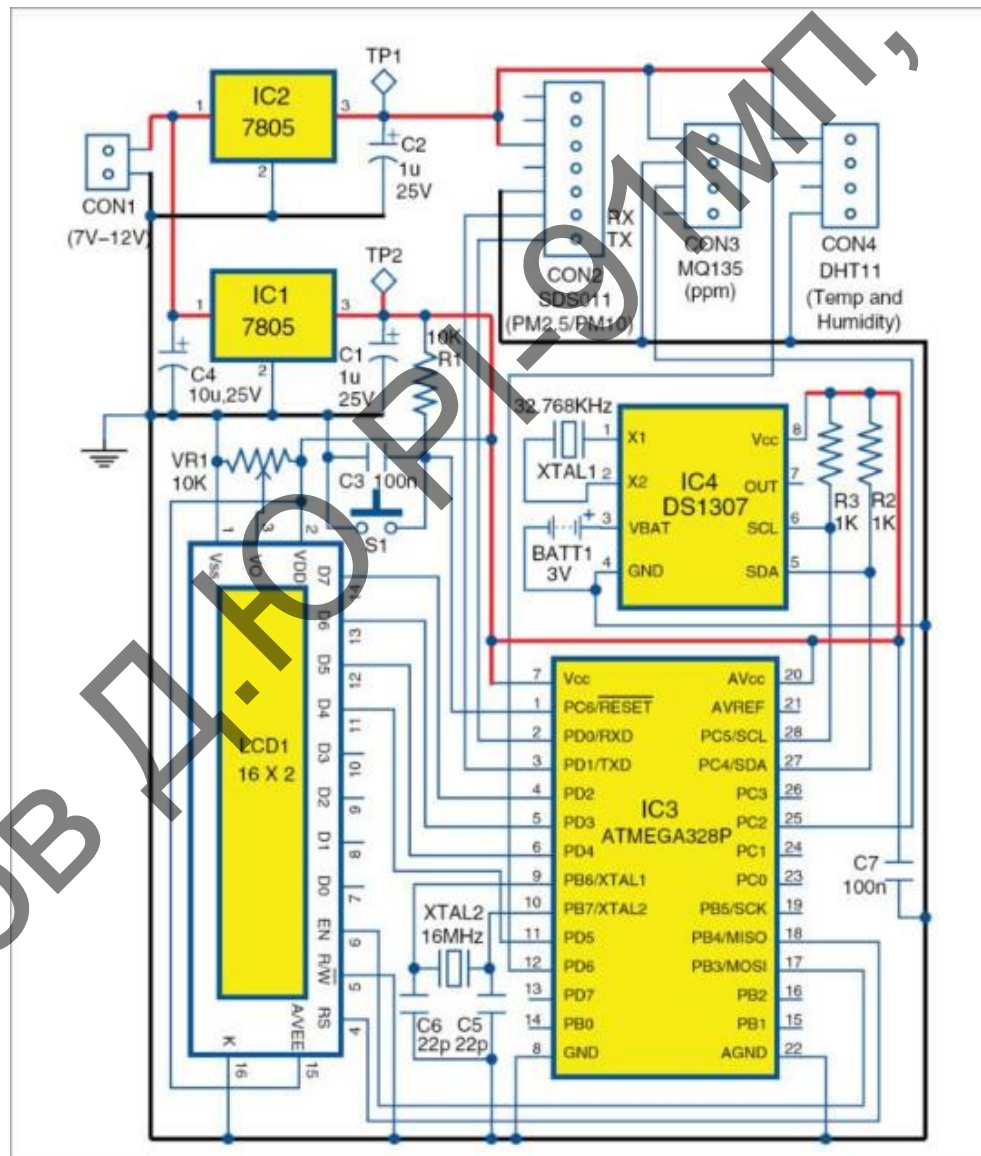


Рисунок 2.1 — Схема приладу для моніторингу повітря

Перевагою даної схеми є доступність радіоелементів та відносна простота зборки.

Недоліками даної схеми є використання у якості керуючого елементу мікроконтролер Atmega328p, перепрошити яку, у разі потреби, буде непросто звичайному користувачу.

Іншим схемотехнічним рішенням є використання контролера Arduino на базі цього ж мікроконтролера Atmega328p, така схема наведена на рис.2.2 [11].

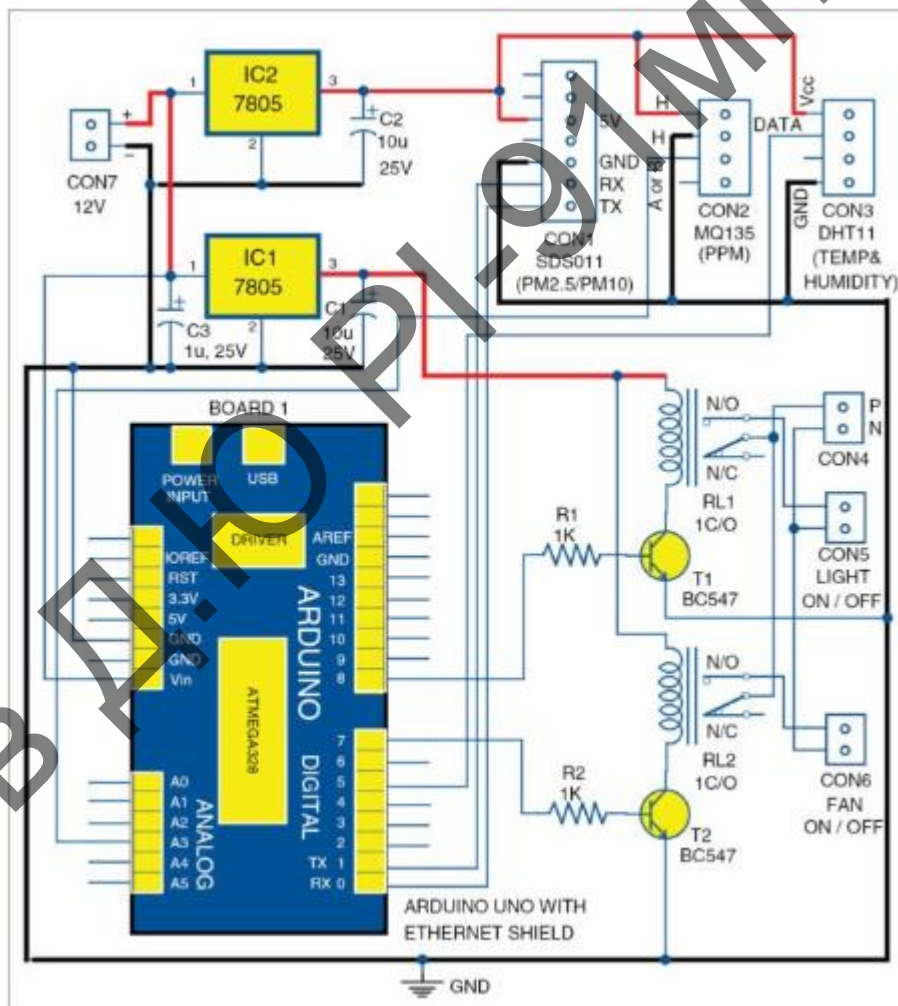


Рисунок 2.2 — Схема на основі «Arduino UNO»

Перевагою даної схеми є використання малої кількості радіоелементів та використання мікроконтролера (МК), який може бути «прошитий» за потреби

дуже легко та швидко. Таке рішення дозволяє виключити використання додаткового програмного забезпечення, яке, в свою чергу, може і буде створювати затримку корисного сигналу у часі. Також ця схема дає змогу відправляти дані про повітря на екран вашого смартфона, що є дуже зручним у віддаленому моніторингу повітря.

Недоліком даного схемотехнічного рішення є досить повільний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) у Arduino UNO, але для наших цілей цього цілком достатньо..

Ці дві схеми є найбільш поширеними серед радіоаматорів та єдиними більш-менш адекватними для виробництва. Використання МК є досить гарним рішенням, але потрібно обирати МК з швидким АЦП. Ціна пристроїв, на основі таких схем, є набагато меншою за вже готові продукти на ринку.

## 2.2 Структурна схема пристрою

Структурна схема пристрою показана рисунку 2.3

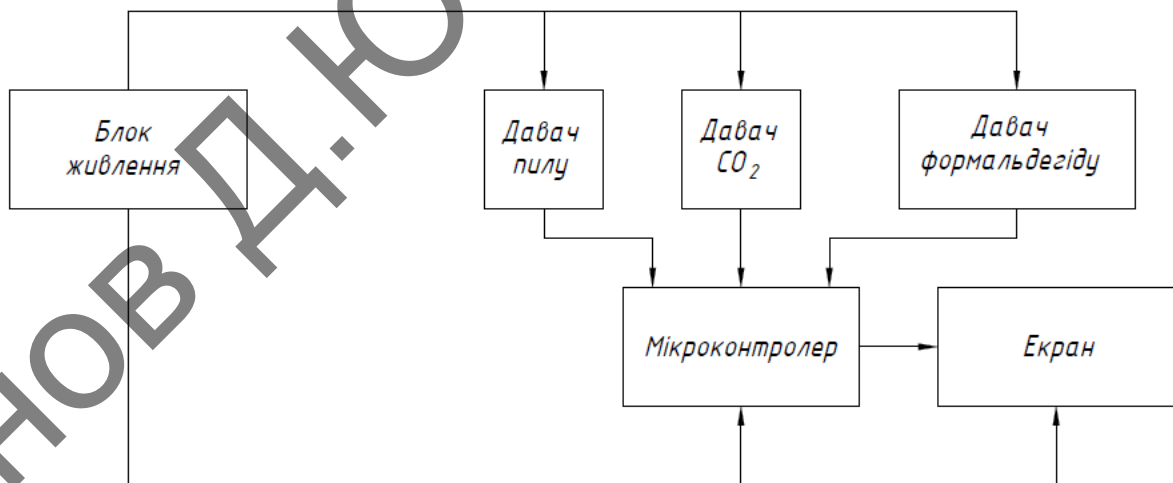


Рисунок 2.3 — Структурна схема пристрою



Прилад живиться від мережі 220 В. Напруга від блоку живлення подається на мікроконтролер, екран та давачі.

Давач пилу PMS5003 працює за принципом лазерного розсіювання. Тобто він засвічує лазером часточки пилу, які потрапляють в його область роботи та аналізуючи розсіяне світло, реєструє криві зміни розсіяного повітря з часом. Дані потім відправляються до головного мікроконтролера.

Принцип роботи давача формальдегіду базується на хімічній взаємодії. В середині сенсору знаходить електроліт, який при нагріванні вступає в реакцію зі знайденим газом, що викликає пропорційну зміну струму. Ці дані також відправляються до головного контролера на опрацювання.

Давач вуглекислого газу MH-Z19 є інфрачервоним газовим модулем, що використовує недисперсійний інфрачервоний принцип виявлення вуглекислого газу у повітрі. Такі датчики являють собою прості спектроскопічні пристрої. Газ потрапляє у певну вимірювальну камеру, де концентрація газу вимірюється електрооптичним шляхом, завдяки поглинанню газом певної довжини хвилі в інфрачервоному спектрі. Дані реєструються і також відправляються до головного контролера на опрацювання.

### **2.3 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати**

Розглянемо декілька існуючих методів виготовлення друкованих плат і розберемось, який підходить для даного пристрою

Комбінований негативний метод. У негативному методі спочатку витравлюють провідники, а потім металізуються отвори. Метод виник, коли у виробництві ще були відсутні свердлувальні верстати з програмним керуванням (ПК), і отвори в платі висвердлювалися вручну за контактними майданчиками. Після травлення малюнку потрібно було не тільки свердлити отвори, а й металізувати їх, але так, щоб створити провідність в отворах, але не на поверхні плати.

Недоліки методу:

- При металізації отворів відкриті ділянки діелектричної основи насичуються хімічними розчинами, отримують підвищену провідність;
- Для гальванічної металізації отворів виникають великі труднощі для організації електричного контакту стінок отворів з катодом гальванічної ванни;
- При відділенні лакової сорочки можливе часткове руйнування провідникового підшару в отворах. Комбінований позитивний метод набагато кращим у порівнянні з негативним.

Перевагами цього методу є:

- Можливість відтворення усіх типів друкованих елементів з високою роздільною здатністю;
- Захищеність фольгою ізоляції від технологічних розчинів – хороша надійність ізоляції;
- Гарна міцність зчеплення (адгезія) металевих елементів плати з діелектричною основою.

Тентінг-метод. Процес виготовлення плат комбінованим позитивним методом стає коротшим і дешевшим, якщо для захисту рисунку від травлення використовувати не металорезист, а міцний, сухий плівковий фоторезист. Головна проблема тентінг-процесу – надійно закриті отвори від доступу травного розчину. Не всі плівкові фоторезисти здатні до цього. Але, коли з'явилися, тентінг-метод почав успішно застосовуватись для виготовлення плат невисокої складності.

Переваги:

- Менші витрати на оснащення виробництва, ніж у класичних комбінованих методів;
- Відносно менші прямі витрати за рахунок відсутності необхідності осадження і видалення металорезисту.

Недоліки:

- Менша роздільна здатність методу за рахунок необхідності більш глибокого травлення малюнка: фольга + гальванічно осаджена мідь;
  - Менша трасувальна здатність за рахунок збільшеного розміру контактних майданчиків під отвори з метою надійного перекриття отворів фоторезистом [12].
- Плата матиме двосторонній монтаж та два шари металізації, а також плата не розрахована на серійне виробництво, тож її доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом.

## 2.4 Трасування ДП

Трасування друкованої плати виконаємо у середовищі Altium Designer [13]. В редакторі PCB проведемо трасування, тобто створимо доріжки та полігони. Заливка землі (ланцюг GND) виконана полігоном з обох сторін плати. Результати трасування у верхньому шарі наведено на рис 2.4, у нижньому шарі — рис. 2.5.

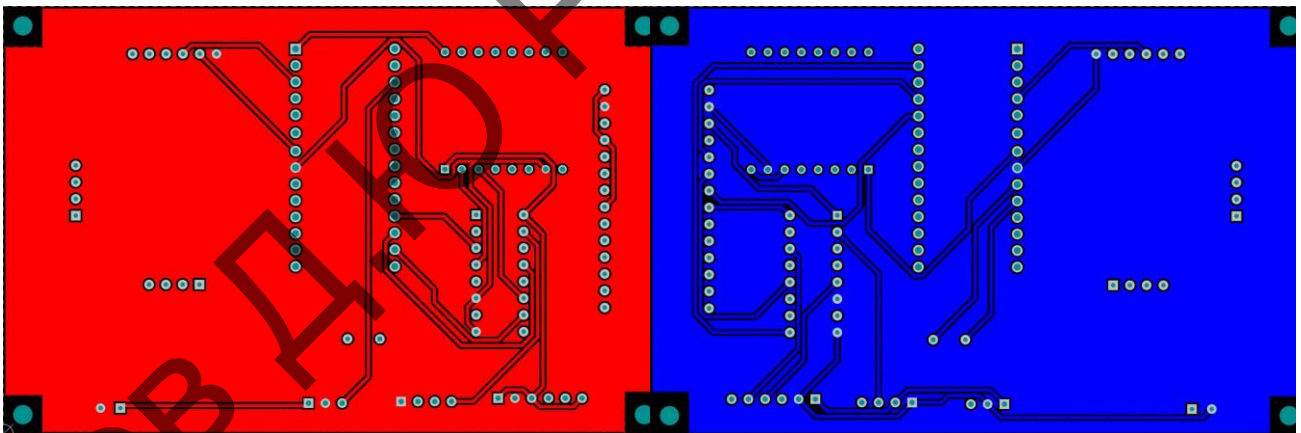


Рисунок 2.4 — Трасування у верхньому шарі

Рисунок 2.5 — Трасування у нижньому шарі

Після трасування була проведена перевірка на помилки. Помилки не було виявлено, тому можна приступити до проектування приладу. Для цього плату збережено у форматі .step. Збережений файл було відкрито за допомогою SolidWorks [14].

## 2.5 Моделювання повітряних потоків в корпусі

Враховуючи специфіку приладу та його цільове призначення, було вирішено розмістити всередині корпусу кулер, який буде втягувати повітря усередину, оскільки, для коректної роботи усіх датчиків потрібен потік повітря ззовні. Для перешкодження потраплянь великих часточок сміття з повітря, можна розмістити, перед кулером, грубий фільтр.

Ефективність втягування повітря та передачі його датчикам була перевірена у програмі SolidWorks за допомогою інструменту Flow Simulation, який має дуже велику кількість різних налаштувань та є дуже гнучким для вирішення безлічі задач.

На рисунку 2.6 можна побачити, як виглядають потоки повітря, які проходять через кулер, за допомогою Flow Simulation.

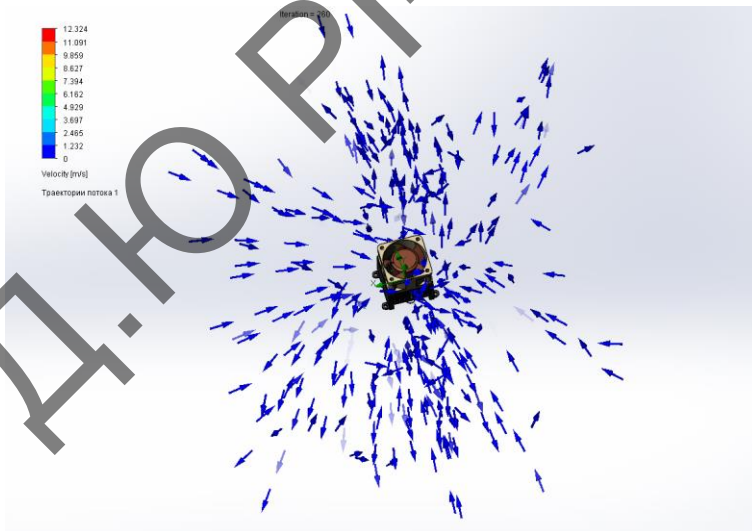


Рисунок 2.6 — Потоки повітря навколо кулера

На рис 2.7 та 2.8 показано, як розміщений кулер у корпусі. Для спрощення вигляду, передню стінку корпусу було зроблено напівпрозорою за допомогою інструментів SolidWorks.

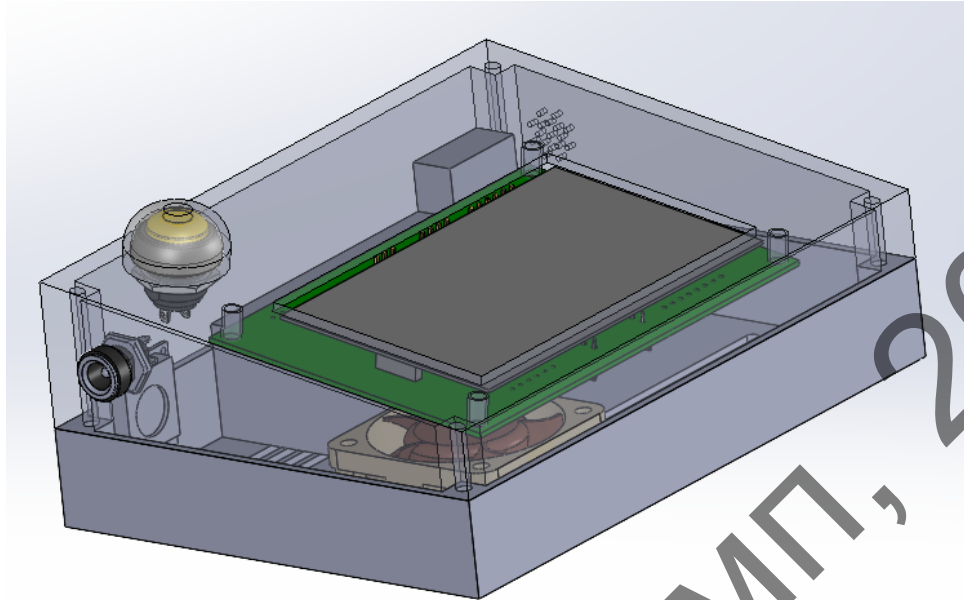


Рисунок 2.7 — Кулер у корпусі

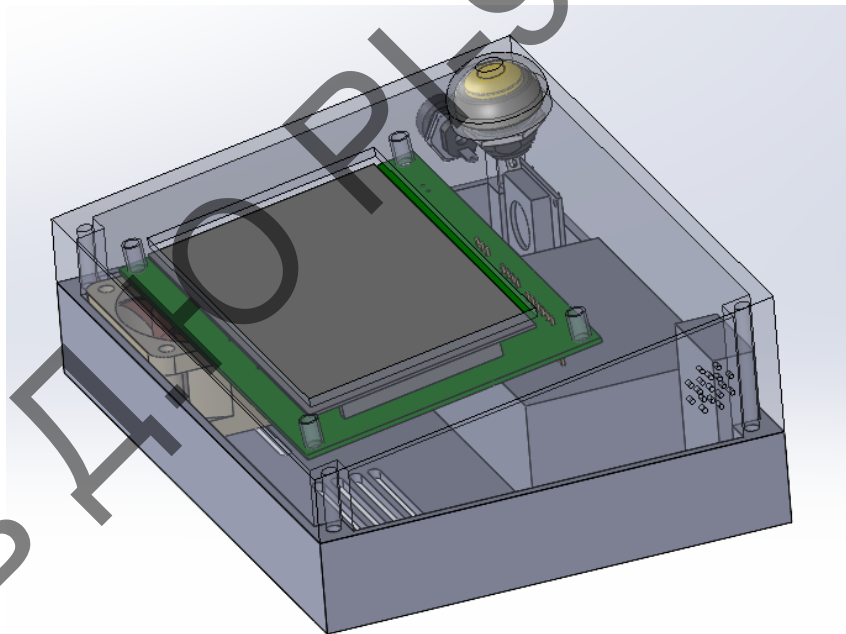


Рисунок 2.8 — Кулер у корпусі

Результати симуляції показано на рисунку 2.9. У налаштуваннях інструменту Flow Simulation була вказана середня швидкість роботи кулера, а саме – 2500 обертів на хвилину.

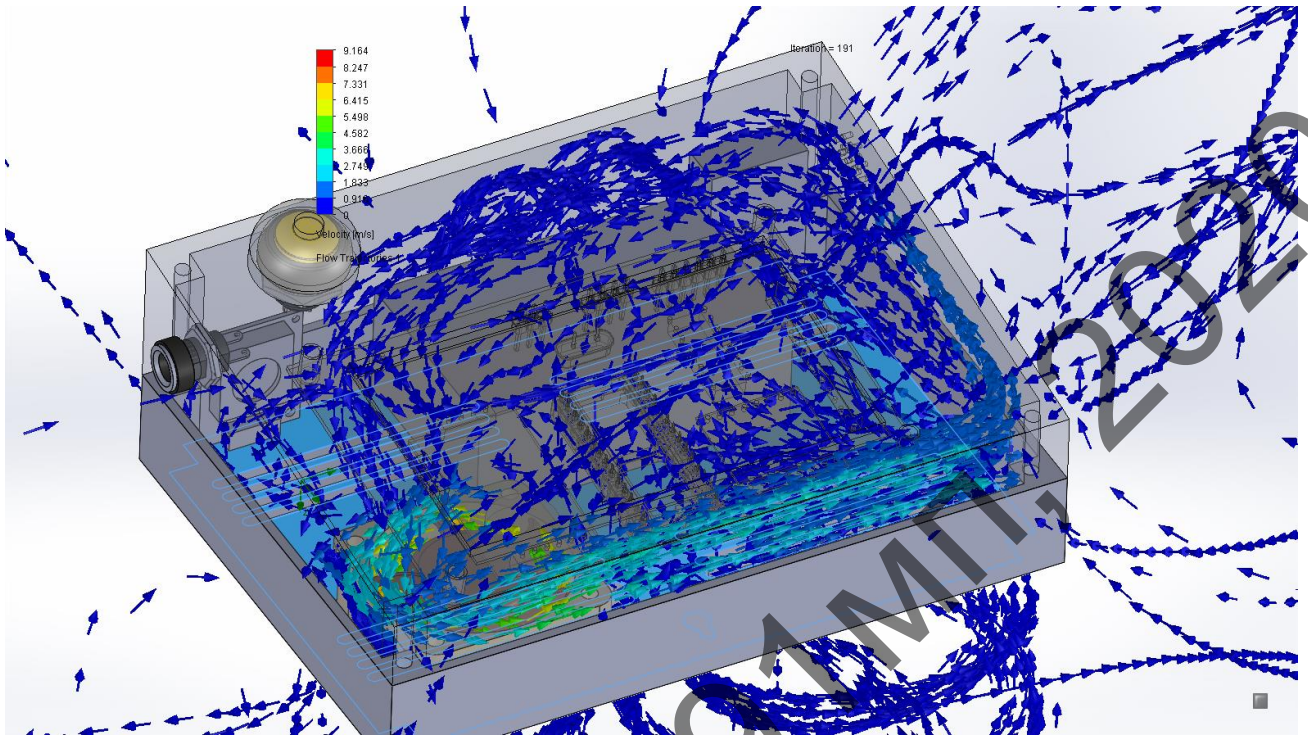


Рисунок 2.9 — Результат симуляції

З рисунку видно наскільки добре кулер справляється з поставленою задачею. Повітря ззовні втягується через перфорацію позаду приладу, рівномірно наповнює весь корпус всередині. Все повітря потрапляє до датчиків, після чого виходить з корпусу через перфорацію збоку та ззаду. Такий режим роботи позитивно позначається на охолодженні пристрою. Друкована плата та датчики не перегріваються у своєму стандартному режимі роботи.

### Висновки

Виходячи з огляду аналогів в першому розділі, вирішено забезпечити аналізатор якості повітря наступним функціоналом: аналіз концентрації формальдегіду, рівень запилення та концентрації вуглекислого газу. Проведено аналіз інсуючих датчиків. Обрано наступні датчики: датчик пилу PMS5003, датчик формальдегіду ZE08-CH20 та датчик вуглекислого газу MH-Z19. Головними параметрами для вибору датчиків служили їхня невисока ціна та доступність на українському ринку.

Запропоновано структурну схему пристрою та розроблено друковану плату в середовищі Altium Designer. Спроектовано корпус пристрою із розміщенням в ньому плати та обраних датчиків в середовищі SolidWorks. Оскільки датчики розміщені всередині корпусу, для кращого забезпечення притоку повітря до датчиків, було вирішено використати кулер.

Для перевірки очікуваного результату проведено симуляцію потоку повітря за допомогою інструменту SolidWorks Flow Simulation. Результати симуляції показали, що використання кулера збільшує приток повітря до датчиків. Таким чином, дане конструкційне рішення, має збільшити достовірність зареєстрованих результатів вимірювання.

Іванов Д.Ю РІ-91МІ, 2020



## 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ

### 3.1 Вибір мови програмування

Контролери, які використовуються у сучасному світі, можуть програмуватися великою кількістю різних мов програмування. Основними мовами, про які чули, напевно, більшість людей, є: C, C++, Python, Java. Ці мови дійсно є дуже сильними та багатофункціональними. Наприклад, якби у даному проекті використовувалася платформа Arduino, то вибір мови був би доволі простим. Адже для неї існує власна Integrated Development Environment (IDE), у якій програмування відбувається на спрощеному варіанті мови C++. Але так, як у проекті використовується інший контролер, то і вибір стає трохи ширший. Врешті-решт, метою будь-якої мови програмування, є перетворення розуміючих людиною слів на машинний код.

В даному проекті буде використовуватись інтерпритована скриптова мова Lua. Інтерпритованою мовою програмування називають мову, код якої, виконується методом інтепритації. Це означає, що на відміну від компільованих мов, які широко відомі (C, C++, та інші), код програми передзапуском не компілюється (змінюється на мову Assembly, яку може зрозуміти центральний процесор), а виконується відразу порядково.

Така мова може реалізувати конструкції, в яких дозволяються динамічні зміни на етапі виконання. До інтепритованих мов відносяться такі мовні гіганти, як: Java, Python.

Мова Lua Найбільше схожа до мови JavaScript, зокрема, вона реалізує прототипну модель об'єкто-орієнтованого програмування (ООП), але відрізняється паскалеподібним синтаксисом і більш потужними і гнучкими конструкціями. Характерною особливістю мови Lua є реалізація великої кількості програмних сутностей мінімумом синтаксичних засобів. Lua



призначений для користувачів, які не є професіональними програмістами, внаслідок чого приділено велику увагу простоті дизайну та легкості навчання.

### 3.2 Середовище розробки

Потрібно обрати середовище, у якому можна було б запрограмувати контроллер ESP8266 на мові Lua. Для вирішення даної проблеми, чудово підходить середовище ESPlorer, інтерфейс якого досить простий та показаний на рис. 3.1.

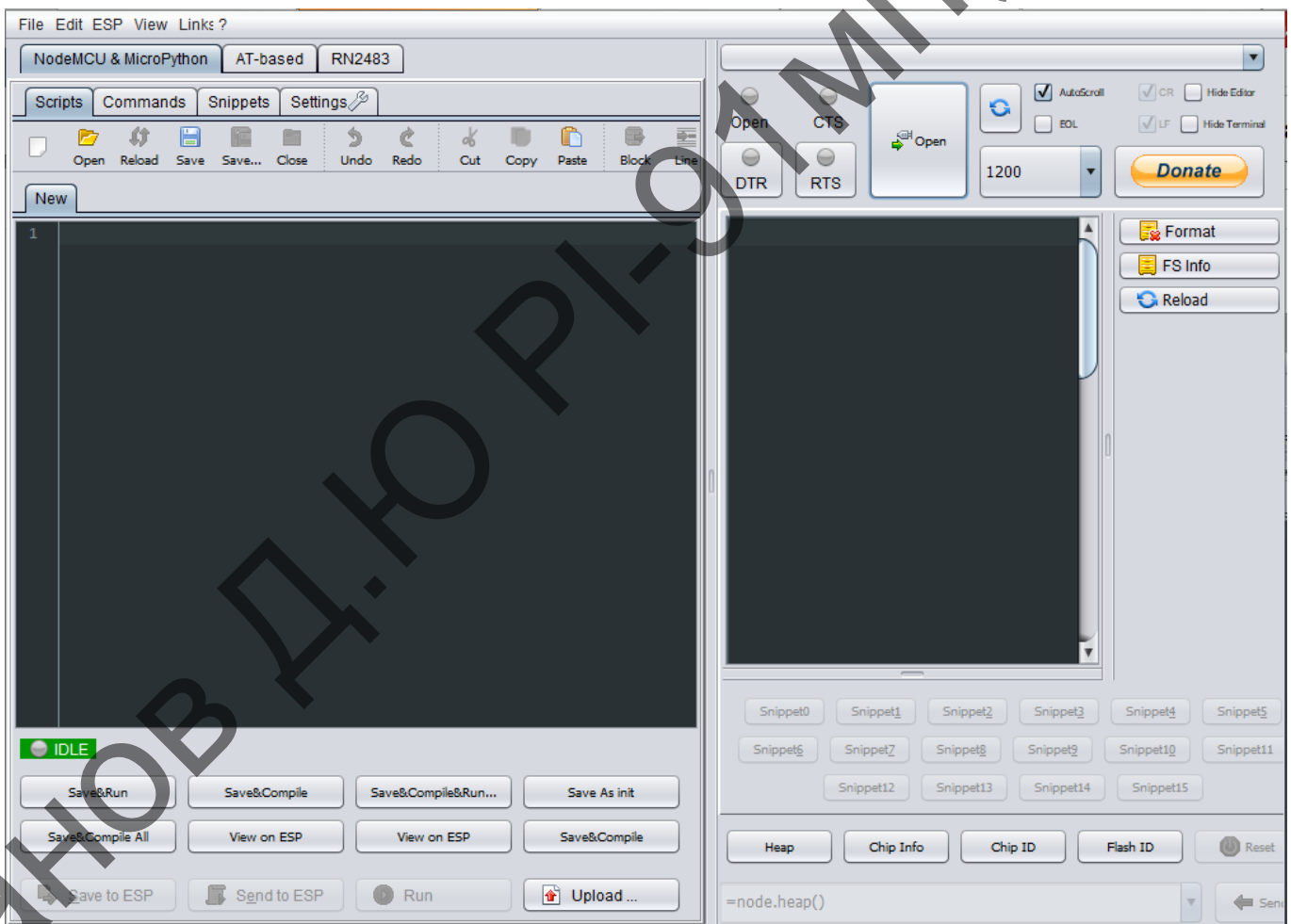


Рисунок 3.1 — Інтерфейс ESPlorer

Це програмне забезпечення працює на основних операційних системах:

- Windows (x86, x86-64);
- Linux (x86, x86-64, ARM soft & hard float);
- Solaris (x86, x86-64);
- Mac OS X (x86, x86-64, PPC, PPC64).

Особливості IDE:

- Працює на безлічі платформ;
- Підтримка декількох відкритих файлів;
- Підсвічування коду LUA, python;
- Undo / Redo;
- Кольорові теми редактора: dark, Eclipse, IDEA, Visual Studio;
- Автозавершення коду по CTRL + Space;
- Підтримка декількох прошивок одночасно: NodeMCU, AT, MicroPython (в процесі), Frankenshtein (в процесі).

Весь код програми розбито на окремі файли, кожен з яких виконує певні функції.

### 3.3 Блок-схеми алгоритмів

Розглянемо основні файли всього проекту на прикладі блок-схем.

На блок-схемі 3.2 знаходиться реалізація файлу init.lua. Цей файл є, так званою, точкою входу. Саме з нього і починається робота усього пристрою.

Даний файл ініціалізує змінні, виводить інформацію про успішну ініціалізацію у консоль та через 3 секунд викликає основний файл, який керує більшістю процесами у приладі. Цей файл називається start.lua. Розглянемо його на прикладі блок-схеми 3.3. Даний файл містить у собі виклик дуже великої кількості функцій. Основною з яких є функція time\_loop(), яку буде показано далі у вигляді блок-схеми 3.4.

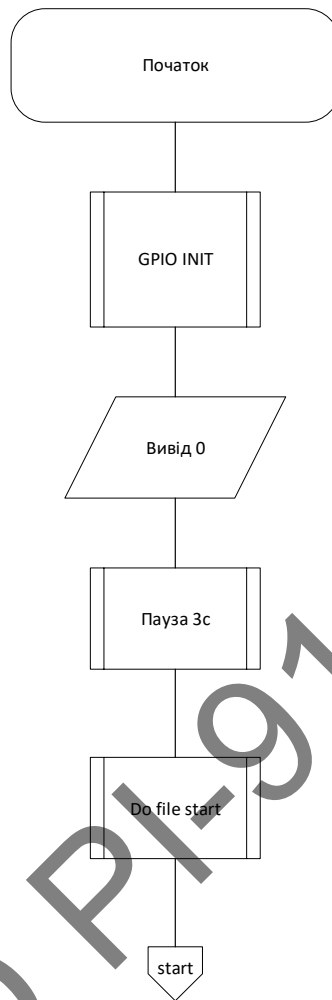


Рисунок 3.2 — Блок-схема `init.lua`

Спочатку файл `start.lua` перевіряє чи успішно відбулася ініціалізація даних, після чого повертає повідомлення про старт програми у консоль. Ініціалізуються змінні, які відповідають за перемикання певних режимів, масиви даних для показів датчиків, запускаються файли, які відповідають за відображення графічного інтерфейсу, правильну роботу портів та інше.

Функція `time_loop()` є найважливішим шматком коду у всій програмі, адже саме тут постійно відбувається зняття та обробка показів з датчиків.

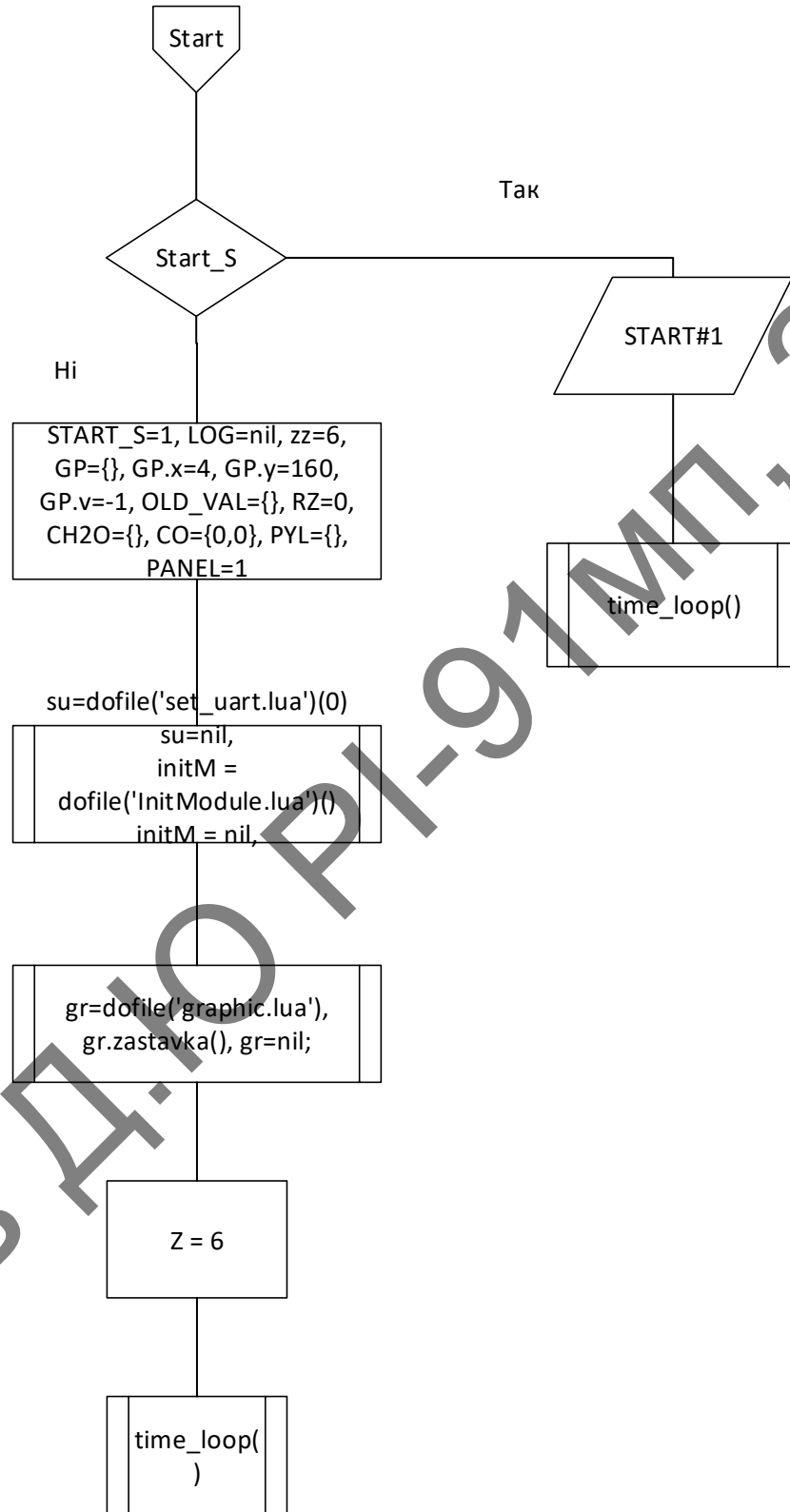


Рисунок 3.3 — Блок-схема start.lua

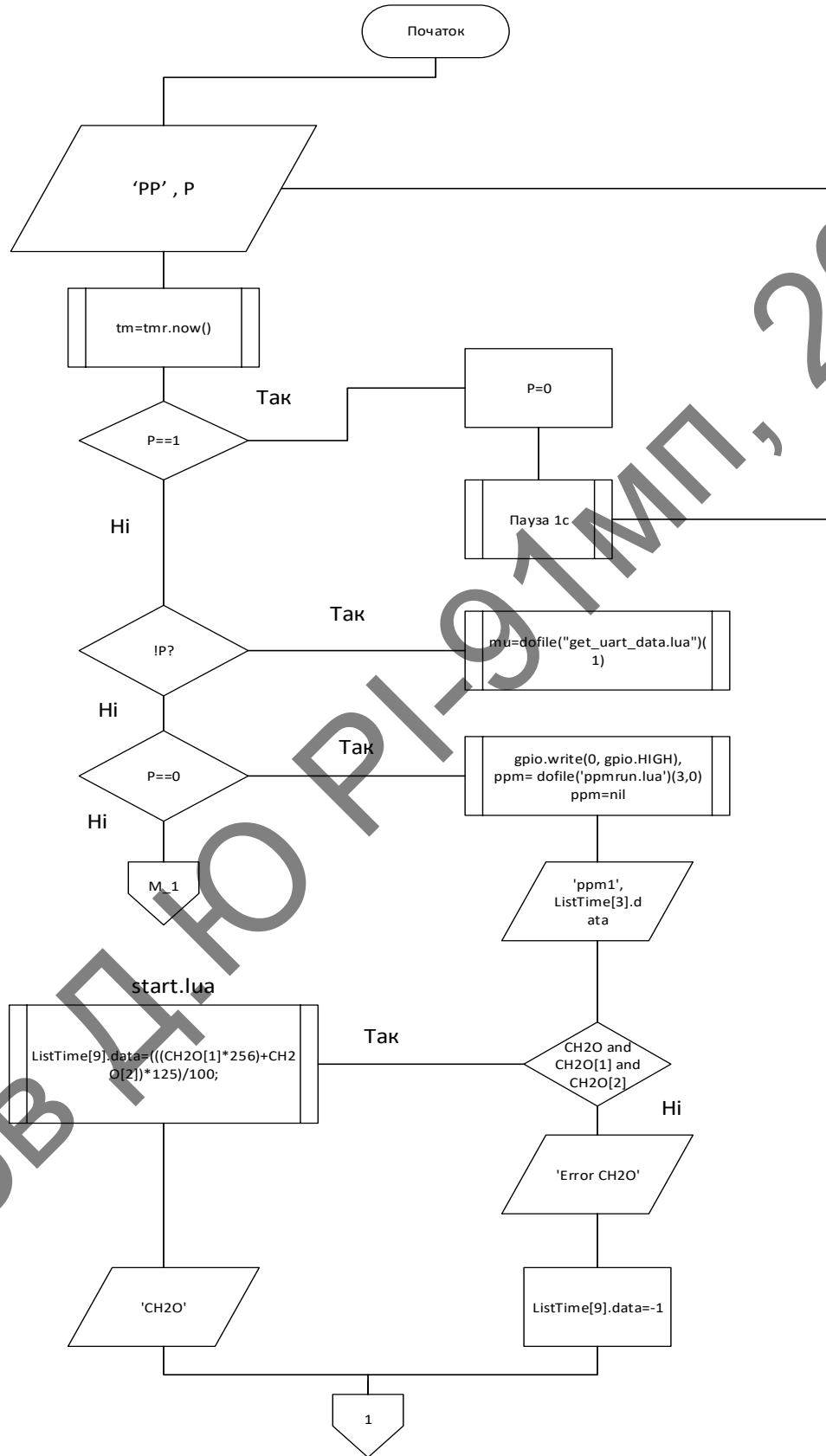


Рисунок 3.4 — Блок-схема функції time\_loop()

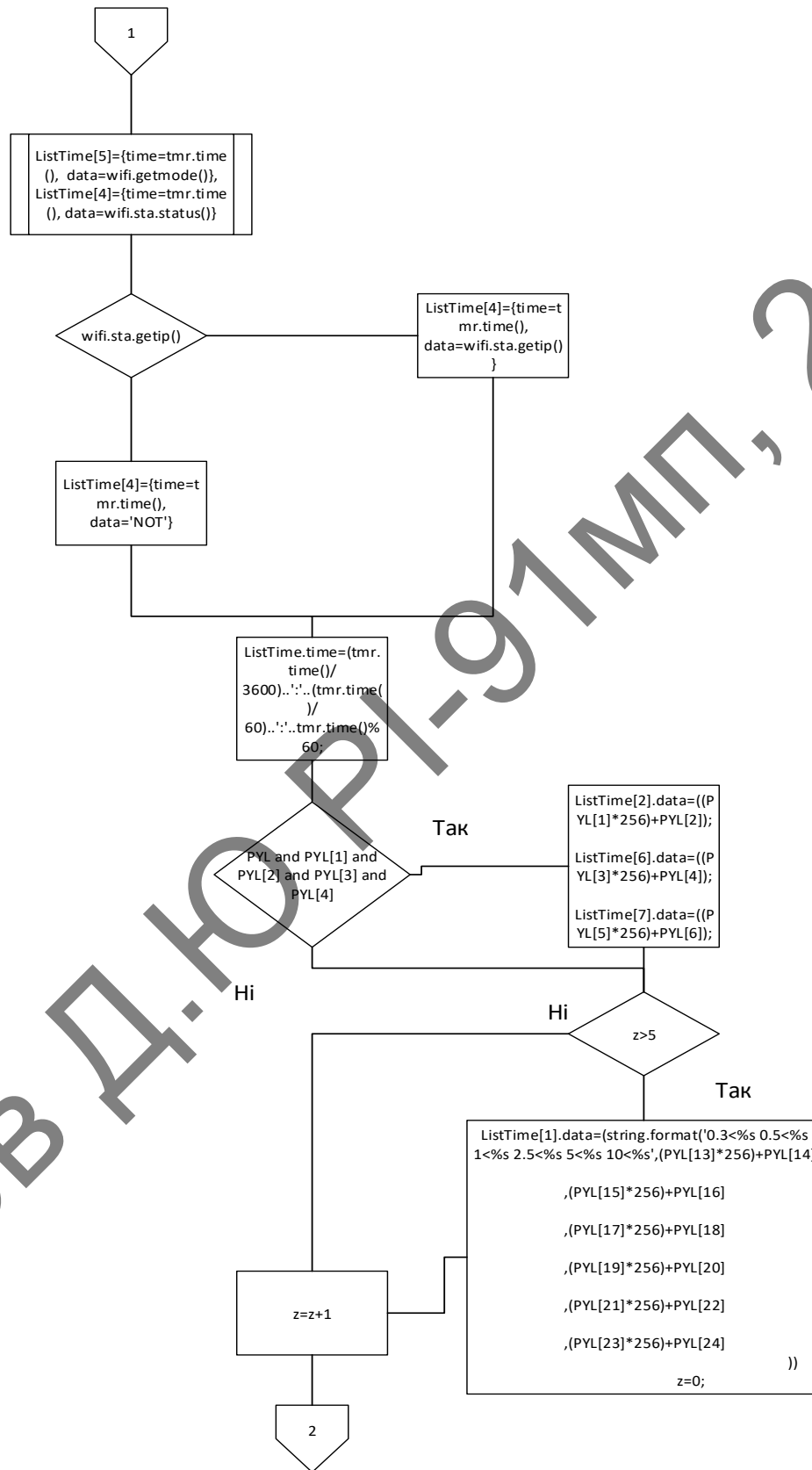


Рисунок 3.5 — Блок-схема продовження функції time\_loop()

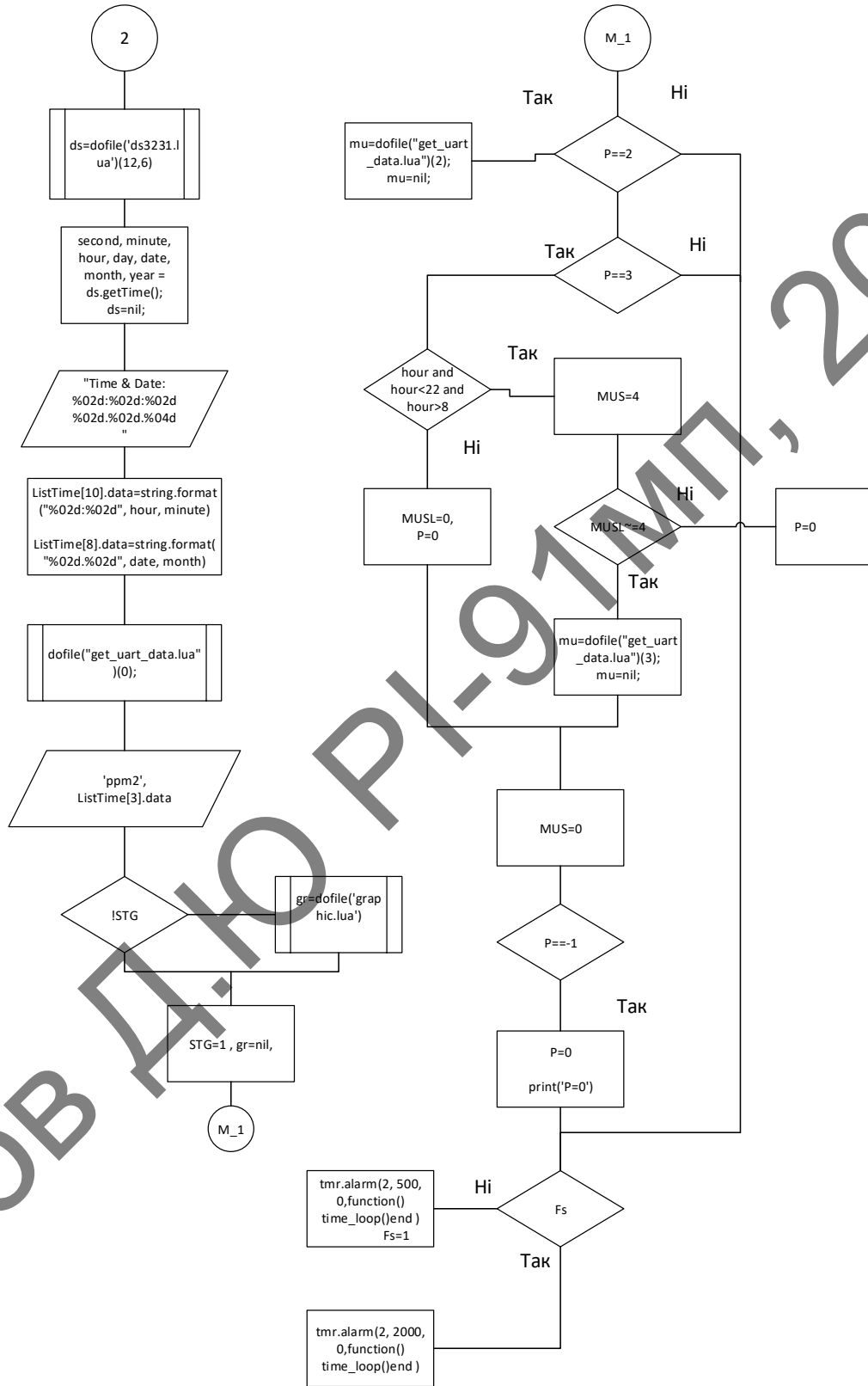


Рисунок 3.6 — Блок-схема продовження функції time\_loop()

## **Висновки**

Завдяки мові програмування Lua, яка є дуже простою для освоєння новачками, та широкій можливості застосування, розроблено алгоритм для контролера ESP8266. Програмний код містить усі, необхідні для вдалої роботи, функції: графічний інтерфейс, взаємодія датчиків з контролером, обробка результатів вимірювань, вивід інформації на екран та звуковий сигнал.

Іванов Д.Ю РІ-91МП, 2020



## 4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Необхідно провести маркетинговий аналізу стартап проекту, що б визначити принципові можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

### 4.1 Інформаційна карта проекту

Таблиця 4.1 — Інформаційна карта проекту

<b>1. Назва проекту</b>	Монітор якості повітря у приміщені
<b>2. Автори проекту</b>	Іванов Дмитро Юрійович
<b>3. Коротка анотація</b>	Монітори якості повітря служать для контролю повітря, яким дихає людина. Часто, у повітрі можуть існувати безбарвні гази, часточки пилу, яких людина не помічає, але вони шкідливо впливають на здоров'я людини, особливо алергіків. Для завчасного контролю, використовують монітори якості повітря.
<b>4. Термін реалізації проекту</b>	14
	<i>Тривалість проекту (в місяцях)</i>
<b>5. Необхідні ресурси</b>	<p><b>Інтелектуальні:</b> Програмування мікроконтролера, розрахунок потрібної чутливості давачів, конструювання корпусу.</p> <p><b>Матеріальні:</b> Радіодеталі, 3Д принтер</p> <p><b>Фінансові:</b> ~ 3 тис. грн.</p>

Продовження таблиця 4.1

<p><b>6. Опис проблеми, яку вирішує проект</b></p>	<p>Більшість сучасних моніторів якості повітря мають занадто велику кількість непотрібних функцій, за які потрібно доплачувати покупцеві. Або ж навпаки, вони не мають датчиків, які мають фіксувати пари фенолів та формальдегіду, які у невеликій концентрації є зовсім без запаху. Точність датчиків пилу є занадто низькою. І пил з малим діаметром не фіксується, хоча він найбільше осідає у легеннях.</p>
<p><b>7. Головні цілі та завдання проекту</b></p>	<p>Головною метою є забезпечити людей:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компактним</li> <li>2. Точним</li> <li>3. Надійним</li> <li>4. Недорогим</li> </ol> <p>приладом, який зможе допомогти зберегти своє здоров'я.</p>
<p><b>8. Очікувані результати</b></p> <p>Очікується більша точність, ніж у аналогів на ринку, швидкість роботи та аналізу повітря.</p>	

#### 4.2 Команда стартап

Стартап по створенню приладу для моніторингу повітря у приміщенні.

Склад команди:

1. Генератор ідей, конструктор.
2. IT спеціаліст.
3. Менеджер, дипломат.

Обов'язки кожного партнера:

Генератор:

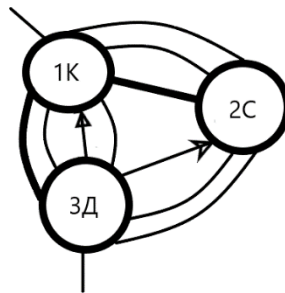
- Розробка конструкції
- Оцінка і налагодження конструкції
- Дослідження проекту
- Видача ТЗ
- Розподіл обов'язків

ІТ спеціаліст:

- Розробка ПО
- Тестування
- Удосконалення ПО

Менеджер:

- Аналітика
- Просування товару, реклама
- Пошук інвесторів
- Закупка матеріалів
- Юридичне забезпечення



Проведемо розрахунок коефіцієнтів навантаження за кількістю входів-виходів:

$$1 \text{ К} — V_{\text{х}}/V_{\text{вих}} = 7/7 = 1;$$

$$2 \text{ С} — V_{\text{х}}/V_{\text{вих}} = 7/5 = 1,4;$$

$$3 \text{ Д} — \text{Вх/Вих} = 5/6 = 0,8$$

Проведемо розрахунок коефіцієнтів навантаження за тривалістю навантаженості:

$$1 \text{ К} — \text{Затр/Весь} = 12/15 = 0,8;$$

$$2 \text{ С} — \text{Затр/Весь} = 12/15 = 0,8;$$

$$3 \text{ Д} — \text{Затр/Весь} = 12/15 = 0,8.$$

**Баланс:**

$$1 \text{ К} — 1/0,8=1,25;$$

$$2 \text{ С} — 1,4/0,8=1,75;$$

$$3 \text{ Д} — 0,8/0,8=1.$$

Висновок: В цілому розподіл завдань і зв'язків у проекті є збалансованим.

Якби це були недосвідчені підприємці, кожен отримав би по 33,3%, тому що це «чесно». Але варто оцінити важливість кожного фактора і внесок кожного учасника:

### 4.3 Оцінювання важливості кожного фактора і внеску кожного учасника

Кожна команда складається з певної кількості людей. І якби не хотілося бути усім рівними, існують люди, вклад яких у спільну роботу є більшим, і які цінуються більше. Така оцінка наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 — Оцінка важливості кожного учасника

Фактор	Вага	Партнер 1	Партнер 2	Партнер 3
1	2	3	4	5
Розподіл обов'язків	7	7	2	2

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
Розробка конструкції	6	10	1	1
Оцінка та налагодження	6	4	5	2
Дослідження проекту	5	4	4	2
ТЗ	6	8	2	0
Закупка матеріалів	7	3	0	9
Розробка (і вдоск.) ПО	8	1	10	0
Тестування	3	7	9	0
Просування	9	1	4	10
Інвестори	8	1	1	8
Юридичне забезпечення	3	1	1	8
Разом:	793	271	239	283
Відсоток:	100%	34%	30%	35,7%

Тепер складемо показники кожного партнера, помножимо на вагу (ступінь важливості фактора) і визначимо відсоткове співвідношення.

Висновок: ІТ-спеціаліст виконує низку другорядної роботи з допомоги конструктору та дипломату, проте, основний вклад вносять конструктор, через те що він як керівник має бути задіяний у всіх етапах існування стартапу, та дипломат, оскільки його обов'язком є забезпечити фінансовими та

матеріальними ресурсами інших членів команди. Але внески всіх учасників приблизно рівні.

#### 4.4 Морфологічна карта

*Визначення основних функцій* (їх можна визначити як за результатами наукових досліджень, так і суто інтуїтивно). У цьому випадку їх визначено за комбінацією названих методів:

- Прийнятна температура повітря у межах  $+5 - +30^{\circ}\text{C}$ ;
- Прийнята відносна вологість не більше 70%;
- Батарея не більше ніж 2800 mAh;
- 8-бітний, кольоровий, не сенсорний екран;

Побудова морфологічної карти, на якій показати можливі варіанти рішень – засобів реалізації кожної функції показана у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Морфологічна карта

Основні параметри	Проміжні рішення		
	1-ше	2-ше	3-ше
1	2	3	4
Температурний діапазон	Тепле повітря від центрального джерела	Конвектор у кімнаті	Конвектор-радіатор у кімнаті
Вологість	Нерегульована	Зволожувач-випарювач	Інші
Питомий тиск	$2 \times 10^{-4}$ — $6 \times 10^{-4}$ Па	$2 \times 10^{-2}$ Па	$2 \times 10^{-3}$ — $2 \times 10^{-2}$ Па
Давач CO <sub>2</sub>	Ультразвуковий	Інфрачервоний	Недисперсійний

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
Давач пилу	Лазерний	Механічний	Магнітний
Давач формальдегід у	Інфрачервоний	Індуктивний	Іонізаційний
Джерело енергії	Вмонтована батарея	Живлення від мережі, через адаптер	Інші

Переваги розроблюваного пристрою:

- компактність;
- можливість використання у реальному часі, без попередніх налаштувань.

Таким чином, ідею нового товару можна сформулювати так: монітор якості повітря у приміщенні є компактним портативним пристроєм з інтуїтивно простим використанням.

MVP

**Головна проблема:** Люди часто купують меблі у дім, не задумуючись про те, з яких матеріалів вони зроблені. А вони можуть виділяти шкідливі феноли та формальдегіди, а також накопичувати пил.

1-й MVP: Емпіричний метод виявлення забруднень у повітрі.

2-й MVP: Зняття проб для дослідження якості повітря. Лабораторний метод.

3-й MVP: Польовий метод. Використання хімічних аналізаторів повітря воєнного зразку.

4-й MVP: Створення доступних та портативних аналізаторів повітря.

Переваги дослідження якості повітря у реальному часі:

1. Забезпечує контроль вашого здоров'я.
2. При невеликому перевищенні допустимої норми отруйних речовин або перевищення концентрації пилу, можна завчасно попередити людину.
3. Пил є дуже сильним алергеном, тому контроль допустимого значення є доволі важливим для людей, які є алергіками.

Таким чином, ідею нового товару можна сформулювати так: пристрій складається з датчиків пилу, CO<sub>2</sub>, фенолів, формальдегіду та ін.. Аналізуючи дані та порівнюючи їх зі значеннями норми, можна завчасно попередити людину про ризик отруєння та запобігти багатьом хворобам, пов'язаних з диханням і контролювати повітря для комфортної присутності у приміщенні людей, які страждають на алергію.

1. *Товар за задумом.* Система для аналізу якості повітря у приміщенні.
2. *Товар у реальному виконанні.* Зовні пристрій виглядає як коробок трапецийдальної форми. На передній панелі розміщений монітор для відображення інформації та показників датчиків, а також кнопка ввімкнення та вимкнення. На лівій боковій панелі присутній роз'єм для живлення. На задній кришці знаходиться перфорація для доступу повітря до датчиків та перфорація для якісної конвекції, та отвори для закріплення на вертикальній поверхні.
3. *Товар з підкріпленням.* Гарантійний термін експлуатації становить 2 роки. Товар має кілька варіантів оформлення з огляду на форму та кольорову гамму. Можливий продаж у кредит. Оптовим покупцям надається знижка 10%.



#### 4.5 Опрацювання питань для удосконалення продукту «Монітор якості повітря у приміщенні»

Таблиця 4.4 — Питання щодо удосконалення

№ з/п	Запитання	Відповідь
1	2	3
1	Частиною яких систем є продукт?	Продукт є самостійним приладом, який не є частиною інших систем.
2	Чи можна розділити продукт на частини?	Так. Замінюватися може лише батарея, а заряджання може відбуватися від мережі через блок живлення. Зарядний пристрій та дріт можна купити окремо, будь-де.
3	Чи можна нерухомі частини продукту зробити рухомими і навпаки?	Пристрій є невеликим портативним блоком, рухатися там нема чому, окрім того, що його можна розібрати.
4	Яким має бути ідеальний продукт?	В ідеалі, це портативний, невеликий пристрій з великою точністю вимірювань.
5	Що відбудеться, якщо вилучити цей продукт?	Замінити можна лише портативний воєнними хімічними аналізаторами, які є доволі габаритними та складними у використанні.

Продовження таблиці 4.4

1	2	3
6	Яким цей продукт був у минулому?	Це був набір реактивів, розбиваючи колбу одного з них, її вставляли в аналізатор, який розпізнавав вид та інтенсивність реакції з повітрям.
7	На розвиток яких функцій було спрямоване удосконалення продукту?	На швидкість аналізатора, точність давачів, доступність для звичайних людей.
8	Як можна на тепер розвинути ці функції?	Підібрати давачі з хорошою точністю та створити оптимізоване програмне забезпечення.

Іванов Д.Ю. РІСІМГ, 2020

## 4.6 Приклад бізнес-моделі

<p><b>Фора</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Малі габарити</li> <li>2. Можливість використання в будь-якому місці</li> <li>3. Точність вимірювання</li> </ol>	<p><b>Решение</b></p> <p>Розробка та створення компактного пристрою для моніторингу якості повітря</p>	<p><b>Проблема</b></p> <p>Брудне повітря у приміщенні. Наявність шкідливих газів.</p>	<p><b>Шаблон Бізнес-Моделі +</b> Портативний пристрій для Проекту дослідження зон звучання. Версія <u>Бета тест 1.0</u></p>
<p><b>Ключевые Партнеры</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виробники радіодеталей, давачів.</li> <li>2. Виробники контроллерів Atmega та STM</li> <li>3. Компанії, які займаються 3D друком</li> </ol>	<p><b>Ключевые виды деятельности</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схемотехнічна розробка пристрою</li> <li>2. Створення необхідного програмного забезпечення</li> </ol>	<p><b>Ценностное предложение</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Точність. Прилад має високу точність, аналогічну системам моніторингу, які стоять у різних районах міста.</li> <li>2. Зручність. Пристрій має</li> </ol>	<p><b>Взаимоотношения с клиентами</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Персональна підтримка кожного клієнта</li> <li>-Сервісне обслуговування</li> </ul>
<p><b>Ключевые Ресурсы</b></p> <p>Інтелектуальні: ІТ програміст, менеджер конструктор Матеріальні: 3D принтер, ПК Фінансові: 3 тис грн</p>	<p><b>Каналы сбыта</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реклама в інтернеті.</li> <li>2. Реклама в метро</li> <li>3. Реклама у магазинах мед. техніки</li> </ol>	<p><b>Потребительские Сегменты</b></p> <p>Алергіки. Звичайні люди, які турбуються про своє здоров'я. Майстерні, де є пил.</p>	<p><b>Шаги</b></p>
<p><b>Структура Издержек</b></p> <p>Постійні витрати: ЗП, оренда приміщення. Змінні витрати, які залежать від обсягу виробництва: витрати на комплектуючі.</p>	<p><b>Потоки Доходов</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Продаж продукту</li> <li>-Використання ліцензії та патенту на продукт</li> <li>-Реклама</li> <li>-Сервісне обслуговування</li> <li>-Продаж комплектуючих</li> </ul>	<p><b>Гипотезы</b></p>	<p><b>Метрики</b></p>

Іванов О.М., 2020

#### 4.7 Розроблення ринкової стратегії проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 4.5 — Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Люди, які страждають на алергію.	Висока, (Допоможе контролювати чистоту повітря)	60-70% (Залежить від виду алергії)	Низька (аналоги дорожчі)	Середня
2	Звичайні люди	Середня (Які турбуються за своє здоров'я)	50% (Середній результат)	Низька	Низька(мало людей задумуються про шкоду повітря у приміщені)

Таблиця 4.6 — Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Розробка пристрою високотехнологічними методами	При допомозі економічності та високій ефективності	Висока доступність	Стратегія зайняття конкурентної ніші

Таблиця 4.7 — Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів ?	Чи буде компанія копіювати основні характеристик и товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	ні	так	ні	Виклику лідера

Таблиця 4.8 — Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
2	Надійний (захищений від ударів, вологий), простий у використанні, малогабаритний	Наступальна або атакуюча стратегія	На основі специфічних відчутних характеристик та безпосередньої новизни;	Позиціонування за: – "ціна – якість" – показниками якості – трьома ознаками

#### 4.8 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.9 — Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	2	3	4
1	Точість вимірювань	Товар пропонує високу точність	За рахунок простого механізму вимірювання та складних обчислень зі значними обчислювальними потужностями, може використовуватися будь-де, будь-коли.

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4
2	Якість	Товар пропонує найвищу якість на ринку	За рахунок використання якісних матеріалів та спеціальної конструкції є міцним зі значним періодом безвідмовної роботи, при експлуатації в будь-яких умовах, що задовольняють інтереси користувача

Таблиця 4.10 — Формування системи збуту

№п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	<p>1. Торгівля через магазини, що співпрацюють з виробником</p> <p>2. Посилкова торгівля</p> <p>3. Торгівля в роздріб</p>	<p>Встановлення контактів із споживачами і підтримання їх;</p> <p>- Формування попиту і стимулювання збуту;</p>	1	<p>Роздрібна торгівля:</p> <p>Торгові центри;</p> <p>Музичні магазини.</p>

#### 4.9 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.11 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Визначити потенційні цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавлені у задоволенні означеної потреби	Вписати фактори, що формують поведінку клієнта (стандарти, технічні регламенти, інші фактори цінового та нецінового характеру) та особливості купівлі та експлуатації товару	- до продукції - до компанії-постачальника



Таблиця 4.12 — Фактори загроз

№п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вихід на ринок нових конкурентів	Зменшення продажів товару	Реклама товару та акційні пропозиції
2	Криза	Здорожчання вартості матеріально-сировинної бази,	Пошук нових постачальників, заміна компонентів на перспективніші та дешевші
3	Простій виробництва	Так як товар не є таким, що часто купують, після продажу декількох партій, потреба в ньому зникне	Оновлення функціоналу та його комплектуючих.

Таблиця 4.13 — Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Різне зростання попиту	Збільшення кількості продажів товару	Збільшення прибутків компанії, позитивна реакція
2	Зростання рівня доходів населення	Збільшення попиту на товар	Збільшення кількості продукції, можливе підвищення ціни
3	Неправильне ведення цінової політики у конкурентів	Неправильне виставлення конкурентами цін на товари та послуги	Тимчасове зниження ціни на певну частину товарів

Проведемо аналіз пропозицій: визначимо загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 4.14 — Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Вказати тип конкуренції - чиста монополія	У монополізованій галузі панує одна фірма, яка не зустрічає прямої конкуренції з боку інших фірм, які виробляють таку саму чи схожу продукцію.	здійснює контроль над цінами; захищений від конкуренції бар'єрами, які перешкоджають вступу в галузь інших продавців.
2. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародний	Пристрій може бути використано на концертах, кінозалах, театрах, аудиторіях, конференц-залах.	Варто пропонувати продукт із максимально можливим набором локалізацій
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Галузь акустики та акустотехніки	Фірма з виробництва даного пристрою, базується на досягненнях цієї галузі

Продовження таблиці 4.14

1	2	3
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Між різними видами товарів, які можуть виконувати подібні функції. Мається на увазі конкуренція з боку товарів-субститутів	Збільшення функціоналу товару, використання дешевших комплектуючих для зменшення ціни і збільшення продажів
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	проводиться головним чином за допомогою вдосконалення якості продукції, технології виробництва, інновацій та нанотехнологій, патентування і брендування і умов її продажу.	від конкуренції ґрунтується на прагненні захопити частину галузевого ринку шляхом випуску нових товарів, які або принципово відрізняються від своїх попередників, які представляють модернізований варіант старої моделі
6. За інтенсивністю - марочна	Використання торгової марки	Реклама

Таблиця 4.15 — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<b>Прямі конкуренти в галузі</b>	<b>Потенційні конкуренти</b>	<b>Постачальники</b>	<b>Клієнти</b>	<b>Товари-замінники</b>
<b>Складові аналізу</b>	<b>Huawei, Flus, Benetech</b>	<b>Конкуренція, недостатність довіри до нового продукту</b>	<b>Змінні витрати постачальника</b>	<b>Прибутки Система інформації</b>	<b>Дешевші китайські аналоги з гіршими характеристиками</b>
<b>Висновки:</b>	Боротьба буде запеклою, проте якість за оптимальну ціну завжди перемагає над добре розширеним товаром	Від 1 до 3 років вхід на ринок			Перехоплення необізнаних клієнтів нижчою ціною проте гіршим функціоналом та якістю

Отже, обробивши результати, можна дійти висновку, що працювати на ринку можна. Для того аби товар користувався попитом і для достатнього поширення на ринку потрібно забезпечувати необхідний набір характеристик та брати активну участь у вдосконаленні свого проекту.

Перелічимо фактори конкурентоспроможності.

Таблиця 4.16 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування вибору
1	Частка ринку	Дана область не досягла своїх піків в розробці, відповідно є місце для актуалізації та вдосконалення
2	Універсальність	При належних потребах та вдосконаленні, можна використовувати даний пристрій в інших галузях
3	Швидкодія	За використання сучасного алгоритму, та необхідного функціоналу досягається конкурентоспроможність при однакових цінах на ринках

Складемо матрицю SWOT-аналізу у таблиці 4.18.

Таблиця 4.18 — SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Новизна на ринку;</li> <li>2. Надання гарантійних послуг;</li> <li>3. Виконання постійних маркетингових компаній та досліджень;</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Велика орендна платня;</li> <li>2. Висока вартість та складність виготовлення;</li> <li>3. Велика з/п співробітників;</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зростання рівня доходів населення;</li> <li>2. Розширення клієнтської бази при ефективній політиці ціноутворення та вдалої реклами</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Швидке задоволення потреб покупців та відсутність попиту на основну продукцію;</li> <li>2. Вдосконалення своїх засобів конкурентами</li> </ol>

За результатами SWOT-аналізу видно, що найбільшу загрозу на створення даного стартап-проекту чинить відсутність попиту та вдосконалення власних засобів конкурентами. В такому разі, за рахунок розробника буде проводитись вдосконалення. Уже заплановано декілька удосконалень. Так як, майже, у кожній людина зараз є смартфон, то було б цілком логічно додати до пристрою Wi-Fi модуль і зробити можливість передавання даних на смартфон. Це було б доволі ефективно, адже користувачу могло б прийти сповіщення про небезпеку ще до того, як він прийшов додому. Таке удосконалення позитивно вплинуло б на продаж та експлуатацію приладу.

#### 4.10 Виробничий план

*Мета:* довести можливості ефективного організаційного та ресурсного забезпечення проекту; продемонструвати, що запропоновані організаційні рішення дозволять ефективно реалізувати стартап-проект.

Скласти календарний план-графік реалізації проекту за формою, наведеною в табл. 4.19

Таблиця 4.19.— Календарний план-графік реалізації стартап-проекту

№ з/п	Етапи реалізації	Період реалізації проекту						
		0-й рік <sup>1</sup>				1-й рік	2-й рік	3-й рік
		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1.	Проведення НДДКР	+	+	+	+			
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО		+	+	+			

Продовження таблиці 4.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту		+	+				
4.	Створення компанії					+		
5.	Придбання нематеріальних активів, отримання дозвільних документів тощо					+	+	
7.	Придбання обладнання, устаткування та пристроїв	+	+					
8.	Передвиробничі маркетингові дослідження		+					
9.	Приймально-здавальні випробування		+	+	+			
10.	Пуско-налагоджувальні роботи				+	+		

11.	Освоєння проектних потужностей						+	+	
-----	--------------------------------	--	--	--	--	--	---	---	--

Продовження таблиці 4.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12.	Придбання матеріальних ресурсів					+	+	
13.	Запуск виробництва						+	+
14.	Продаж продукції						+	+

Визначити потребу у основних засобах (земельних ділянках, будівлях, приміщеннях, спорудах, передавальних пристроях, обладнанні), необхідних для реалізації проекту, та умови їх використання за формою, наведеною в табл. 4.20-4.21.

Таблиця 4.20— Планова потреба у виробничих площах

№ з/п	Тип приміщення (будівлі, ділянки, споруди)	Кількість одиниць	Площа, кв. м	Вимоги до приміщення (будівлі, ділянки, споруди)	Умови надання	Вартість, тис. грн.
11	Приміщення	1	40	Світле приміщення, з вентиляцією	Купівля	920000



№ з/п	Тип приміщення (будівлі, ділянки, споруди)	Кількість одиниць	Площа, кв. м	Вимоги до приміщення (будівлі, ділянки, споруди)	Умови надання	Вартість, тис. грн.
22	Обладнання	5	6	Відповідність нормам ЕБ	Купівля	650000
<i>Разом</i>				—	—	1,7 млн

Іванов Д.Ю Р/91МЛ/2020

Площа необхідних приміщень визначається на підставі потреб у:

- *виробничому приміщенні*, площа якого ( $S_{пр}$ ) може бути визначена за формулою:

$$S_{пр} = \sum_{i=1}^m S_i O_i k_f,$$

де  $m$  – кількість операцій технологічного процесу виготовлення виробів;  $S_i$  – габарити обладнання для виконання  $i$ -ї операції, кв. м;  $O_i$  – кількість обладнання для виконання  $i$ -ї операції, одиниць;  $k_f$  – коефіцієнт, що враховує потребу у додатковій площі ( $k_f = 2,0-3,0$ );

- *складському приміщенні*, площа якого може бути наближено визначена в розмірі 30-50% від площі виробничого приміщення;
- *офісному приміщенні*, площа якого може бути прийнята в межах 20-30 кв. м.

Таблиця 4.21— Планова потреба у виробничому обладнанні та устаткуванні

№ з/п	Вид обладнання (устаткування, пристрою)	Тип (модель)	Виробник обладнання (устаткування, пристрою)	Терміни постачання	Вартість, тис. грн.
1.	Ноутбук	Aspire	Acer	1 день	18 2шт
2.	3D-принтер	Graber	Drunk	10 днів	6
3.	Стіл	CU-15	Компаніт	1-3 дні	1,2 * 2шт
4.	Кондиціонер	On/off	Samurai	2 дні	5,4
5.	Паяльна станція	852D	Lukey	1-2 дні	2

Разом:	—	—	—	52
--------	---	---	---	----

Вартість обладнання може бути визначена наступним чином:

- *вартість технологічного обладнання* – за формулою:

$$K_{mo} = \sum_{i=1}^m O_i C_i,$$

де  $m$  – кількість операцій технологічного процесу виготовлення продукції;  
 $O_i$  – кількість одиниць обладнання для виконання  $i$ -ї операції;  $C_i$  – ціна одиниці обладнання для виконання  $i$ -ї операції.

- *вартість допоміжного обладнання* може бути визначена наближено на рівні приблизно 30% від вартості технологічного обладнання;
- *вартість інвентарю* також може бути визначена наближено на рівні 10-15 % від вартості технологічного обладнання.

5.3. Визначити обсяг витрат на залучення нематеріальних активів, необхідних для реалізації стартап-проекту за формою, наведеною в табл. 4.22.

Таблиця 4.22— Планова вартість нематеріальних активів

з/п	Вид активів	Активи, що можуть бути віднесені до даного виду	Вартість, тис. грн.
1	2	3	4
1	Права користування природними ресурсами	(право користування надрами, іншими ресурсами природного середовища, геологічною та іншою інформацією про природне середовище)	—
2	Права користування майном	(право користування земельною ділянкою відповідно до земельного законодавства, право користування будівлею, право на оренду приміщень тощо)	920

Продовження таблиці 4.22

1	2	3	4
3	Права на комерційні позначення	(права на торговельні марки (знаки для товарів і послуг), комерційні (фірмові) найменування тощо)	10
4	Права на об'єкти промислової власності	(право на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, сорти рослин, породи тварин, компонування інтегральних мікросхем, комерційні таємниці, у тому числі ноу-хау, захист від недобросовісної конкуренції)	12,2
5	Авторське право та суміжні з ним права	(право на літературні, художні, музичні твори, комп'ютерні програми, фонограми, відеограми, передачі (програми) тощо)	2,5
6	Інші активи	(право на провадження діяльності, використання економічних та інших привілеїв тощо)	—

Визначити плановий обсяг виробництва продукції стартап-проекту (в натуральних показниках) по роках за формою, наведеною в таблиці. 4.23.

Таблиця 4.23— Плановий обсяг виробництва продукції стартап-проекту

Вид продукції	Одиниця виміру	Обсяги виробництва за період		
		1-й рік	2-й рік	3-й рік
Аналізатор поширення звуку	Шт.	5000	15000	50000

Визначити обсяг витрат на забезпечення стратап-проекту матеріальними ресурсами та комплектуючими по роках (виходячи з планового обсягу виробництва продукції, визначеного в таблиці. 4.23) за формою, наведеною в табл. 4.22. Якщо проектом передбачено виробництва декількох видів продукції, таблиця складається по кожному виду продукції окремо.

Таблиця 4.24— Планова потреба у матеріальних ресурсах та комплектуючих

№ з/п	Вид ресурсу	Од-ця виміру	Витрати на одиницю продукції в натуральних показниках	Вартість на одиницю продукції, тис. грн.	Вартість за плановим обсягом виробництва за період, тис грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
1.	Матеріали						
1.1.	Припій	г	50	50	4000	10000	12000
1.2	Флюс	мл	45	45	4600	5500	6200
	Всього матеріалів	—	—				
2.	Комплектуючі						
2.1.	Насадки для паяльної станції	шт	730	730	1460	—	—
2.2	Акумулятори	шт	210	210	12000	18000	24000
2.3	Кабелі	шт	20	20	3200	—	—
	<i>Разом:</i>	—	—	1055	25250	33500	42200

Визначити потребу та обсяг витрат на залучення адміністративного та промислово-виробничого персоналу, необхідного для реалізації проекту за формою, наведеною в табл. 4.25.

Іванов Д.Ю РІ-91МП, 2020

Таблиця 4.25— Планова потреба та витрати на персонал

№ з/п	Категорія персоналу	Чисельність	Заробітна плата, тис грн. на місяць	Відрахування на соціальні заходи, тис грн. на місяць	Витрати на оплату праці за період, тис. грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Адміністративний персонал (працівники апарату управління)	4					
1.1.	директор	1	20000 грн.	4180 грн.	273880	273880	273880
1.2.	бухгалтер	1	10000 грн.	1850 грн.	97800	97800	97800
1.3.	маркетолог	1	10000 грн.	1850 грн.	97800	97800	97800
1.4.	менеджер	1	10000 грн.	1850 грн.	97800	97800	97800
Всього витрати на оплату праці адміністративного персоналу			50000 грн.	9730 грн.	665080	665080	665080
2.	Промислово-виробничий персонал	10	.	.			
2.1.	технолог	1	18000 грн.	4180 грн.	254820	254820	254820

родовження таблиці 4.25

1	2	3	4				
2.2.	Інженер	1	20000 грн.	5180 грн.	273840	273840	273840
2.3.	робітники, зайняті на виробництві	6	10000 грн.	1295 грн.	342300 грн.	342300 грн.	342300 грн.
2.4.	керівники цехів та виробничих підрозділів	3	13000 грн.	2200 грн.	117360	117360	117360
Всього витрати на оплату праці промислово-виробничого персоналу			137000	23730 грн.	970000 грн.	970000 грн.	970000 грн.
<i>Разом:</i>			187000	33500 грн.	1,6 млн. грн.	1,6 млн. грн.	1,6 млн. грн.



Визначити обсяг загальних початкових витрат, необхідних для реалізації проекту (витрат, що мають бути понесені до початку основної діяльності в 0-й рік реалізації проекту) за формою, наведеною в табл. 4.26

Таблиця 4.26— Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1	2	3
1.	Проведення НДДКР	40
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	30
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту	14
4.	Витрати на придбання й оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	920
5.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	55
6.	Витрати на приймально-здавальні випробування	50
7.	Витрати на пусконаладжувальні роботи	30
8.	Комплексне освоєння проектних потужностей	80
9.	Витрати на придбання нематеріальних активів	15
10.	Одноразові виплати, зокрема гарантуючим і страховим організаціям	55
11.	Витрати на створення оборотного капіталу, необхідного для початку операційної діяльності (створення виробничих запасів, передплата сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, які мають бути поставлені на початку операційної діяльності)	1600
12.	Податкові платежі (земельний, комунальний та інші), здійснені до початку операційної діяльності	45

## Продовження таблиці 4.26

1	2	3
13.	Оплата юридичних послуг	8000 грн./місяць
14.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	20
15.	Витрати, пов'язані з діяльністю персоналу	350.
	<i>Разом</i>	3328

Визначити обсяг поточних загальногосподарських витрат, необхідних для реалізації проекту, за формою, наведеною в табл. 4.27.

Таблиця 4.27— Планові загальногосподарські витрати

№ з/п	Стаття витрат	Витрати за період, тис. грн.		
		1-й рік	2-й рік	3-й рік
1	2	3		
41.	Витрати на оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	100		
2.	Витрати на обладнання, устаткування та пристрої	20		
3.	Витрати на придбання нематеріальних активів	200		
4.	Витрати на персонал (на відрядження, соціальні заходи тощо)	300		
5.	Витрати на зв'язок	100		
6.	Витрати на паливо та електроенергію	50		
7.	Витрати на водопостачання	20		
8.	Витрати на утримання обладнання та приміщень	12		
9.	Витрати на збут	10		

№ з/п	Стаття витрат	Витрати за період, тис. грн.		
		1-й рік	2-й рік	3-й рік
10.	Витрати на просування та рекламу	150		

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91 МП, 2020

Продовження таблиці 4.27

1	2	3
11.	Оплата юридичних послуг	70
12.	Податкові платежі	40
<i>Разом:</i>		<b>1000000</b>

Розроблений стартап проект, показує конкуренто-спроможність даного приладу. Незважаючи на велику кількість аналогів на ринку, прилад зможе знайти свого клієнта на ринку.

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91 МП, 2020

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано існуючі рішення, виявлено перелік недоліків (висока собівартість, при зменшенні вартості відсутній аналіз пилу та формальдегіду), які суттєво зменшують межі використання аналізаторів якості повітря. Поставлена задача розробити власний пристрій, який виправить виявлені недоліки, буде простий у використанні з інтуїтивно-зрозумілим інтерфейсом та відносно низькою собівартістю.

2. Для зменшення вартості аналізатора якості повітря, використано наступні модулі датчиків: ZE08-CH20 – датчик формальдегіду, датчик пилу PMS5003 та датчик вуглекислого газу MH-Z19. Оскільки, вони поєднують у собі такі якості, як доступність та необхідні вимірювальні параметри (рівень вуглекислого газу, формальдегіду та часточок пилу), які задовольняють завдання.

3. Розроблено корпус та проведено моделювання у середовищі SolidWorks. За допомогою інструменту Flow Simulation показало, що використання у корпусі кулера є доволі ефективним рішенням для примусового направлення повітря. Таким чином повітря ззовні направляється прямо до датчиків, котрі оцінюють якість повітря та його забруднення.

4. Розроблено алгоритм для роботи пристрою. Програмний код містить усі необхідні функції та процедури для комфортної і правильної роботи пристрою. Створено зручний та інформативний графічний інтерфейс, взаємодія датчиків з мікроконтролером, вивід необхідної інформації на екран та додатково звукова сигналізація у випадку перевищення рівня забруднення повітря (для вуглекислого газу це – 0.05% від складу усього повітря; для формальдегіду – 0.035 мг/м<sup>3</sup>; та для часточок пилу, що менші за 10 мкм). Перевірено роботу коду на його коректність. Також, перевірено на наявність помилок за допомогою інтегрованого середовища розробки та його інструменту Debug.

5. Розроблено стартап проект, у якому розраховано конкурентоспроможність даного приладу. Незважаючи на велику кількість аналогів на ринку, прилад може знайти свого клієнта.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

1. Монитор качества воздуха MT8060 — Shop.dadget.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://shop.dadget.ru/catalog/house/monitor\\_kachestva\\_vozdukha/](https://shop.dadget.ru/catalog/house/monitor_kachestva_vozdukha/) — Назва з екрану.

2. Датчик качества воздуха настольный для помещений Extech CO200 — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p2659061-datchik-kachestva-vozduha.html> — Назва з екрану.

3. Датчик качества воздуха настольный для помещений Extech CO200 — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p2659061-datchik-kachestva-vozduha.html> — Назва з екрану.

4. Trotec BZ30 Регистратор CO<sub>2</sub> — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p810403579-trotec-bz30-registrator.html> — Назва з екрану.

5. Trotec BZ30 Регистратор CO<sub>2</sub> — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p810403579-trotec-bz30-registrator.html> — Назва з екрану.

6. Анализатор формальдегида и тестер качества воздуха PCE-VOC 1 — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p1045446893-analizator-formaldegida-tester.html> — Назва з екрану.

7. Анализатор AIR MENTOR PRO — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p1013156620-air-mentor-pro.html?&primelead=Mi40> — Назва з екрану.

8. BENETECH GM8804 — Prom.ua [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/ua/p1133570564-analizator-vozduha-pm25pm10hcho.html> — Назва з екрану.

9. Газоанализатор 4-в-1 WINTACT WT8811 — Prom.ua [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p1178188036-gazoanalizator-wintact-wt8811.html> — Назва з екрану.

10. Make Your Own Air Quality Monitoring Device! — Electronicsforu.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://electronicsforu.com/electronics-projects/hardware-diy/make-air-qualitymeter/2> — Назва з екрану.

11. IoT-Enabled Air Pollution Meter With Digital Dashboard On Smartphone — Electronicsforu.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://electronicsforu.com/electronics-projects/iot-enabled-air-pollution-meter> — Назва з екрану.

12. Проектування друкованих плат — drive.google.com izmerkon.ru [Електронний ресурс]. — [https://drive.google.com/drive/u/0/folders/18X4RBB\\_uzhi4prWvh5KgCX9s6LBSeSeu](https://drive.google.com/drive/u/0/folders/18X4RBB_uzhi4prWvh5KgCX9s6LBSeSeu) — Назва з екрану.

13. Altium Designer — Altium.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.altium.com/altium-designer> — Назва з екрану.

14. Solid Works — Solidworks.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.solidworks.com> — Назва з екрану.

**Додаток А. Файл запуску годинника (ds3231)**

Файл ds3231.lua

```
local M
```

```
do
```

```
-- Default value for i2c communication
```

```
local id = 0
```

```
--device address
```

```
local dev_addr = 0x68
```

```
local function decToBcd(val)
```

```
    return((((val/10) - ((val/10)%1)) *16) + (val%10))
```

```
end
```

```
local function bcdToDec(val)
```

```
    return((((val/16) - ((val/16)%1)) *10) + (val%16))
```

```
end
```

```
-- initialize i2c
```

```
--parameters:
```

```
--d: sda
```

```
--l: scl
```

```
--get time from DS3231
```

```
local function getTime()
```

```
    i2c.start(id)
```

```
    i2c.address(id, dev_addr, i2c.TRANSMITTER)
```

```
    i2c.write(id, 0x00)
```

```
    i2c.stop(id)
```



```
i2c.start(id)
i2c.address(id, dev_addr, i2c.RECEIVER)
local c=i2c.read(id, 7)
i2c.stop(id)
return bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 1))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 2))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 3))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 4))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 5))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 6))),
bcdToDec(tonumber(string.byte(c, 7)))
end

--set time for DS3231
local function setTime(second, minute, hour, day, date, month, year)
i2c.start(id)
i2c.address(id, dev_addr, i2c.TRANSMITTER)
i2c.write(id, 0x00)
i2c.write(id, decToBcd(second))
i2c.write(id, decToBcd(minute))
i2c.write(id, decToBcd(hour))
i2c.write(id, decToBcd(day))
i2c.write(id, decToBcd(date))
i2c.write(id, decToBcd(month))
i2c.write(id, decToBcd(year))
i2c.stop(id)
end

local function init(sda, scl)
```

```
i2c.setup(id, sda, scl, i2c.SLOW)  
return { setTime=setTime , getTime=getTime }  
end
```

```
M=init  
end  
return M
```

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91МП, 2020

**Додаток Б. Графічний інтерфейс**

Файл graphic.lua

```
local M
```

```
do
```

```
local function drawGraf()
```

```
disp:setColor(0, 200, 0, 0);
```

```
disp:setColor(1, 200, 0, 0);
```

```
disp:setColor(2, 0, 200, 0);
```

```
disp:setColor(3, 0, 200, 0);
```

```
disp:drawGradientBox(7, 102, 308,93 );
```

```
local i
```

```
disp:setColor (50, 50, 50);
```

```
for i=102 ,180 ,15 do
```

```
disp:drawHLine(7,i,306)
```

```
end;
```

```
for i=7 ,315 ,20 do
```

```
disp:drawLine(i,102,i,194)
```

```
end;
```

```
disp:setColor (240, 240, 0);
```

```
disp:drawHLine(7,160,306)
```

```
disp:setColor (240, 0, 0);
```

```
disp:drawHLine(7,118,306)
```

```
end;
```

```
local function printLCD1()
```

```
disp:setColor (100, 200, 255);  
disp:drawRFrame(1, 1, 319,239,8 );  
disp:drawRFrame (3, 3, 315, 235,8);
```

```
disp:drawHLine(3,45,313)  
disp:drawHLine(3,80,313)  
disp:drawLine(160,3,160,45)  
disp:drawLine(106,45,106,80)  
disp:drawLine(212,45,212,80)  
disp:drawHLine(3,200,313)  
disp:setFont(ucg.font_helvB12_hr)  
disp:setPrintPos(10, 35)  
disp:print('t')  
disp:setPrintPos(170, 35)  
if not PANEL or PANEL==0 then  
    disp:print('hum ')  
elseif PANEL==1 then  
    disp:print('CH2O')  
end;  
disp:setPrintPos(10, 75)  
disp:print('1')  
disp:setPrintPos(116, 75)  
disp:print('2.5')  
disp:setPrintPos(222, 75)  
disp:print('10')  
disp:setFont(ucg.font_helvB18_hr);  
disp:setPrintPos(20, 230)  
disp:print('CO2')
```

```
disp:drawCircle (218, 220, 15, ucg.DRAW_ALL);  
disp:drawCircle (252, 220, 15, ucg.DRAW_ALL);  
disp:drawCircle (284, 220, 15, ucg.DRAW_ALL);
```

```
drawGraf()
```

```
end;
```

```
local function zastavka()
```

```
    disp:setFont(ucg.font_helvB18_hr);
```

```
    disp:setPrintPos(120, 140)
```

```
    disp:setColor (255, 255, 255);
```

```
    disp:print('Frehs Air')
```

```
    disp:setPrintPos(100, 170)
```

```
    disp:setColor (255, 155, 255);
```

```
    disp:print('Konstantin B')
```

```
end;
```

```
local function graph(vol)
```

```
if GP.x>310 then
```

```
    drawGraf()
```

```
    GP.x=4
```

```
end;
```

```
local y=218-(vol*12/180)
```

```
disp:setColor(255, 255, 255);
```

```
disp:setClipRange(7, 102, 310, 92)
```

```
disp:drawLine(GP.x,GP.y,GP.x+2,y)
```

```
disp:undoClipRange()
```

```
GP.x=GP.x+2
```

```
GP.y=y
```

```
if vol<901 then
```

```
    if GP.v~=0 then
```

```
        disp:setColor(0, 255, 0);
```

```
        disp:drawDisc(218, 220, 13, ucg.DRAW_ALL)
```

```
        disp:setColor(0, 0, 0);
```

```
        disp:drawDisc(252, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
        disp:drawDisc (284, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
    end;
```

```
    GP.v=0
```

```
elseif vol<1501 then
```

```
    if GP.v~=1 then
```

```
        disp:setColor(255, 255, 0);
```

```
        disp:drawDisc(252, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
        disp:setColor(0, 0, 0);
```

```
        disp:drawDisc (218, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
        disp:drawDisc (284, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
    end;
```

```
    GP.v=1
```

```
else
```

```
    if GP.v~=2 then
```

```
        disp:setColor(255, 0, 0);
```

```
        disp:drawDisc (284, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
```

```
        disp:setColor(0, 0, 0);
```

```
disp:drawDisc (218, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
disp:drawDisc(252, 220, 13, ucg.DRAW_ALL);
end;
GP.v=2
end
end
local function printLCD()

disp:setFont(ucg.font_ncenB24_tr);
disp:setColor(1, 255, 0,0);

disp:setFont(ucg.font_helvB12_hr);
disp:setPrintPos(170, 35)
disp:setColor (100, 200, 255);
disp:print('CH2O')
disp:print('CO')--]]
disp:setFont(ucg.font_ncenB24_tr);

if
OLD_VAL[9]~=string.sub(string.format('%04d',ListTime[9].data),1,1)..!'..'string.
g.sub(string.format('%04d',ListTime[9].data),2) then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(225, 37)
if OLD_VAL[9] then disp:print(OLD_VAL[9]) end
disp:setColor(255, 255, 255);

OLD_VAL[9]=string.sub(string.format('%04d',ListTime[9].data),1,1)..!'..'string.
sub(string.format('%04d',ListTime[9].data),2)
disp:setPrintPos(225, 37)
```

```
disp:print(OLD_VAL[9])
end
if OLD_VAL[10]!=(ListTime[10].data) then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(10, 37)
if OLD_VAL[10] then
    disp:print(OLD_VAL[10]) end --]]
    disp:setColor(255, 255, 255);
    OLD_VAL[10]=(ListTime[10].data)
    disp:setPrintPos(10, 37)
    disp:print(ListTime[10].data)

end

if OLD_VAL[8]!=(ListTime[8].data) then
    disp:setFont(ucg.font_helvB12_hr);
    disp:setColor(0, 0, 0);
    disp:setPrintPos(110, 37)
    if OLD_VAL[8] then
        disp:print(OLD_VAL[8]) end --]]
        disp:setColor(255, 255, 255);
        OLD_VAL[8]=(ListTime[8].data)
        disp:setPrintPos(110, 37)
        disp:print(ListTime[8].data)
        disp:setFont(ucg.font_ncenB24_tr);
    end

if OLD_VAL[6]~=string.format('%3d',ListTime[6].data) then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(145, 77)
```



```
if OLD_VAL[6] then
disp:print(OLD_VAL[6]) end
disp:setColor(255, 255, 255);
OLD_VAL[6]=string.format('%3d',ListTime[6].data)
disp:setPrintPos(145, 77)
disp:print(OLD_VAL[6])
end
```

```
if OLD_VAL[7]~=(ListTime[7].data) then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(250, 77)
if OLD_VAL[7] then
disp:print(OLD_VAL[7]) end
disp:setColor(255, 255, 255);
OLD_VAL[7]=(ListTime[7].data)
disp:setPrintPos(250, 77)
disp:print(OLD_VAL[7])
end
```

```
if OLD_VAL[2]~=string.format('%3d',ListTime[2].data) then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(25, 77)
if OLD_VAL[2] then
disp:print(OLD_VAL[2]) end
disp:setColor(255, 255, 255);
OLD_VAL[2]=string.format('%3d',ListTime[2].data)
disp:setPrintPos(25, 77)
disp:print(OLD_VAL[2])
end
```

```

if OLD_VAL[1]~=ListTime[1].data then
disp:setFont(ucg.font_helvB12_hr);
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(6, 100)
if OLD_VAL[1] then
disp:print(OLD_VAL[1]) end
disp:setColor (100, 200, 255);
OLD_VAL[1]=ListTime[1].data
disp:setPrintPos(6, 100)
disp:print(OLD_VAL[1])
disp:setFont(ucg.font_ncenB24_tr);
end
if OLD_VAL[3]~=ListTime[3].data then
disp:setColor(0, 0, 0);
disp:setPrintPos(100,230)
if OLD_VAL[3] then
disp:print(OLD_VAL[3]) end

disp:setColor(255, 255, 255);
disp:setPrintPos(100, 230)
OLD_VAL[3]=ListTime[3].data
disp:print(OLD_VAL[3])
end
graph(ListTime[3].data)
end;

```

```

M={ drawGraf=drawGraf,
    printLCD1=printLCD1,
    graph=graph,

```

```
printLCD=printLCD,  
zastavka=zastavka  
}
```

```
end
```

```
return M
```

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91МП, 2020

**Додаток В. Точка входу**

```
Файл init.lua
print("START")
gpio.mode(0, gpio.OUTPUT,gpio.PULLUP);
  gpio.write(0, gpio.HIGH);
--gpio.mode(3, gpio.OUTPUT)
--gpio.write(3,gpio.LOW)
--SETUP_PARAM={SDA=4,   SCL=3,   OW_PIN=2,   OW_COUNT=2,
PWR_PIN=6}
print(0)
tmr.alarm(2, 3000, 0, function() dofile("start.lua") end)
```

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91МП, 2020

**ДОДАТОК Г. ПОЧАТКОВІ ПАРАМЕТРИ ТА ЗЧИТУВАННЯ ДАНИХ**

Файл start.lua

```
if START_S then print('START#1') time_loop() return end
```

```
START_S=1
```

```
LOG=nil
```

```
zz=6
```

```
GP={}
```

```
GP.x=4
```

```
GP.y=160
```

```
GP.v=-1
```

```
--uart.setup(0, 9600, 8, 0, 1, 1 )
```

```
--gpio.mode(1,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
--gpio.mode(3, gpio.OUTPUT)
```

```
--node.setcpufreq (node.CPU160MHZ)
```

```
--wifi.setmode(wifi.NULLMODE)
```

```
OLD_VAL={}
```

```
function rec(s,c)
```

```
    LCD_STR.wifi=1
```

```
    snd=dofile("SendUPD.lua")(s,c)
```

```
    snd=nil
```

```
    collectgarbage()
```

```
end
```

```
RZ=0
```

```
CH2O={}
```

```
CO={0,0}
```

```
PYL={}
```

```
PANEL=1
```

```

local su=dofile('set_uart.lua')(0) su=nil;
local initM = dofile('InitModule.lua')() initM = nil
local gr=dofile('graphic.lua')
    gr.zastavka(); gr=nil;
-- gr.printLCD1();

local z=6

function time_loop()
    print('PP',P)
    local tm=tmr.now()
    if P==-1 then P=0 tmr.alarm(2, 1000, 0,function() time_loop()end )
return ; end
    if not P then mu=dofile("get_uart_data.lua")(1);
    elseif P==0 then
        gpio.write(0, gpio.HIGH);
        -- bh=dofile('bredh.lua')(0,30,100) bh.start(65)
        local ppm= dofile('ppmrun.lua')(3,0) ppm=nil
        print('ppm1', ListTime[3].data)
        -- local ds18 = dofile('ds18run.lua')(2,0) ds18=nil
        if CH2O and CH2O[1] and CH2O[2] then
            ListTime[9].data=(((CH2O[1]*256)+CH2O[2])*125)/100;
            print('CH2O', (((CH2O[1]*256)+CH2O[2])*125)/100)
            else print('Error CH2O')
            ListTime[9].data=-1
        end;
        ListTime[5]={time=tmr.time(), data=wifi.getmode()}
        ListTime[4]={time=tmr.time(), data=wifi.sta.status()}

```

```

if wifi.sta.getip() then
    ListTime[4]={time=tmr.time(), data=wifi.sta.getip()}
else ListTime[4]={time=tmr.time(), data='NOT'}
end

```

```
ListTime.time=(tmr.time()/3600)..':'..(tmr.time()/60)..':'..tmr.time()%60;
```

```
if PYL and PYL[1] and PYL[2] and PYL[3] and PYL[4] then
```

```
ListTime[2].data=((PYL[1]*256)+PYL[2]);
```

```
ListTime[6].data=((PYL[3]*256)+PYL[4]);
```

```
ListTime[7].data=((PYL[5]*256)+PYL[6]);
```

```
if z>5 then
```

```
ListTime[1].data=(string.format('0.3<%s 0.5<%s 1<%s 2.5<%s
5<%s 10<%s',(PYL[13]*256)+PYL[14]
```

```
,(PYL[15]*256)+PYL[16]
```

```
,(PYL[17]*256)+PYL[18]
```

```
,(PYL[19]*256)+PYL[20]
```

```
,(PYL[21]*256)+PYL[22]
```

```
,(PYL[23]*256)+PYL[24]
```

```
))
```

```
z=0;
```

```
end;
```

```
z=z+1;
```

```
end
```

```
local ds=dofile('ds3231.lua')(12,6)
```

```

--ds.setTime(0, 23, 22, 7, 27, 11, 16)
second, minute, hour, day, date, month, year = ds.getTime();
ds=nil;

print(string.format("Time    &    Date:    %02d:%02d:%02d
%02d:%02d.%04d", hour, minute, second, date, month, year+2000))
ListTime[10].data=string.format("%02d:%02d", hour, minute)
ListTime[8].data=string.format("%02d.%02d", date, month)

mu=dofile("get_uart_data.lua")(0);
--local su=dofile('set_uart.lua')(0) su=nil;

print('ppm2', ListTime[3].data)

if not STG then local gr=dofile('graphic.lua')
                gr.printLCD1(); gr=nil end

STG=1
local gr=dofile('graphic.lua')
gr.printLCD()
gr=nil;

ListTime.time=(tmr.time()/3600)..':'..(tmr.time()/60)..':'..tmr.time()%60;
local filedata = dofile('filedata.lua')() filedata = nil
print('DSP')
--gpio.write(0, gpio.HIGH);
local mu=dofile("get_uart_data.lua")(1); mu=nil;
elseif P==2 then
    local mu=dofile("get_uart_data.lua")(2); mu=nil;
elseif P==3 then

```



```

if hour and hour<22 and hour>8 then
  if ListTime[3].data>=1500 then
    MUS=4
    if MUSL~=4 then
      local mu=dofile("get_uart_data.lua")(3); mu=nil;
    else P=0 end
    MUSL=4
  elseif ListTime[3].data>=900 then
    MUS=5
    if MUSL~=5 then
      local mu=dofile("get_uart_data.lua")(3); mu=nil;
    else P=0 end
    MUSL=5
  else
    MUSL=0
    P=0
  end
else
  MUSL=0
  P=0
end
MUS=0

elseif P==-1 then
  P=0
  print('P=0')
end;

if Fs then tmr.alarm(2, 2000, 0,function() time_loop()end )
else

```

```
tmr.alarm(2, 500, 0,function() time_loop()end )
Fs=1
end

end

zz=10
print(1)
MUS=6
local mu=dofile("get_uart_data.lua")(3); mu=nil;
MUS=0

print(2)
local ppm= dofile('ppmrun.lua')(3,0) ppm=nil
wifi.setmode(wifi.NULLMODE)
bh=dofile('bredh.lua')(0,30,100)
bh.start(65)

print(3)
time_loop()

local dn=0
```

ІВАНОВ Д.Ю РІ-91 МП, 2020

### Додаток Д. Файл отримання і обробки даних від давачів

Файл get\_uart\_data.lua

```
local M
```

```
do
```

```
D='!'
```

```
local get_data
```

```
local function exit()
```

```
    uart.on("data")
```

```
    tmr.stop(1)
```

```
    uart.setup(0, 115200, 8, uart.PARITY_NONE, uart.STOPBITS_1, 1)
```

```
    uart.alt(0)
```

```
    if P>-1 then print('Ok') --
```

```
print(CO[1],CO[2],CH2O[1],CH2O[2],PYL[1],PYL[2],PYL[3],PYL[4])
```

```
    else print('timeout')
```

```
    end
```

```
    -- spi.setup(1, spi.MASTER, spi.CPOL_LOW, spi.CPHA_LOW, 8, 8)
```

```
    -- P=0
```

```
end;
```

```
local function get_volCH2O()
```

```
local i=0
```

```
uart.on("data", 1,
```

```
function(data)
```

```
  if i==0 and string.byte(data)~=0xFF then i=0
    elseif i==1 and string.byte(data)~=0x17 then i=0
    elseif i==2 and string.byte(data)~=0x04 then i=0
  else
    D=D..string.byte(data)
    if not CH2O then CH2O={} end
    if i==4 then CH2O[1]=string.byte(data)
      elseif i==5 then CH2O[2]=string.byte(data)
    end
  end
end
i=i+1
if i>8 then
  tmr.stop(1)
  I=1
  P=2
  exit()
  --dofile("set_uart.lua")(1)
  --get_volPYL()
end
end, 0)
end
```

```
local function get_volPYL()
```

```
  local i=0
```

```
uart.on("data", 1,  
function(data)
```

```
if i==0 and string.byte(data)~=0x42 then i=0  
elseif i==1 and string.byte(data)~=0x4d then i=0  
else
```

```
if not PYL then PYL={ } end
```

```
D=D..string.byte(data)
```

```
if i==4 then PYL[1]=string.byte(data)
```

```
elseif i==5 then PYL[2]=string.byte(data)
```

```
elseif i==6 then PYL[3]=string.byte(data)
```

```
elseif i==7 then PYL[4]=string.byte(data)
```

```
elseif i==8 then PYL[5]=string.byte(data)
```

```
elseif i==9 then PYL[6]=string.byte(data)
```

```
elseif i==10 then PYL[7]=string.byte(data)
```

```
elseif i==11 then PYL[8]=string.byte(data)
```

```
elseif i==12 then PYL[9]=string.byte(data)
```

```
elseif i==13 then PYL[10]=string.byte(data)
```

```
elseif i==14 then PYL[11]=string.byte(data)
```

```
elseif i==15 then PYL[12]=string.byte(data)
```

```
elseif i==16 then PYL[13]=string.byte(data)
```

```
elseif i==17 then PYL[14]=string.byte(data)
```

```
elseif i==18 then PYL[15]=string.byte(data)
```

```
elseif i==19 then PYL[16]=string.byte(data)
```

```
elseif i==20 then PYL[17]=string.byte(data)
```

```
elseif i==21 then PYL[18]=string.byte(data)
```

```
elseif i==22 then PYL[19]=string.byte(data)
```

```
elseif i==23 then PYL[20]=string.byte(data)
```

```
elseif i==24 then PYL[21]=string.byte(data)
```

```
elseif i==25 then PYL[22]=string.byte(data)
```

```
elseif i==26 then PYL[23]=string.byte(data)
elseif i==27 then PYL[24]=string.byte(data)
end
end
i=i+1
if i>32 then
  tmr.stop(1)
  P=3
  I=1
  exit()

end

end, 0)
end

local function get_volCO()
local i=0
uart.on("data", 1,
function(data)

if i==0 and string.byte(data)~=0xFF then i=0
elseif i==1 and string.byte(data)~=0x04 then i=0
-- elseif i==1 and string.byte(data)~=0x86 then i=0
--elseif i==1 then CO[6]=string.byte(data)
--elseif i==2 and string.byte(data)~=0x03 then i=0
```

```
else
D=D..string.byte(data)
  if not CO then CO={ } end
  if i==4 then CO[1]=string.byte(data)
  elseif i==5 then CO[2]=string.byte(data)
```

```
    end
  end
  i=i+1
```

```
if i>8 then
  tmr.stop(1)
  I=1
  P=0
  -- CO[6]=99
  exit()
  --dofile("set_uart.lua")(1)
  --get_volPYL()
end
```

```
end, 0)
```

```
end
```

```
local function mp3()
```

```
  local i=0
```

```
  uart.on("data", 1,
```

```
    function(data)
```

```
if i==0 and string.byte(data)~=0x07 then i=0
elseif i==1 and string.byte(data)~=0xFF then i=0
-- elseif i==1 and string.byte(data)~=0x86 then i=0
--elseif i==1 then CO[6]=string.byte(data)
--elseif i==2 and string.byte(data)~=0x03 then i=0
else
D=D..string.byte(data)
if not MP3 then MP3={} end
if i==2 then MP3[1]=string.byte(data)
elseif i==3 then MP3[2]=string.byte(data)

end
end
i=i+1

if i>19 then
tmr.stop(1)
I=1
P=0
-- CO[6]=99
exit()
--dofile("set_uart.lua")(1)
--get_volPYL()
end

end, 0)
end
```



```
local function checksum(v)
```

```
  local i
```

```
  local res=0
```

```
  for i=2,7 do
```

```
    res=res+v[i];
```

```
  end
```

```
  return -res
```

```
end
```

```
local get_data= function(PN)
```

```
  I=0
```

```
  local su=dofile('set_uart.lua')(0) su=nil;
```

```
  if PN==0 then
```

```
    spi.setup(1, spi.MASTER, spi.CPOL_LOW, spi.CPHA_LOW, 8, 8)
```

```
  elseif PN==1 then
```

```
    gpio.mode(7,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
    gpio.mode(8,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
    dofile("set_uart.lua")(2)
```

```
  P=1
```

```
  uart.alt(1)
```

```
  uart.setup(0, 9600, 8, uart.PARITY_NONE, uart.STOPBITS_1, 0)
```

```
  tmr.alarm(1,1100,0,function() I=3 P=-1 exit() end)
```

```
get_volCH2O()
```

```
elseif PN==2 then
```

```
gpio.mode(7,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
gpio.mode(8,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
dofile("set_uart.lua")(1)
```

```
P=1
```

```
uart.alt(1)
```

```
uart.setup(0, 9600, 8, uart.PARITY_NONE, uart.STOPBITS_1, 0)
```

```
tmr.alarm(1,3000,0,function() I=3 P=-1 exit() end)
```

```
get_volPYL()
```

```
elseif PN==3 then
```

```
gpio.mode(7,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
gpio.mode(8,gpio.INT,gpio.PULLUP)
```

```
dofile("set_uart.lua")(3)
```

```
P=1
```

```
uart.alt(1)
```

```
uart.setup(0, 9600, 8, uart.PARITY_NONE, uart.STOPBITS_1, 0)
```

```
tmr.alarm(1,2000,0,function() I=3 P=-1 exit() end)
```

```
if MUS==1 then
```

```
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x01, 0xFE, 0xF7, 0xEF)
```

```
elseif MUS==2 then
```

```
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x02, 0xFE, 0xF6, 0xEF)
```

```
elseif MUS==3 then
```

```
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFE, 0xF5, 0xEF)
elseif MUS==4 then
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x04, 0xFE, 0xF4, 0xEF)
elseif MUS==5 then
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x05, 0xFE, 0xF3, 0xEF)
elseif MUS==6 then
uart.write(0, 0x7E, 0xFF, 0x06, 0x03, 0x00, 0x00, 0x06, 0xFE, 0xF2, 0xEF)
else
    tmr.stop(1)
    I=1
    P=0

    exit()
end;

mp3()
end

end

M=get_data
end
return M
```

### Додаток Е. Розрахунок концентрації пилю

Файл ppmrun.lua

```
local M
```

```
do
```

```
local pinL
```

```
local corL
```

```
local ppm=0
```

```
local h = 0
```

```
local l=0
```

```
local tl=0
```

```
local th = 0
```

```
local c = 0
```

```
local function pin1cb(level)
```

```
    local tt = tmr.now()/1000;
```

```
    if level == 1 then
```

```
        h = tt;
```

```
        tl = h - l;
```

```
    else
```

```
        l = tt;
```

```
        th = l - h;
```

```
        ppm = 5000 * (th - 2) / (th + tl - 4)
```

```
    end
```

```
    if c>2 then gpio.mode(pinL,gpio.INPUT)
```

```
        if not opm then opm=ppm end;
```

```
        if (ppm-opm< 500) and (ppm>350) then
```

```
            ListTime[3]={time=tmr.time(), data=ppm}
```

```
            print('ppm '..pinL,ppm+corL)
```

```
end;

    opm=ppm;
    return ppm
end
c=c+1
if level == 1 then gpio.trig(pinL, "down") else gpio.trig(pinL, "up") end

end

local function getco2(pin,cor)
    pinL=pin
    corL=cor
    gpio.mode(pinL,gpio.INT)
    gpio.trig(pinL, "up",pin1cb)
return ppm
end
M=getco2
End
return M
```