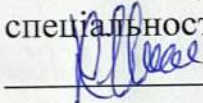


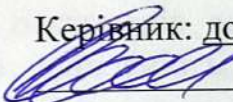
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

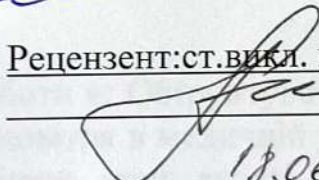
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

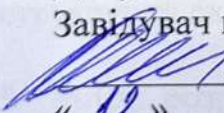
ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У ЛІКУВАЛЬНИХ УСТАНОВАХ

Виконав: студент 4 курсу, групи БМІ-206
спеціальності 163 – біомедична інженерія
 Івашенко Ю.Ю.

Керівник: доц. каф. БМІОЕС, к.т.н.
 Коваль Л. Г.

Рецензент: ст. викл. каф. ІРТС
 Пастушенко О.Л.

18.06.2024

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМІОЕС
 к.т.н. доц. Коваль Л.Г.
« 12 » 06 2024 р.

Вінниця - 2024

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 163 – біомедична інженерія

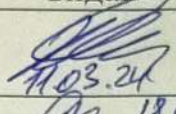
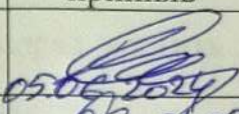
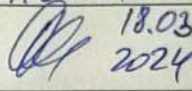
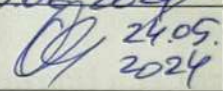
ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМІОЕС
 Коваль Л.Г.
“ 11 ” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іващенко Юрію Юрійович

1. Тема роботи «Пристрій контролю якості повітря у лікувальних установах», керівник роботи Коваль Леонід Григорович, к.т.н., доцент каф. БМІОЕС, затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” березня 2024 року № 80.
2. Строк подання студентом роботи 05.06.2023.
3. Вхідні дані до роботи 1) перелік параметрів якості повітря, які необхідно досліджувати – температура, вологість, запиленість, тиск; 2) санітарно-гігієнічні норми повітря для медичних закладів.
4. Завдання бакалаврської дипломної роботи є: Обґрунтувати перелік параметрів, які є важливими для оцінювання стану повітря в медичній установі. 2. Розробити технічні вимоги до системи, яка оцінює стан якості повітря як складової мікроклімату приміщення. 3. Розрахувати точність роботи системи. 4. Розробити структурну схему системи та виконати підбір елементної бази для її реалізації.
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: експлуатаційні особливості системи вимірювання параметрів мікроклімату в медичному закладі; розроблення технічних вимог до системи вимірювання параметрів мікроклімату; розрахунки параметрів рівня працездатності системи; аналіз елементної бази та побудова принципової схеми системи вимірювання показників мікроклімату; охорона праці.

6. Консультанти розділів роботи

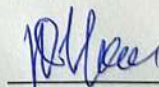
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Коваль Л. Г. доцент кафедри БМІОЕС	 11.03.24	 05.05.2024
Охорона праці	Дембіцька С.В., д.п.н., професор кафедри БЖ та ПБ	 18.03.2024	 24.05.2024

7. Дата видачі завдання: 11 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

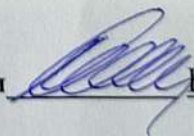
№ з/п	Назва етапів БДР	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	до 10.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	до 05.04.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	до 10.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	до 26.05.2024	
5	Попередній захист БДР	05.06.2024	
6	Нормоконтроль БДР	12.06.2024	
7	Рецензування БДР	18.06.2024	
8	Захист БДР	19.06.2024	

Студент



Іващенко Ю. Ю.

Керівник роботи



Коваль Л. Г.

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 69 сторінок формату А4, на яких є 21 рисунок, 8 таблиць, список використаних джерел містить 26 найменувань.

Мета роботи полягає в розробленні принципів вимірювання якості повітря в медичній установі на основі параметрів мікроклімату та відповідної апаратно-програмної системи. Для вирішення оставленої мети було обґрунтовано перелік параметрів, які є важливими для оцінювання стану повітря в медичній установі; розроблено технічні вимоги до системи, яка оцінює стан якості повітря як складової мікроклімату приміщення; здійснено розрахунок похибок роботи системи; розроблено структурну схему системи та виконати підбір елементної бази для її реалізації.

У розділі охорони праці досліджено питання оцінювання та контролю за параметрами мікроклімату в приміщенні, наведено опис шкідливих та небезпечних для здоров'я людини виробничих факторів, також сформульовані рекомендації щодо поліпшення умов праці на виробництві.

Ключові слова: параметри мікроклімату, якість повітря, вимірювання фізичних параметрів, сенсори.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 69 pages of A4 format, on which there are 21 figures, 8 tables, the list of used sources contains 26 names.

The purpose of the work is to develop the principles of air quality measurement in a medical institution based on the parameters of the microclimate and the corresponding hardware and software system. To solve the abandoned goal, a list of parameters that are important for assessing the state of the air in a medical facility was substantiated; developed technical requirements for a system that assesses the state of air quality as a component of the microclimate of the premises; calculation of system operation errors was carried out; the structural diagram of the system was developed and the selection of the element base for its implementation was carried out.

In the occupational health and safety section, the question of assessment and control of the parameters of the microclimate in the premises is investigated, a description of the production factors that are harmful and dangerous to human health is given, and recommendations for improving working conditions at the factory are also formulated.

Keywords: microclimate parameters, air quality, measurement of physical parameters, sensors.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	6
1 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В МЕДИЧНОМУ ЗАКЛАДІ.....	8
1.1 Загальні основи проєктування системи вимірювання параметрів мікроклімату	8
1.2 Класифікація технологій для вимірювання параметрів мікроклімату	9
1.3 Підбір характеристик системи, що розробляється	10
1.4 Санітарно-технічні вимоги роботи системи.....	12
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ	14
2.1 Вимоги до безпеки та дослідження критеріїв роботи системи	15
2.2 Розроблення загального алгоритму роботи.....	17
2.3 Опис принципу дії системи вимірювання параметрів мікроклімату	19
3 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ	22
3.1 Розроблення структурної схеми	22
3.2 Розрахунки вимірювальних каналів.....	24
3.3 Рівняння перетворення напруг вимірювання.....	27
3.4 Розрахунок мультиплікативної похибки вимірювання.....	28
3.5 Розрахунок адитивної складової похибки вимірювання	31
3.6 Формулювання вимог до вимірювальних блоків	32
3.7 Аналіз похибок роботи сенсорів	36
3.8 Сценарії опитування сенсорів при роботі системи	38
4 АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТРОЇ БАЗИ ТА ПОБУДОВА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МІКРОКЛІМАТУ	43
4.1 Технічні параметри узагальнюючого елементу.....	43

4.2 Технічні параметри аналого-цифрового перетворювача	44
4.3 Технічні параметри мікроконтролера	45
4.4 Розроблення схеми електричної принципової	6
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи	54
5.1.1 Обладнання робочого місця	54
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	57
5.2.1 Мікроклімат	57
5.2.2 Склад повітря робочої зони	58
5.2.3 Виробниче освітлення	59
5.2.4 Виробничий шум	60
5.2.5 Виробничі випромінювання	61
5.3 Пожежна безпека	62
5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі	62
5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту	64
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СВПМ – Система вимірювання параметрів мікроклімату

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ВСТУП

Запит на медичні послуги збільшується. Клієнти все більше прагнуть до висококваліфікованого лікування та надання високоякісних медичних послуг. Навіщо необхідно розробити нову систему визначення параметрів мікроклімату? У зв'язку з тенденцією активних трансформацій у сфері охорони здоров'я, які є значущими і будуть лише посилюватися. Тому дуже важливо раціонально розподілити всі доступні ресурси. Ключовим аспектом даного процесу є виявлення рішень для медичних закладів (зокрема, госпіталів), що сприятимуть підвищенню їхньої ефективності та спрощенню процесу відновлення пацієнтів. Медичні установи значно впливають на самопочуття людей та їхню поведінку під час перебування в них. Мікроклімат у медичних установах, зокрема в госпіталях, відіграє головну роль у гарантуванні безпеки пацієнтів та їх комфорту, а також у забезпеченні ефективності роботи медичних працівників. Температура, якість повітря, ступінь запиленості, вологість та інші аспекти мікроклімату можуть чинити вплив на загальне здоров'я людей, зокрема на такі вразливі групи, як особи з ослабленим імунітетом та хворі [1] .

Для створення оптимальних умов мікроклімату у медичних установах застосовують систему моніторингу параметрів мікроклімату. В загальному, дана система складається із різних вимірювальних пристроїв, мікроконтролерів, сенсорів та програмного забезпечення, які разом функціонують для збирання, вимірювання, моніторингу та аналізу отриманих даних про мікроклімат.

Основною метою системи вимірювання параметрів мікроклімату (СВПМ) – забезпечення ідеальних умов для пацієнтів та медичного персоналу, збереження медичних препаратів та обладнання відповідно до вимог, дотримання норм та встановлених стандартів відповідно до вимог, рекомендацій та настанов Всесвітньої організації здоров'я. Дана практика сприяє запобіганню розповсюдження алергенів, інфекцій та різних шкідливих чинників у приміщенні, гарантує комфортний мікроклімат для одужання хворих та продуктивної роботи медичного персоналу.

У даній роботі досліджено ключові складові системи вимірювання параметрів мікроклімату, зокрема сенсори вологості, температури, запиленості та тиску, а також аналогово-цифрові конвертери, мікроконтролери та калібрувальні пристрої, що застосовуються для збирання, вимірювання та аналізу даних. Також подано опис їхніх принципів роботи, характеристик і перелік вимог до використання в медичних установах [2].

Згідно з результатами досліджень, проведеними Інститутом раку Розуелл Парк у Баффало, штат Нью-Йорк, піддослідні миші проявляють значну відмінність у зростанні пухлин при перебуванні у різних мікрокліматичних умовах [1]. Лікувальні заклади все більше відзначають важливість впливу умов середовища перебування хворого та перебіг його одужання. Деякі лікарні починають розробляти методики, що дозволяють корегувати рівень стресу пацієнта з умовами середовища. Дана практика відкриває можливість виокремити значну кількість пацієнтів протягом багатьох років, застосовуючи подібні технології з'явиться можливість отримати більш точні результати дослідження. Лікарня — це не просто місце для розміщення пацієнтів, але й середовище, яке може активно сприяти основній меті — поліпшенню стану здоров'я пацієнтів [1].

Мета роботи полягає в розробленні принципів вимірювання якості повітря в медичній установі на основі параметрів мікроклімату та відповідної апаратно-програмної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **завдання**:

1. Обґрунтувати перелік параметрів, які є важливими для оцінювання стану повітря в медичній установі.
2. Розробити технічні вимоги до системи, яка оцінює стан якості повітря як складової мікроклімату приміщення.
3. Розрахувати точність роботи системи.
4. Розробити структурну схему системи та виконати підбір елементної бази для її реалізації.

1 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В МЕДИЧНОМУ ЗАКЛАДІ

1.1 Загальні основи проєктування системи вимірювання параметрів мікроклімату

Сучасна система вимірювання параметрів мікроклімату об'єднує різноманітні пристрої та сенсори, що вимірюють, моніторять та регулюють такі параметри: температуру, вологість, атмосферний тиск та рівень запиленості в приміщенні. Головною метою такої системи є створення оптимальних та комфортних умов для пацієнтів та медичного персоналу. Перед хворими, що перебувають у медичному закладі, часто виникають труднощі у зв'язку з дискомфортом через мікроклімат у приміщенні, що негативно впливає на процес одужання. Навіть незначні відхилення у рівнях температури, тиску чи вологості можуть впливати на швидкість одужання пацієнтів. Контролювання мікроклімату допомагає запобігти поширенню інфекційних захворювань. Також, окремі пацієнти можуть бути особливо чутливими до алергенів або деяких речовин у повітрі, пилу. Система моніторить ступінь забруднення повітря і вчасно виявляти та усувати проблеми. У медичному закладі, такому як госпіталь, існують різні палати та відділення, кожне з яких має свої унікальні вимоги до мікроклімату. Система дозволяє вимірювати та індивідуально налаштовувати мікроклімат для кожного приміщення, відповідно до потреб пацієнтів. Тому підтримка належного мікроклімату є ключовим фактором і основною вимогою для ефективного лікування та надання необхідної допомоги, спрямованої на покращення стану пацієнтів. Система вимірювання параметрів мікроклімату чинить значний вплив на вплив на здоров'я та самопочуття пацієнтів, а також на роботу персоналу в медичному закладі [1].

Сьогодні на ринку представлено велике різноманіття систем вимірювання мікроклімату, кожна з яких відрізняється дизайном, конструкцією, типами сенсорів та специфікаціями щодо їх розміщення.

Властивості, що характерні для систем:

1. Стандарти безпеки та охорони здоров'я.

У медичних установах (таких як госпіталі) особливу увагу приділяють контролю за мікрокліматом і запобіганню поширенню інфекцій та пилу в приміщеннях.

2. Санітарні норми і стандарти. Дані установи зобов'язані суворо дотримуватися вимог та санітарних норм, встановлених відповідними організаціями.

3. Розділення приміщень. У госпіталі існують різні типи приміщень, призначені для специфічних потреб та завдань, таких як операційні зали, лабораторії та інші. Тому критично важливо, аби система могла створювати специфічний мікроклімат для кожної окремої зони.

4. Інтеграція з іншими пристроями. Дуже важливо, щоб система могла інтегруватися та взаємодіяти з іншими системами вимірювання, щоб задовольнити різноманітні вимоги та потреби закладу.

Система вимірювання параметрів елементів мікроклімату в медичній установі складається з наступних компонент: аналого-цифровий перетворювач; блок живлення; мікроконтролер; система сповіщення; блок автоматичного регулювання; сенсори; блок виводу параметрів; регулюючий пристрій.

1.2 Класифікація технологій для вимірювання параметрів мікроклімату

Системи вимірювання параметрів мікроклімату систематизують за різними критеріями і типами [3]. Основні типи систем включають:

1. Основні системи вимірювання. Дані системи складаються із сенсорів вологості та температури, що роблять заміри даних параметрів у різних приміщеннях медичної установи. Вони під'єднані до центральної системи контролю, котра аналізує та записує дані.

2. Системи кондиціонування повітря та контролю вентиляції. Даний тип систем мають додаткові функції: кондиціонування повітря відповідно до вимог

і параметрів мікроклімату та автоматичне керування режимами вентиляції. Вони оснащені програмованими налаштуваннями для створення ідеальних умов у приміщеннях різного функціонального призначення чи зонування, як-от операційні зали, палати, лабораторії та інші.

3. Системи контролю якості повітря. Ці системи роблять заміри не лише вологості та температури, а й додаткові параметри: концентрацію аерозолів, шкідливих речовин, рівень CO₂ тощо. Ці системи забезпечують глибший аналіз якості повітря, допомагаючи виявляти потенційні проблеми та ризики, пов'язані з вентиляцією та забрудненням.

4. Інтегровані системи управління будівлями (Building Management Systems, BMS). Це комплексні системи вимірювання, котрі інтегрують не лише функції вимірювання параметрів мікроклімату, а й управління іншими системами будівлі, включаючи енергозбереження, освітлення, безпеку та інше. Ці системи дозволяють централізовано керувати усіма параметрами мікроклімату та іншими аспектами інфраструктури госпіталю.

5. Система моніторингу та контролю за інфекціями. Системи вимірювання параметрів мікроклімату також можуть використовуватися для моніторингу та контролю інфекційних агентів. Дані системи вимірюють наявність та концентрацію вірусів, бактерій та інших мікробних забруднювачів і видають сповіщення у випадку виявлення підвищених рівнів цих агентів.

1.3 Підбір характеристик системи, що розробляється

Оцінка характеристик систем вимірювання параметрів мікроклімату проводиться на основі кількох ключових критеріїв. Декілька важливих характеристик, котрі варто врахувати під час порівняння [4]:

Роздільна здатність – мінімально можливе значення, яке може розбивати вимірювальний діапазон. При вищій роздільній здатності забезпечується більш детальне вимірювання.

Кожна вимірювальна система має забезпечувати належну точність, щоб відповідати встановленим вимогам. Точність може бути вказана залежно від специфіки параметра: у міліамперах, мілівольтах, відсотках або інших одиницях вимірювання.

Швидкість вимірювання – час, який потрібен для проведення одного вимірювання. Коли необхідно отримувати дані в режимі реального часу або коли параметри потребують вимірювань з високою частотою, тоді швидкість вимірювання стає критично важливою.

Діапазон вимірювання – мінімальні та максимальні значення, котрі система визначає при вимірюванні для конкретного параметра. Дуже важливо, щоб цей діапазон був достатньо широким і охоплював значення, що відображають реальні умови.

Зв'язок та інтерфейси. Варто врахувати наявність інтерфейсів для зберігання та передачі даних через бездротові з'єднання або RS485, USB, Ethernet. Важливо також розглянути можливості системи щодо взаємодії з іншими пристроями чи системами, наприклад, інтеграцію з базами даних або системами моніторингу.

Ключовим фактором при виборі системи вимірювання параметрів мікроклімату є вартість системи. Необхідно знайти баланс між характеристиками системи та її ціною, для забезпечення найоптимальнішого співвідношення ціни та якості.

Стабільність – здатність системи підтримувати сталість результатів вимірювань на тривалий час. Важливо, аби система була надійною і не піддавалася дрейфу параметрів або змінам у вимірюваннях з часом.

Довговічність і надійність. Важливо звертати увагу на надійність і якість елементів з яких складена система. Довговічність системи також критично важлива, адже вона гарантує довгий термін експлуатації та допомагає знизити витрати на обслуговування та потребу в заміні компонентів.

1.4 Санітарно-технічні вимоги роботи системи

Санітарно-технічні вимоги передбачають дотримання наступних базових засад [5].

Відповідність системи санітарним стандартам і нормам регулюється відповідними органами регулювання. Вимоги можуть стосуватися допустимих значень вологості, температури, рівня запиленості, тиску та інших параметрів.

Система має гарантувати оптимальні гігієнічні умови у приміщеннях медичної установи, підтримуючи необхідний рівень вологості для уникнення появи та розвитку грибків та інших патогенних організмів, що допомагає уникнути забруднення повітря.

Таблиця 1.1 – Гранично допустимі показники температури повітря в медичних закладах [7]

Найменування приміщень	Нормативне значення, °С, не більше
Реєстратура, довідкова кімната, вестибюль, гардеробна закладу охорони здоров'я	+18
Процедурний/оглядовий кабінет/кабінет щеплень	+22
Палати для дорослих хворих	+20
Операційні, післяопераційні палати, реанімаційні зали, палати інтенсивної терапії, пологові	+22
Післяпологові палати, палати для дітей	+22
Палати для новонароджених, недоношених, травмованих дітей	+25
Допологові, фільтри, приймально-оглядові бокси, оглядові, перев'язувальні, маніпуляційні	+22
Кабінети лікарів, кімнати персоналу, кімнати відпочинку для хворих тощо	+20
Процедурні кабінети	+20

Система має бути забезпечена функціоналом для калібрування і перевірки точності усіх компонентів системи, в тому числі сенсорів, що забезпечує її надійність та точність вимірювань.

Елементи системи повинні бути виготовлені з матеріалів, що легко чистяться і дезінфікуються, що дозволяє підтримувати рівень гігієни на високому рівні та гарантувати безпеку як для пацієнтів, так і для медичного персоналу.

Якщо у системі передбачено використання електричних компонентів або мережеве живлення, то дана система має відповідати правилам електробезпеки і стандартам у лікувальних установах.

Нормальні показники (табл. 1.1 та 1.2) температурно-вологісних значень параметрів мікроклімату для організації та підтримки оптимальних, здорових та безпечних умов визначаються Державними будівельними нормами та санітарними нормами та правилами [7].

Таблиця 1.2 – Гранично допустимі показники відносної вологості повітря приміщень в медичних закладах [7]

Найменування приміщень	Нормативне значення ф, %, не більше
Процедурний/оглядовий кабінет/кабінет щеплень	55-60
Палати для дорослих хворих	
Операційні, післяопераційні палати, реанімаційні зали, палати інтенсивної терапії, пологові	
Післяпологові палати, палати для дітей	
Палати для новонароджених, недоношених, травмованих дітей	
Допологові, фільтри, приймально-оглядові бокси, оглядові, перев'язувальні, маніпуляційні	
Кабінети лікарів, кімнати персоналу, кімнати відпочинку для хворих тощо	
Процедурні кабінети	
Реєстратура, довідкова кімната, вестибюль, гардеробна закладу охорони здоров'я	

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

Технічні вимоги технології визначення параметрів мікроклімату середовища, що включають вимірювання атмосферного тиску, температури, запиленості повітря і вологості охоплюють такі аспекти:

- Точність вимірювання: система має забезпечувати високу точність замірів параметрів мікроклімату. Дана точність регулюється відповідно до стандартів і рекомендацій, встановленим відповідними органами.

- Діапазон вимірювання: технологія має забезпечити широкий діапазон замірів для кожного елементу мікроклімату. Цей діапазон має включати потенційні коливання даних параметрів у медичній установі, щоб адекватно відповідати на зміни умов.

- Швидкість і частота замірів: методика повинна мати оптимальну швидкість і частоту вимірювань для кожного окремого показника мікроклімату. Дана технологія забезпечить у режимі реального часу отримання актуальних даних показників мікроклімату і в разі чого своєчасно відреагувати на відхилення

- Зв'язок та інтеграція: технологія має бути спроможною інтегруватися з іншими технічними системами, що функціонують у госпіталі, такими системами є системи оповіщення про пожежу, вентиляції чи мережа загального управління будівлею. Таке поєднання систем забезпечує взаємодію і координацію між різними технологіями задля більш ефективного контролю за мікрокліматом.

- Налаштування та калібрування: сенсори, що застосовуються для обчислення параметрів мікроклімату, мають регулярно калібруватися та зберігати високий рівень точності на тривалий час. У системі повинні бути передбачені механізми для калібрування сенсорів та діагностики можливих відхилень.

- Безпека та надійність: технологія повинна бути стабільною у своїй роботі та гарантувати безпеку. Система має бути захищена від підвищеної вологості, перепаду електричних перенапруг, містити технології відстеження та автоматичного знаходження несправностей і помилок, а також мати наявність резервного живлення.

- Запис і аналітика даних: система повинна ефективно збирати, реєструвати та аналізувати дані щодо параметрів мікроклімату. Це надасть можливість медичному персоналу моніторити умови та використовувати аналіз для прийняття обґрунтованих рішень.

- Зручність та легкість використання. технологія має бути простою і зручною у налаштуванні та експлуатації. Інтерфейс користувача має бути інтуїтивно зрозумілим та легким для використання, забезпечуючи операторам можливість ефективно керувати системою, переглядати дані та ухвалювати необхідні рішення.

Завдяки таким технічним рішенням можна створити точну та надійну систему вимірювання показників мікроклімату в медичній установі. Виконання цих вимог забезпечить комфорт пацієнтів та дотримання відповідних стандартів безпеки і кращих умов перебування в приміщенні.

2.1 Вимоги до безпеки та дослідження критеріїв роботи системи

Аналіз та безпека є ключовими елементами для забезпечення захисту пацієнтів, персоналу та створення оптимальних умов у приміщенні.

Безпека охоплює фізичну безпеку, електричну безпеку та захист від пожежі.

Система має відповідати стандартам електричної безпеки, зокрема забезпечувати захист від перенапруги, короткого замикання та інших електричних ризиків. Усі елементи системи, включно із обладнанням та сенсорами, мають відповідати встановленим стандартам і бути електрично безпечними.

У разі виникнення перегріву системи чи поломки обладнання система повинна мати захисний механізм від пожеж. Фіксування технологією підвищення температури, наявність іскор чи диму повинно активувати аварійне вимкнення системи та запуск системи пожежної безпеки.

Фізична безпека має забезпечувати захист компонентів системи, зокрема сенсорів, для запобігання їх пошкодження чи втраті функціональності. Також важливо забезпечити безпеку під час установки і обслуговування системи.

Проведення аналізу критеріїв передбачає: надійність, точність, запис даних та їх аналіз, швидкість відгуку, комунікація та інтеграція з іншими технологіями.

Надійність. Система повинна функціонувати стабільно та без збоїв на тривалий термін. Усі елементи, разом із сенсорами, програмним забезпеченням і мережевим з'єднанням, мають гарантувати безперебійну роботу системи і бути стійкими до перебоїв.

Точність. Технологія має забезпечити високу точність у вимірюванні компонентів мікроклімату, включно з температурою, вологістю, атмосферним тиском і рівнем запиленості повітря. Необхідно регулярно калібрувати сенсори та перевіряти їх точність для забезпечення надійності вимірювань.

Запис даних та їх аналіз. Можливість довготривалого запису даних параметрів мікроклімату та їх аналізу – один із базових функціоналів системи. Ця можливість дозволяє медичному персоналу застосовувати ці дані для постійного моніторингу, аналізу змін та виявлення можливих проблем.

Швидкість відгуку. Система має виконувати вимірювання та передачу даних з достатньою швидкістю, щоб швидко фіксувати будь-які зміни в мікрокліматі. Висока швидкість відгуку системи критично важлива для своєчасного виявлення та реагування на потенційно небезпечні або шкідливі умови.

Комунікація та інтеграція. Технологія повинна мати можливість інтеграції з іншими системами в госпіталі, такими як система управління будівлею чи система моніторингу безпеки. Також важливою є здатність

системи комунікувати з операторами, забезпечуючи передачу сповіщень про надзвичайні ситуації або зміни у мікрокліматі.

Дані технічні вимоги і аналіз критеріїв сприяють забезпеченню безпеки та надійності системи вимірювання компонентів мікроклімату у медичній установі, такому як госпіталь. Вони гарантують створення оптимальних умов для комфорту та здоров'я пацієнтів та персоналу.

2.2 Розроблення загального алгоритму роботи

На рисунку 2.1 показна блок-схема загального алгоритму роботи СВПМ.

Детальніше розглянемо алгоритм роботи СВПМ, представлений на рисунку 2.1:

1) Завантаження стандартних налаштувань, яке відбувається після самодіагностики мікроконтролера та ініціації процесу зчитування компонентів мікроклімату з пам'яті пристрою, полягає в автоматичному встановленні налаштувань відповідно до зазначених у документації стандартів. Це забезпечує оптимальне функціонування пристрою та зручність використання для користувачів.

2) Завантаження системи.

3) Для аналізу мікроклімату у закладі проводиться зчитування даних з сенсорів, які фіксують параметри такі: вологість повітря та температура, запиленість та атмосферний тиск. Ці параметри критично важливі для забезпечення комфорту пацієнтів у приміщенні.

4) Відображення поточних та заданих критеріїв мікроклімату на БВП (багатофункціональній візуальній панелі) забезпечує доступ до актуальної інформації про мікроклімат у режимі реального часу і дозволяє контролювати його згідно з встановленими налаштуваннями.

5) Якщо мікроконтролер фіксує підвищення температури вище заданого ліміту, він автоматично зменшує потужність нагрівального елемента для

корекції температури до прийнятного рівня. Ця дія сприяє підтриманню комфортних умов у приміщенні та забезпечує ефективне використання енергії.



Рисунок 2.1 – Блок-схема загального алгоритму роботи СВПМ

6) Якщо мікроконтролер визначає, що температура опустилась нижче встановленого рівня, він автоматично підвищує потужність нагрівального елемента, щоб підняти температуру у приміщенні до бажаного рівня.

7) Коли в приміщенні фіксується підвищення вологості, сенсор вологості вимірює поточний її рівень сигналізує про відхилення. Якщо виміряна вологість перевищує задане значення, мікроконтролер приймає рішення про тимчасове вимкнення розпилювача, аби запобігти надлишковому зволоженню повітря. Коли рівень вологості знизиться до бажаного параметра, мікроконтролер знову активує розпилювач для підтримки оптимального рівня вологості.

8) Для регулювання атмосферного тиску необхідно підтримувати оптимальну температуру та вологість у приміщенні, а також забезпечувати адекватний повітрообмін.

9) Якщо рівень запилення досягає граничного показника або перевищує встановлені граничні значення, система вимірювання параметрів мікроклімату активує систему вентиляції. Як тільки рівень запиленості повертається до прийнятних меж, система автоматично вимикає вентиляцію.

10) Якщо параметри мікроклімату, такі як вологість, температура, запиленість повітря або тиск, відхиляються від заданих норм, система автоматично коригує їх і сигналізує про виявлені помилки або збої.

2.3 Опис принципу дії системи вимірювання параметрів мікроклімату

Фундаментом технології вимірювання параметрів мікроклімату є чотири основні сенсори, що визначають вологість, температуру, запиленість повітря та атмосферний тиск.

Система зобов'язана моніторити та підтримувати оптимальні умови мікроклімату в приміщеннях закладу.

Принцип роботи системи базується на безперервному вимірюванні та моніторингу мікроклімату. Сенсори встановлені у різних зонах чи кімнатах

збирають дані про мікрокліматичні параметри та відправляють їх до центральної системи управління. Ця система опрацьовує отримані дані, аналізує їх, порівнюючи з встановленими нормами і допустимими границями. У випадку перевищення будь-яких параметрів за задані межі, система сповіщає про це та вживає заходів для підтримки оптимальних умов мікроклімату.

Основи роботи сенсора температури базується на зміні електричного опору матеріалу у відповідь на коливання температури. Наприклад, у термісторах при підвищенні температури опір знижується, тоді як при зниженні температури він зростає. Розміщується сенсор температури у специфічних точках приміщення чи зоні, де необхідно вимірювати температуру, і підключається до системи моніторингу. Значення опору сенсора калібруються, перетворюючи їх у виміряні температурні дані, які потім передаються до центральної системи керування. Там дані аналізуються і порівнюються з встановленими стандартами. У разі виникнення відхилень система відповідно реагує, видаючи сповіщення та регулюючи умови до заданих норм.

Сенсор вологості функціонує, виходячи зі змін електричних характеристик матеріалів відповідно до рівня вологості у повітрі. Цей сенсор складається з двох електродів, розділених діелектричним матеріалом. Коли вологість повітря змінюється, це впливає на діелектричні властивості матеріалу, що, у свою чергу, веде до змін ємності між електродами. Ці зміни перетворюються на електричний сигнал, що застосовується для вимірювання рівня вологості. Сенсор підключається до системи моніторингу, яка збирає дані про вологість і порівнює їх із заданими стандартами. Якщо виявляються відхилення від норм, система вживає корегуючі заходи.

Сенсор атмосферного тиску функціонує на засадах фізики вимірювання тиску в атмосфері. Цей процес базується на явищі, де зміна тиску спричиняє альтерацію опору у матеріалі, чутливому до таких змін. Сенсор містить тонкий шар спеціального матеріалу, що здатен змінювати свій електричний опір під впливом тиску. Зазвичай, даний матеріал апліковано на гнучку мембрану чи діафрагму, яка деформується відповідно до змін атмосферного тиску.

Деформація мембрани веде до зміни положення чутливого матеріалу та його електричного опору. Зміни в опорі реєструються та перетворюються в електричний сигнал, що інтерпретується як показник атмосферного тиску.

Сенсор з'єднаний із системою вимірювань і передає інформацію про атмосферний тиск до центральної управляючої системи. Ця система аналізує отримані дані, порівнюючи їх із встановленими стандартами. Якщо виявляються будь-які відхилення від норм, система вживає належних керуючих заходів.

Сенсор запиленості повітря функціонує, вимірюючи концентрацію пилових часток у повітрі. Його робота базується на такому принципі: лазерний промінь спрямований через потік повітря, де він перетинається з частинками пилу. Коли частинки проходять через лазерне світло, вони розсіюють промінь. Це розсіяння променя використовується для вимірювання рівня запиленості.

Сенсор оснащений фотодетектором, який фіксує розсіяне світло та вимірює його інтенсивність. Інтенсивність розсіяного світла пропорційна розмірам частинок та їх кількості у повітрі: більша кількість часток або їхній більший розмір призводять до сильнішого розсіяння світла, що, у свою чергу, збільшує інтенсивність вихідного сигналу з сенсора.

Сенсор запиленості може бути налаштований на вимірювання часток різних розмірів. Зазвичай він налаштовується на конкретний діапазон розмірів, таких як PM2.5, що означає здатність виявляти частки з діаметром менше ніж 2,5 мікрометри.

Отримана інформація що до рівня запиленості подається до системи контролю мікроклімату, там вони аналізуються відповідно до встановлених стандартів.

3 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ

3.1 Розроблення структурної схеми

На основі технічних завдань та аналізу існуючих технічних рішень була вибрана структурна схема для системи вимірювання елементів мікроклімату, що представлена на рисунку 3.1.

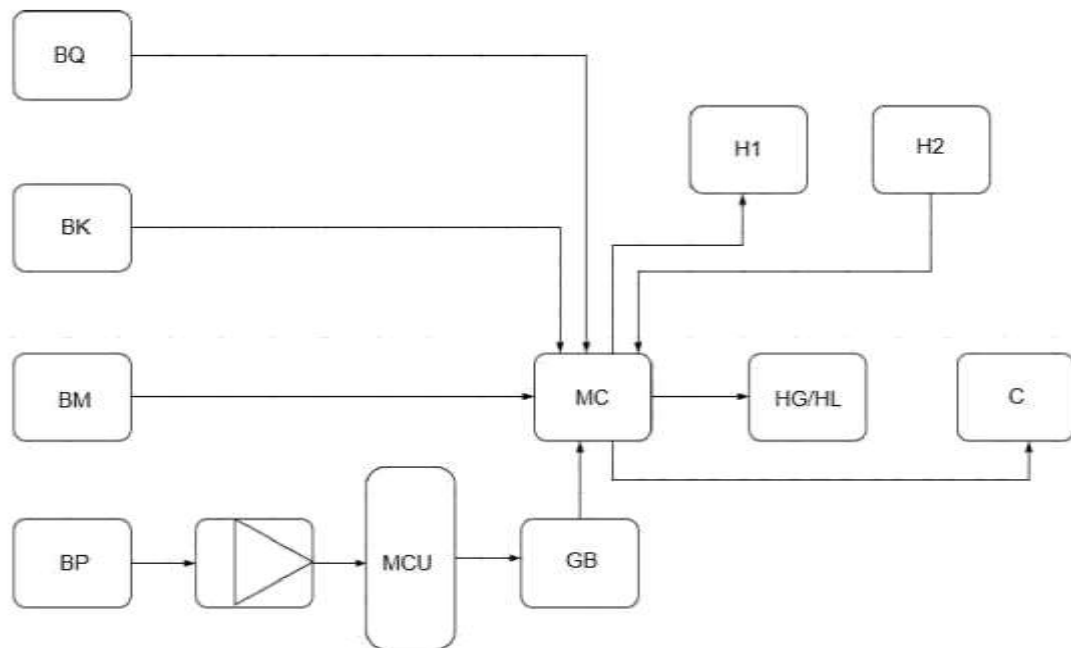


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення функціональної структури СВПМ (H1 - блок виведення даних, H2 - блок керування, MC – мікроконтролер, C - підсистема автоматичного регулювання, MCU – АЦП, BK - сенсор вимірювання температури повітря, BQ - сенсор вимірювання ступеня запиленості повітря, BM - сенсор вимірювання рівня вологості повітря, BP – сенсор вимірювання атмосферного тиску, GB - блок живлення, HG/HL - сигналізація.

Сенсори температури, вологості, атмосферного тиску і запиленості повітря варто встановлювати так, аби вони гарантували найточніше вимірювання критеріїв мікроклімату. Рекомендується розміщувати їх на висоті від підлоги не менше 1-1,5 метра і на мінімальній відстані 0,3-0,5 метра від стін.

Для отримання найточніших результатів вимірювання, сенсори мають бути встановлені так, щоб вони не піддавалися впливу зовнішніх джерел тепла або холоду.

Сенсори атмосферного тиску визначають тиск повітря і конвертують ці дані в електричний сигнал. Сенсори вологості, які виконані на електронній основі, функціонують через зміни електричного опору матеріалу, що чутливий до вологості в повітрі. Інформація з вимірювань виводиться на дисплеї кожного сенсора і передається до системи управління мікрокліматом для аналізу та регулювання.

У даній технології сигнали від сенсорів спочатку проходять через регулюючі пристрої, які адаптують їх до відповідних рівнів напруги. Після цього, сигнали передаються до багатоканального аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Систематично обробляє ці сигнали саме АЦП, визначаючи їх за пріоритетністю, і перетворює їх на кодовані цифрові значення для подальшого аналізу та використання.

Базове призначення мікроконтролера – управління системою. Головні функції:

- Опрацювання даних: мікроконтролер аналізує дані, отримані від сенсорів та виконує відповідні розрахунки.
- Управління виведенням даних: мікроконтролер відповідає за передачу інформації на дисплей (багатофункціональний візуальний панель).
- Керування входами: мікроконтролер управляє сигналами, що надходять від сенсорів.
- Передача інформації до нормуючого пристрою: мікроконтролер відправляє дані на нормуючий пристрій для подальшої обробки.
- Керування іншими системами: мікроконтролер забезпечує управління взаємодією з іншими системами.

Мікроконтролер взаємодіє з контрольною панеллю, яка дозволяє налаштовувати задані параметри, такі як температура, вологість, рівень запиленості повітря та атмосферний тиск у медичній установі.

Мікроконтролер передає сигнал до системи автоматичного регулювання (САР), коли температура виходить за задані межі. В медичному закладі нормативні межі температури встановлені від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$ з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$.

Мікроконтролер відправляє сигнал до системи автоматичного регулювання (САР), коли атмосферний тиск перевищує встановлені границі. У медичному закладі ці межі для тиску встановлено від 700 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст. з точністю до 1 мм рт. ст.

Мікроконтролер посиляє імпульс до системи автоматичного регулювання (САР), коли рівень запиленості повітря перевищує задані межі. Для прикладу, для часток PM2.5 (діаметром менше 2,5 мікрметрів), межа норми в медичних закладах зазвичай не повинна перевищувати 25 мікрограм на м^3 .

Мікроконтролер передає сигнал до системи автоматичного регулювання (САР), коли рівень відносної вологості повітря перевищує визначені межі. Нормативний діапазон вологості повітря встановлено від 10% до 90% з допустимою точністю до 5%.

Система автоматичного регулювання відповідає за підтримку, регулювання і контроль заданих параметрів таких механічних елементів, як вологість, тиск, запиленість повітря та температура.

Коли значення температури, вологості, запиленості повітря або тиску виходять за встановлені межі, сенсори передають сигнал до мікроконтролера. Це активує систему сповіщень, що попереджає про потенційну небезпеку чи збій у системі.

3.2 Розрахунки вимірювальних каналів

Здійснимо обрахунок каналів для вимірювання вологості, температури, запиленості повітря, і атмосферного тиску в системі СВІМ, як показано на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Схематичне представлення каналу заміру температури повітря.

Рівняння обрахунку каналів для вимірювання температури:

$$N_{x1} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДТП}} \times K_{\text{НП}} \times K_{\text{АЦП}},$$

де $U_{\text{вх}}$ – напруга входу, $K_{\text{ДТП}}$ – коефіцієнт перетворення температурного сенсора, $K_{\text{АЦП}}$ – коефіцієнт перетворення АЦП, $K_{\text{НП}}$ – коефіцієнт перетворення узагальнюючого пристрою.

Обрахунок каналу для вимірювання вологості повітря представлено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Схематичне зображення потоку вимірювання вологості повітря.

Рівняння обрахунку вологості відповідно до блоків:

$$N_{x2} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДВП}} \times K_{\text{НП}} \times K_{\text{АЦП}},$$

де $U_{\text{вх}}$ – напруга входу, $K_{\text{ДВП}}$ – це коефіцієнт перетворення сенсора вологості, $K_{\text{НП}}$ – коефіцієнт перетворення узагальнюючого пристрою, $K_{\text{АЦП}}$ – коефіцієнт перетворення АЦП.

Обрахунок каналу для вимірювання атмосферного тиску представлено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Схематичне зображення потоку вимірювання атмосферного тиску.

Рівняння для виміру тиску, розроблене з урахуванням блоків системи:

$$N_{x3} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДАТ}} \times K_{\text{НП}} \times K_{\text{АЦП}},$$

де $U_{\text{вх}}$ – напруга входу, $K_{\text{ДАТ}}$ – коефіцієнт перетворення сенсора атмосферного тиску, $K_{\text{НП}}$ – коефіцієнт перетворення узагальнюючого пристрою, $K_{\text{АЦП}}$ – коефіцієнт перетворення АЦП

Обрахунок каналу для вимірювання запиленості повітря представлено на рисунку 3.5.

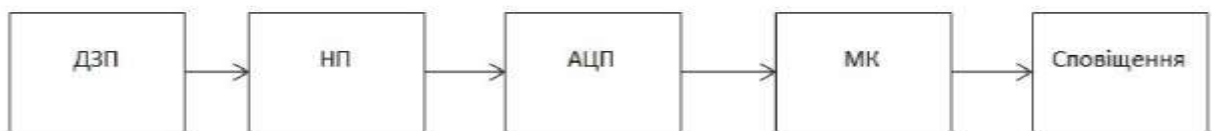


Рисунок 3.5 – Схематичне зображення потоку вимірювання рівня запилення повітря

$$N_{x4} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДЗП}} \times K_{\text{НП}} \times K_{\text{АЦП}},$$

де $U_{\text{вх}}$ – напруга входу, $K_{\text{ДЗП}}$ – коефіцієнт перетворення сенсора запиленості повітря, $K_{\text{НП}}$ – коефіцієнт перетворення узагальнюючого нормуючого пристрою, $K_{\text{АЦП}}$ – коефіцієнт перетворення АЦП.

3.3 Рівняння перетворення напруг вимірювання

Значення величини значення напруга на вході АЦП:

$$U_{АЦП} = U_{вх} \times K_{д} \times K_{НП} \times K_{АЦП},$$

де $K_{д}$ – коефіцієнт перетворення для сенсорів атмосферного тиску, рівня кисню, вологості та швидкості повітря.

Набір цифрових сигналів – код, що отримується на АЦП, має пряму залежність від параметрів вхідного електричного аналогового сигналу.

$$N = E \times \left| \frac{A_{АЦП}}{q_x} + 0.5 \text{sign}x \right|,$$

де q_x – значення ступені квантування АЦП.

Рівняння лінеаризації сигналу приймає вигляд:

$$N_{x2} = U_{АЦП} \times K_{АЦП} \times \Delta_{KB}.$$

Тоді, рівняння сигналу на виході АЦП приймає значення:

$$N_{x2,1} = U_{вх} \times K_{ДТП} \times K_{НП} \times K_{АЦП};$$

$$N_{x2,2} = U_{вх} \times K_{ДВП} \times K_{НП} \times K_{АЦП};$$

$$N_{x2,3} = U_{вх} \times K_{ДАТ} \times K_{НП} \times K_{АЦП};$$

$$N_{x2,4} = U_{вх} \times K_{ДЗП} \times K_{НП} \times K_{АЦП}.$$

3.4 Розрахунок мультиплікативної похибки вимірювання

Рівняння вимірювальних каналів системи, що складаються з сенсорів, в яких є аналоговий вихідний сигнал, із врахуванням величини мультиплікативних похибок складає:

$$N_{x3} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДТП}} (1 + \delta_{\text{ДТП}}) \times K_{\text{НП}} (1 + \delta_{\text{НП}}) \times K_{\text{АЦП}} (1 + \delta_{\text{АЦП}}) \times (1 + \delta_{\text{МК}})$$

де $K_{\text{ДТП}}$, $K_{\text{НП}}$, $K_{\text{АЦП}}$ – коефіцієнти перетворення для сенсора температури повітря, узагальнюючого пристрою, АЦП відповідно; $\delta_{\text{ДТП}}$, $\delta_{\text{НП}}$, $\delta_{\text{АЦП}}$, $\delta_{\text{МК}}$ – мультиплікативні похибка для сенсора, узагальнюючого пристрою, АЦП, МК відповідно.

$$N_{x3,1} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДВП}} (1 + \delta_{\text{ДВП}}) \times K_{\text{НП}} (1 + \delta_{\text{НП}}) \times K_{\text{АЦП}} (1 + \delta_{\text{АЦП}}) \times (1 + \delta_{\text{МК}})$$

де $K_{\text{ДВП}}$, $\delta_{\text{ДВП}}$ – коефіцієнт перетворення та мультиплікативна похибка для сенсора вологості відповідно;

$$N_{x3,2} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДАТ}} (1 + \delta_{\text{ДАТ}}) \times K_{\text{НП}} (1 + \delta_{\text{НП}}) \times K_{\text{АЦП}} (1 + \delta_{\text{АЦП}}) \times (1 + \delta_{\text{МК}})$$

де $K_{\text{ДАТ}}$ і $\delta_{\text{ДАТ}}$ – коефіцієнт перетворення та його мультиплікативна похибка для сенсора атмосферного тиску;

$$N_{x3,3} = U_{\text{вх}} \times K_{\text{ДЗП}} (1 + \delta_{\text{ДЗП}}) \times K_{\text{НП}} (1 + \delta_{\text{НП}}) \times K_{\text{АЦП}} (1 + \delta_{\text{АЦП}}) \times (1 + \delta_{\text{МК}})$$

де $K_{\text{ДЗП}}$ і $\delta_{\text{ДЗП}}$ – коефіцієнт перетворення і мультиплікативна похибка для сенсора рівня запиленості повітря;

Отже, рівняння для вимірювання каналів сенсорів з вихідним цифровим сигналом, де враховано мультиплікативну похибку, буде мати такий вигляд:

$$N_{x4} = U_{ex} \times K_{ДТП} (1 + \delta_{ДТП}) \times (1 + \delta_{МК});$$

$$N_{x4,1} = U_{ex} \times K_{ДВП} (1 + \delta_{ДВП}) \times (1 + \delta_{МК});$$

$$N_{x4,2} = U_{ex} \times K_{ДАТ} (1 + \delta_{ДАТ}) \times (1 + \delta_{МК});$$

$$N_{x4,3} = U_{ex} \times K_{ДЗП} (1 + \delta_{ДЗП}) \times (1 + \delta_{МК}).$$

Абсолютна мультиплікативна складова похибка визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta_{m1} &= N_{x3,1} - N_{x4,1} = \\ &= U_{ex} \times K_{ДТП} (1 + \delta_{ДТП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - \\ &- U_{ex} \times K_{ДТП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{m2} &= N_{x3,2} - N_{x4,2} = \\ &= U_{ex} \times K_{ДВП} (1 + \delta_{ДВП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - \\ &- U_{ex} \times K_{ДВП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{m3} &= N_{x3,3} - N_{x4,3} = \\ &= U_{ex} \times K_{ДАТ} (1 + \delta_{ДАТ}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - \\ &- U_{ex} \times K_{ДАТ} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{m4} &= N_{x4,3} - N_{x3,4} = \\ &= U_{ex} \times K_{ДЗП} (1 + \delta_{ДЗП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - \\ &- U_{ex} \times K_{ДЗП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \end{aligned}$$

Отже, загальна величина мультиплікативної похибки рівна:

$$\begin{aligned}
\delta_{M1.1} &= \frac{\Delta_m}{N_{x3,1}} = \frac{N_{x4}}{N_{x3,1}} - 1 = \\
&= (1 + \delta_{ДТП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - 1 = \\
&= 1 + \delta_{ДТП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК} + \delta_{ДТП}\delta_{НП} + \delta_{ДТП}\delta_{АЦП} + \\
&+ \delta_{ДТП}\delta_{МК} + \delta_{НП}\delta_{АЦП} + \delta_{НП}\delta_{МК} + \delta_{АЦП}\delta_{МК} - 1 \\
\delta_{M1.2} &= \frac{\Delta_m}{N_{x3,2}} = \frac{N_{x4,1}}{N_{x3,2}} - 1 = \\
&= (1 + \delta_{ДВП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - 1 = \\
&= 1 + \delta_{ДВП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК} + \delta_{ДВП}\delta_{НП} + \delta_{ДВП}\delta_{АЦП} + \\
&+ \delta_{ДВП}\delta_{МК} + \delta_{НП}\delta_{АЦП} + \delta_{НП}\delta_{МК} + \delta_{АЦП}\delta_{МК} - 1 \\
\delta_{M1.3} &= \frac{\Delta_m}{N_{x3,3}} = \frac{N_{x4,2}}{N_{x3,3}} - 1 = \\
&= (1 + \delta_{ДАП}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - 1 = \\
&= 1 + \delta_{ДАП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК} + \delta_{ДАП}\delta_{НП} + \delta_{ДАП}\delta_{АЦП} + \\
&+ \delta_{ДАП}\delta_{МК} + \delta_{НП}\delta_{АЦП} + \delta_{НП}\delta_{МК} + \delta_{АЦП}\delta_{МК} - 1 \\
\delta_{M1.4} &= \frac{\Delta_m}{N_{x3,4}} = \frac{N_{x4,3}}{N_{x3,4}} - 1 = \\
&= (1 + \delta_{ДАТ}) \times K_{НП} (1 + \delta_{НП}) \times K_{АЦП} (1 + \delta_{АЦП}) \times (1 + \delta_{МК}) - 1 = \\
&= 1 + \delta_{ДАТ} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК} + \delta_{ДАТ}\delta_{НП} + \delta_{ДАТ}\delta_{АЦП} + \\
&+ \delta_{ДАТ}\delta_{МК} + \delta_{НП}\delta_{АЦП} + \delta_{НП}\delta_{МК} + \delta_{АЦП}\delta_{МК} - 1
\end{aligned}$$

Враховуючи, що похибка вважається незначною, можна нехтувати нею, тоді рівняння для мультиплікативної складової похибки для сенсора температури повітря буде мати такий вигляд:

$$\delta_{M2} = \delta_{ДТП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК}.$$

Для сенсора вологості повітря:

$$\delta_{M2,1} = \delta_{ДВП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК}.$$

Для сенсора атмосферного тиску:

$$\delta_{M2,2} = \delta_{ДАТ} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК}.$$

Для сенсора запиленості повітря:

$$\delta_{M2,3} = \delta_{ДЗП} + \delta_{НП} + \delta_{АЦП} + \delta_{МК}.$$

Усталений стандарт точності для вимірювань критеріїв мікроклімату в госпіталі зазвичай варіюється від $\pm 1\%$ до $\pm 5\%$ повного діапазону вимірювання. Отже:

$$\delta_M \leq 5\%.$$

При цьому, особливістю мультиплікативної похибки АЦП є її нелінійність, і враховуючи $\delta_{АЦП} = \gamma_{KB}$, то можна записати:

$$|\delta_{АЦП}| \leq 1\%;$$

$$|\delta_{МК}| \leq 1\%.$$

3.5 Розрахунок адитивної складової похибки вимірювання

Адитивна похибка з'являється, коли технологія помилково додає або віднімає певну сталу величину від отриманих значень. Ця помилка може бути викликана різними факторами, такими як некаліброваність сенсорів,

систематичні зміщення у вимірювальних пристроях або помилки при здійсненні вимірювань.

Рівняння обчислення з врахуванням адаптивної похибки має вигляд:

$$N_{x5} = U_{ex} \times K_{ДТП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \times \Delta_a \times K_{ДТП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$N_{x5,1} = U_{ex} \times K_{ДВП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \times \Delta_a \times K_{ДВП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$N_{x5,2} = U_{ex} \times K_{ДАТ} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \times \Delta_a \times K_{ДАТ} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$N_{x5,3} = U_{ex} \times K_{ДЗП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} \times \Delta_a \times K_{ДЗП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB},$$

де Δ_{KB} – загальна похибка квантування.

Абсолютна адитивна похибка обраховується:

$$\Delta_a = \Delta_1 \times K_{ДТП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$\Delta_{a1} = \Delta_2 \times K_{ДВП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$\Delta_{a2} = \Delta_1 \times K_{ДАТ} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB};$$

$$\Delta_{a3} = \Delta_1 \times K_{ДЗП} \times K_{НП} \times K_{АЦП} + \Delta_{KB}.$$

Отже:

$$\Delta_{a2} = \gamma_a U_H = 0.0006 \times 60 мВ = 0,04 мВ,$$

де U_H – номінальна величина значення сигналу, що реєструється.

3.6 Формулювання вимог до вимірювальних блоків

Характеристики та вимоги до окремих компонентів системи вимірювання:

Вимоги до сенсорів температури повітря:

Для вимірювання температури повітря було вибрано температурний сенсор моделі РТ100 (див. рисунок 3.6) [8]. Цей сенсор має номінальний опір 100 Ом при 0°C. Параметри сенсора становлять 4 мм на 30 мм.

Границі температур, які можна вимірювати: від -40 °C до +300 °C з відхиленням до +/- 2.5 °C. Точність вимірювань становить +/- 0.3 – 0.8 °C.



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд температурного сенсора РТ100 [8].

Вимоги до сенсору – в якості сенсору для вимірювання вологості (рис. 3.7) повітря обрано сенсор HDC1000 [9] з наступними параметрами: робочий діапазон вимірювання параметру: від 0% до 100%; точність вимірювання: $\pm 2\%$ RH (в межах від 20% RH до 80% RH); роздільна здатність зміни параметру: 0.01% RH; напруга живлення: 3-5В; наявність цифрового інтерфейсу I2C; наявність можливості програмного керування додатковими функціями через інтерфейс; компактний корпус 2мм x 1.6мм; інтегрований компенсатор вологості.

Вимоги до сенсора атмосферного тиску – вимірювання атмосферного тиску (рис. 3.8) обрано сенсор MPXV7002DP [10] з параметрами: значення максимального робочого тиску: ± 2 кПа; значення максимального допустимого тиску: 8 кПа; точність вимірювання: +1-2% від повного робочого діапазону; роздільна здатність зміни параметру: 0.2-0,25%, напруга живлення постійна: 0.5-4.5В.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд сенсора вологості HDC1000 [9].



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд сенсора атмосферного тиску MPXV7002DP [10].

Вимоги до сенсора запиленості повітря – для вимірювання рівня запиленості (рис 3.9) повітря обрано сенсор SDS011 [11] за параметрами: габаритні розміри: 7.32 x 4.29 x 1.06; принцип дії: лазерне виявлення, стабільне та послідовне; швидкість реакції: час спрацювання не більше 10 секунд; роздільна здатність: виявлення мікрочастинок з мінімально допустимим діаметром 0.3 мкм.

Вимоги до АЦП – в якості АЦП (рис. 3.10) обрано модель мікросхеми ADS1115 [12] за наступними параметрами: інтерфейс цифровий: I2C; напруга живлення: 2-5В; розрядність: 16-ти розрядний; кількість каналів реєстрації: 4;

чутливий діапазон вхідної напруги: від ± 256 мВ до $\pm 6,2$ В; діапазон допустимих робочих температур: $-40 \dots 125^\circ\text{C}$.



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд сенсора запиленості повітря SDS011 [11]

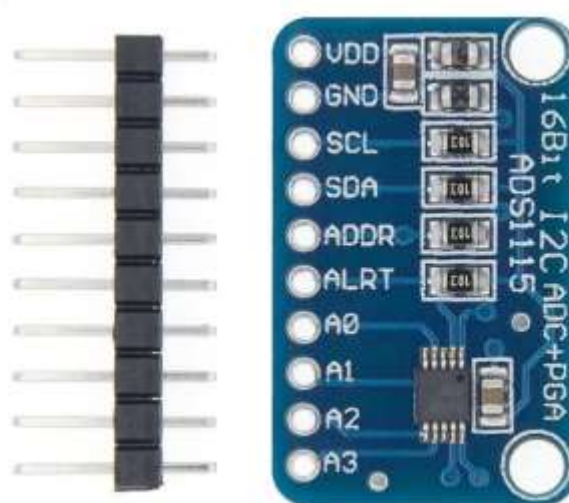


Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд АЦП ADS1115 [12]

Вимоги до мікроконтролера – в якості мікроконтролера обрано модель мікросхеми ESP32-S3R2 [8], з такими параметрами: наявність двухядерного 32-х розрядного мікропроцесора із інтегрованою пам'яттю обсягом 2Мб, з тактовою частотою 240МГц; вбудована 512 КБ SRAM; інтегрована керамічна антена для WI-FI з частотою 2.4 ГГц, швидкість передачі даних по мережі до 150 Мбіт/с.

Вимоги до блоку введення інформації: LCD дисплей з підсвічуванням можливістю побудови графіків, виведенням тексту та візуальних елементів.

3.7 Аналіз похибок роботи сенсорів

Сенсор PT100 [3] для виміру температури PT100 [8].

Нелінійність. Сенсор може виявляти нелінійні властивості, що спричиняє помилки вимірювання, часто при високих температурах.

Вплив дрейфу. Опір сенсора може зазнавати змін з плином часу, що веде до дрейфу показників.

Точність температурного коефіцієнта. Кожен сенсор PT100 має індивідуальний температурний коефіцієнт, що використовується для перетворення змін у опір на показники температури. Варіації у точності цього коефіцієнта можуть вплинути на загальну точність вимірювань.

Похибка нуля. Це ситуація, коли опір сенсора PT100 відхиляється від його теоретичного нульового опору при нульовій температурі. Така похибка може значно вплинути на точність вимірювань, особливо у діапазоні низьких температур.

Температурна похибка. Це вплив змін температури на опір сенсора PT100, який може варіюватися відповідно до температурних змін. Похибка температури визначається як зміна опору, що виникає через коливання температури.

Сенсор вологості HDC1000[9].

Точність вимірювання вологості. HDC1000 включає інтегрований сенсор вологості, та його точність має прямий вплив на загальну точність приладу. Специфікації точності вимірювання вологості зазначені в технічних характеристиках виробника.

Калібрування. Сенсори HDC1000 іноді вимагають калібрування для забезпечення максимальної точності. Калібрування може бути виконане

шляхом порівняння показників сенсора з контрольними значеннями вологості та наступного коригування його налаштувань для точної відповідності.

Шум та джерела перешкод. Електромагнітні поля та інші зовнішні перешкоди можуть негативно впливати на точність вимірювань сенсора. Адекватне розташування сенсора та його захист від впливу зовнішніх факторів можуть значно знизити вплив шуму та підвищити надійність вимірювань.

Компенсація похибок. HDC1000 може бути оснащений функціями компенсації похибок, котрі допомагають коригувати показники з урахуванням зовнішніх впливів, що можуть спотворювати точність вимірювань. Застосування даних функцій може значно покращити точність сенсора.

Датчик MPXV7002DP [10], сенсор атмосферного тиску.

Похибка нуля. Можливе виникнення похибки нуля, що спричиняє зсув у показниках вимірювання тиску.

Температурна похибка, може виникати температурна похибка, що має вплив на точність вимірювань.

Похибка лінійності. Сенсори тиску можуть давати певну похибку лінійності, коли вихідний імпульс не точно відповідає вимірюваному значенню тиску. Цю похибку часто виражають у відсотках від загального діапазону вимірювання.

Шум. На точність замірів може мати вплив електронний шум. Шум може бути викликаний зовнішніми факторами: електромагнітними полями, або внутрішніми: конструктивними особливостями датчика.

Дрейф. Певна група сенсорів можуть мати дрейф, а це може означати, що навіть за постійних умов вихідний сигнал змінюється з часом.

SDS011 [11] сенсор запиленості повітря.

Калібрування. Калібрування сенсора SDS011 допомагає максимізувати точність вимірювань. Воно може містити порівняння замірів із більш точними інструментами вимірювання чи застосування відомих концентрацій частинок для звірки і корегування вимірювань сенсора.

Зовнішні впливи. Точність даних, зібраних сенсором SDS011, може бути нижчою через вплив зовнішніх чинників, включаючи локацію сенсора, впливи від інших джерел забруднення повітря, вітрові умови, рівень вологості та інше. Для забезпечення більшої точності важливо вибрати оптимальне місце для розміщення сенсора та належним чином захистити його від впливу цих зовнішніх факторів.

Похибка калібрування: Під час калібрування сенсора SDS011 необхідно враховувати можливі похибки, що можуть виникнути під час процедури, а також їхній потенційний вплив на точність вимірювань. Важливо детально задокументувати процес калібрування і гарантувати вірність отриманих результатів.

3.8 Сценарії опитування сенсорів при роботі системи

Взаємодія з сенсором PT100[8] у системі контролю мікроклімату в медичному закладі може охоплювати наступні ситуації:

1. Зчитування температурних даних: Проводиться запит до сенсора PT100 для збору актуального показника температури. Реєструються дані від сенсора, що відображають виміряне значення температури.

2. Калібрування сенсора. Здійснюється вимірювання відомих температур за допомогою стандартних температурних джерел та порівняння цих значень із показниками сенсора PT100. За результатами порівняння, якщо це потрібно, проводиться калібрування сенсора для підвищення точності його вимірювань.

3. Періодичні вимірювання. Налаштування системи для автоматичного періодичного звернення до сенсора PT100. Запуск циклу, під час якого технологія систематично відправляє запити до сенсора і збирає оновлені температурні дані. Такий підхід забезпечить постійне отримання актуальної інформації про температурний режим, навіть у режимі реального часу.

4. Запис інформації. Коли система отримує виміряні значення температури від сенсора PT100, вона зберігає ці дані для майбутнього аналізу

чи використання. Кожне вимірне значення температури записується разом із відповідним часовим маркуванням, що дозволяє відслідковувати зміни температури протягом часу.

5. Аналіз даних. Використання отриманих температурних даних для оцінки температурного режиму в медичній установі. Аналіз може включати розрахунок середніх температур, ідентифікацію аномалій, створення графіків часових рядів та інше. Цей аналіз допоможе виявити тенденції та зміни в температурному режимі, що, у свою чергу, сприятиме прийняттю відповідних управлінських рішень.

6. Сповіщення та активація тривожного режиму. Система програмується для відправлення сповіщень або включення тривожного режиму, коли температура досягає певних критичних рівнів. Це забезпечує своєчасне реагування на критичні зміни в температурному режимі, що може мати важливе значення для підтримки оптимального мікроклімату в медичному закладі.

Опитування сенсора HDC1000 [9] передбачає наступні дії:

1. Запит вимірних даних температури та вологості. Ініціюється запит до сенсора HDC1000 для збору актуальних даних про температуру та вологість повітря. Система зчитує відгук сенсора, що включає зареєстровані показники цих параметрів.

2. Налаштування режимів роботи. Сенсор HDC1000 має декілька режимів роботи, таких як звичайний режим вимірювання, режим енергозбереження, режим вимкнення та інші. Важливо налаштувати сенсор на оптимальний режим, що відповідає поточним потребам системи моніторингу мікроклімату.

3. Періодичні заміри. Налаштовування системи для автоматичного звернення до сенсора HDC1000 із заданою частотою. Запуск процесу, у ході якого система систематично звертається до сенсора для отримання актуалізованих даних про температуру та вологість. Це дозволить ефективно збирати інформацію про мікроклімат у онлайн-режимі.

4. Запис даних. Коли система отримує результати вимірювань від сенсора HDC1000, вона зберігає ці дані для наступного аналізу чи застосування. Дані

про температуру та вологість записуються разом із часовими мітками для кожного окремого вимірювання, що дозволяє забезпечити точне і послідовне документування змін у мікрокліматі.

5. Аналіз інформації. Використання зібраних даних для аналізу елементів мікроклімату у медичній установі. Цей аналіз може включати обробку даних для обчислення середніх значень вологості та температури, ідентифікації аномалій, створення графіків часових рядів та інше. Подібний аналіз дозволяє виявити тенденції та зміни у мікрокліматі, сприяючи прийняттю необхідних заходів для покращення умов.

6. Калібрування сенсора. При потребі здійснюється калібрування сенсора HDC1000 для гарантування його вимірювальної точності. Процес може включати зіставлення вимірюваних даних зі стандартними довідковими значеннями, щоб упевнитись у коректності показників сенсора.

7. Обробка помилок. Потрібно створити систему для виявлення та виправлення помилок під час опитування сенсора HDC1000, таких як відсутність відгуку, отримання некоректних даних або збої у функціонуванні сенсора. Необхідно впровадити процедури для повторного запиту даних, виправлення помилок та алертів про несправності для забезпечення надійності системи моніторингу.

Запит MPXV7002DP сенсора атмосферного тиску [10] може включати наступний процес:

1) Активація сенсора. Встановлення з'єднання з сенсором MPXV7002DP. Ініціюється відповідний інтерфейс та здійснюються необхідні конфігурації для ефективного взаємозв'язку з сенсором.

2) Запит вимірюваних даних. Ініціюється процедура опитування для отримання даних від сенсора MPXV7002DP. За допомогою належного інтерфейсу проводиться звернення до сенсора для збору даних, які відображають актуальні параметри атмосферного тиску.

3) Обробка та інтерпретація даних. Після збору даних від сенсора MPXV7002DP, необхідно провести їх аналіз у системі моніторингу

мікроклімату. Цей процес може включати обрахунок середніх показників тиску, визначення тенденції зміни тиску, а також ідентифікацію потенційно помилкових вимірювань.

4 Архівація даних. Для майбутнього аналізу чи використання необхідно зберегти отримані вимірювання. Кожен показник тиску фіксується разом із відповідними часовими мітками.

5 Регулярне опитування сенсора. Конфігурація системи для систематичного звернення до сенсора MPXV7002DP заздалегідь визначеною періодичністю. Такий підхід забезпечить отримання свіжих даних про елементи мікроклімату з регулярним оновленням.

6 Управління помилками. Створення системи для ідентифікації та вирішення потенційних помилок під час збору даних з сенсора MPXV7002DP, таких як неправильні вимірювання, перебої у зв'язку чи інші технічні збої. Розробка процедур для повторних опитувань, коригування помилок або алертів при виникненні несправностей.

Опитування сенсора запиленості повітря SDS011[11] може включати наступні кроки:

1) Активація сенсора. Процес розпочинається з налаштування зв'язку з сенсором SDS011. Конфігуруються необхідні налаштування комунікації, включаючи швидкість передачі даних та вибір комунікаційного протоколу.

2) Активація збору даних. Запустити сенсор SDS011 для початку збору інформації про забруднення повітря. Важливо перевірити, що сенсор правильно налаштований для вимірювання рівнів частинок PM2.5 та PM10.

3) Збір даних. Проводиться опитування сенсора SDS011 для збору даних про концентрації часток. Система використовує встановлений комунікаційний протокол для зчитування значень PM2.5 та PM10 від сенсора.

4) Аналіз даних. Після збору даних вони підлягають обробці, яка включає розрахунок середніх значень концентрації частинок, ідентифікацію пікових показників, а також аналіз тенденцій зміни рівнів забруднення повітря. В процесі обробки також може бути виконана фільтрація для усунення шумів з

вимірюваних даних.

5) Архівація даних. Запис та збереження вимірювань концентрацій частинок PM_{2.5} та PM₁₀ для майбутнього використання або детального аналізу. Кожне вимірювання фіксується разом з відповідними часовими мітками, що дозволяє точно відстежувати зміни забруднення повітря з часом.

6) Регулювання частоти опитування. Конфігурація системи для періодичного звернення до сенсора SDS011 заздалегідь визначеною частотою. Такий підхід забезпечує систематичний збір оновлених даних про концентрацію частинок PM_{2.5} та PM₁₀, що дозволяє зберігати актуальність інформації.

7) Управління помилками. Створення системи для ідентифікації та виправлення помилок під час збору даних з сенсора SDS011, включаючи проблеми з недостовірними даними або перервами в зв'язку. Необхідно розробити процедури для автоматичного повторного опитування та корекції помилок, щоб забезпечити точність та надійність системи моніторингу.

8) Система сповіщень та контролю. Розробка та впровадження системи сповіщень для реагування на випадки перевищення критичних рівнів забруднення повітря, що можуть негативно впливати на мікроклімат у медичному закладі. Система має забезпечувати автоматичне сповіщення при визначенні високих концентрацій частинок PM_{2.5} та PM₁₀, дозволяючи оперативно вживати необхідні заходи.

9) Заключний етап опитування. По завершенню процесу вимірювань або при відключенні системи, необхідно вимкнути сенсор SDS011 та архівувати всю зібрану інформацію. Завершити сеанс опитування, вивільнити використані ресурси, включаючи обладнання та системні ресурси, та забезпечити належне технічне обслуговування устаткування.

4 АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТРОЇ БАЗИ ТА ПОБУДОВА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ МІКРОКЛІМАТУ

4.1 Технічні параметри узагальнюючого елементу

Узагальнюючий елемент (рис. 4.2) у системі визначення параметрів мікроклімату застосовується для дотримання високого рівня точності та х метою калібрування пристроїв, які реєструють температуру, вологість, рівень запиленості та значення величини тиску. Функціональне призначення цього елементу полягає у виконанні налаштування та перевірці точності сенсорів у розробленій системі.

Технічні параметри узагальнюючого логічного приладу [14]:

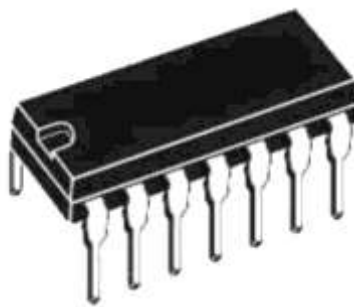


Рисунок 4.2 – Узагальнюючий логічний прилад [14]

- Маркування мікросхеми: K548УН1А [14];
- напруга живлення: $5 \pm 0,5\text{В}$;
- входи: 8 шт. ($A_1, A_2, A_3, A_4, B_1, B_2, B_3, B_4$);
- виходи: 4 шт. (O_1, O_2, O_3, O_4);
- технологія виконання: КМОП;
- тип входів: логічні НІ-І, І-НІ;
- час активації спрацьовування: 60 нс;
- максимально допустиме навантаження на вихід: 10 LS-TTL;
- діапазон робочих температур: $-40^\circ\text{C} \dots +85^\circ\text{C}$;
- пластмасовий корпус.

4.2 Технічні параметри аналого-цифрового перетворювача

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) (рис. 4.3) використовується для трансформації аналогових електричних сигналів від сенсорів у цифровий формат, який в подальшому можна обробляти та зберігати засобами цифрової обчислювальної техніки за допомогою відповідного розробленого програмного забезпечення.

Характеристики 16-бітного аналого-цифрового конвертера:

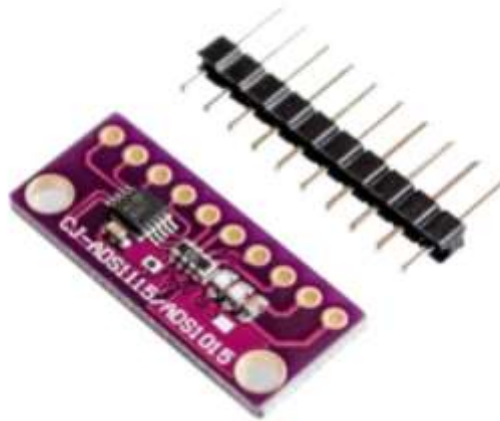


Рисунок 4.3 – Аналого-цифровий перетворювач [12]

- роздільна здатність: 16-бітний АЦП може кодувати аналоговий сигнал у вигляді дискретних рівнів, що позитивно впливає на точність та якість вимірювань.
- динамічний діапазон: 16-бітний АЦП реалізує широкий діапазон робочих частот і здатний реєструвати величини в широкому спектрі амплітуд.
- інтерфейси зв'язку: 16-бітний аналого-цифровий конвертер підтримує широку номенклатуру інтерфейсів для передачі цифрових даних до цифрових оброблюваних пристроїв.
- внутрішня точність: 16-бітний АЦП включає вбудовані функції корекції, які сприяють підвищенню рівня точності та загальної якості вимірювань. Ці функції охоплюють автоматичне калібрування, компенсацію температурних дрейфів, фільтрацію шумів тощо.

4.3 Технічні параметри мікроконтролера

Мікроконтролер (рис. 4.4) відповідає за функціональність та управління всією системою, оскільки саме він містить програмне забезпечення. Основні завдання, які виконує мікроконтролер, включають:

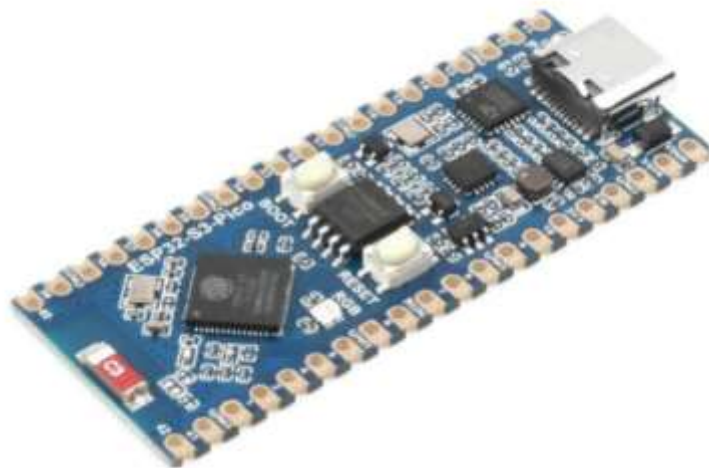


Рисунок 4.4 – Плата розширення мікроконтролера [13]

- зчитування потоку даних з сенсорів;
- оброблення та аналіз отриманих даних згідно програмного алгоритму;
- керування підключеними пристроями;
- підготовка даних до їх візуального відображення в режимі реального часу;
- автоматизація процесів регулювання параметрів , тиску, запиленості та температури в приміщенні;
- вимикання системи у випадку аварії або при виході показників за нормовані межі.

4.4 Розроблення схеми електричної принципової

Під час побудови електричної принципової схеми були застосовані наступні компоненти згідно їх функціонального призначення:

Сенсор рівня вологості та температури повітря обраний HDC1000 [9], принципова схема якого зображена на рисунку 5.1.

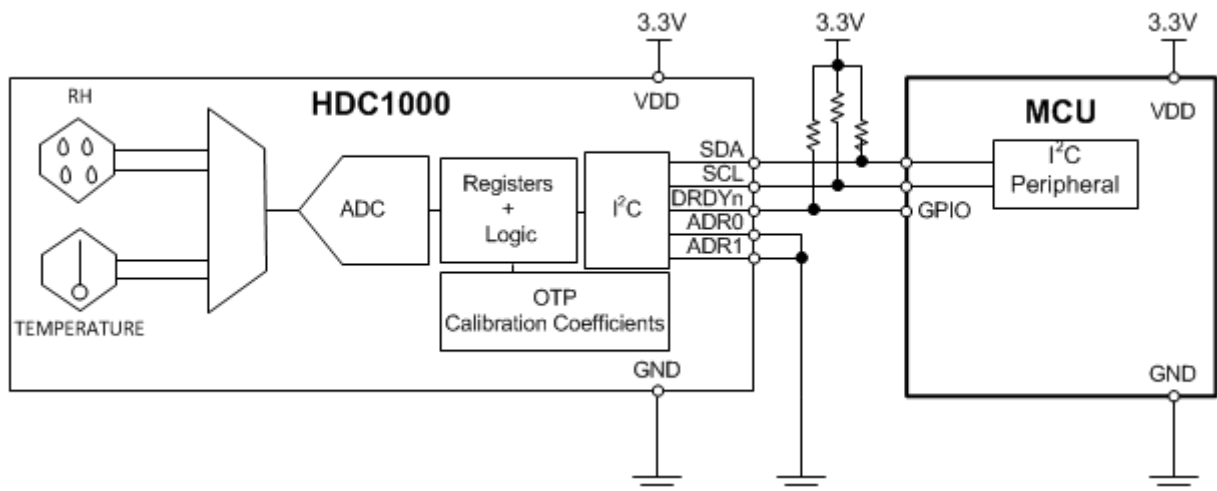


Рисунок 5.1 – Схема структурна сенсора HDC1000[9]

Даний сенсор HDC1000 застосовується для визначення показників температури та вологості повітря, базуючись на принципах капацитивного оцінювання. Він оснащений капацитивними сенсорами, що дозволяють фіксувати зміни показників температури та вологості, так як ці сенсори змінюють свою електричну ємність відповідно до змін цих мікрокліматичних параметрів.

Сенсор HDC1000 інтегрований з АЦП (рис. 5.1), який трансформує колювання капацитивних сигналів в двійковий формат, легко реєструється мікроконтролерами чи іншими цифровими пристроями. Точність вимірювання температури даним сенсором становить $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, а точність вимірювання вологості – $\pm 3\%$.

Після перетворення зареєстрованих даних в цифровий формат, сенсор HDC1000 передає їх через спеціальний інтерфейс до зовнішнього пристрою для їх подальшої обробки.

В якості сенсору атмосферного тиску обраний MPXV7002DP [10], схема якого наведена на рис. 5.2:

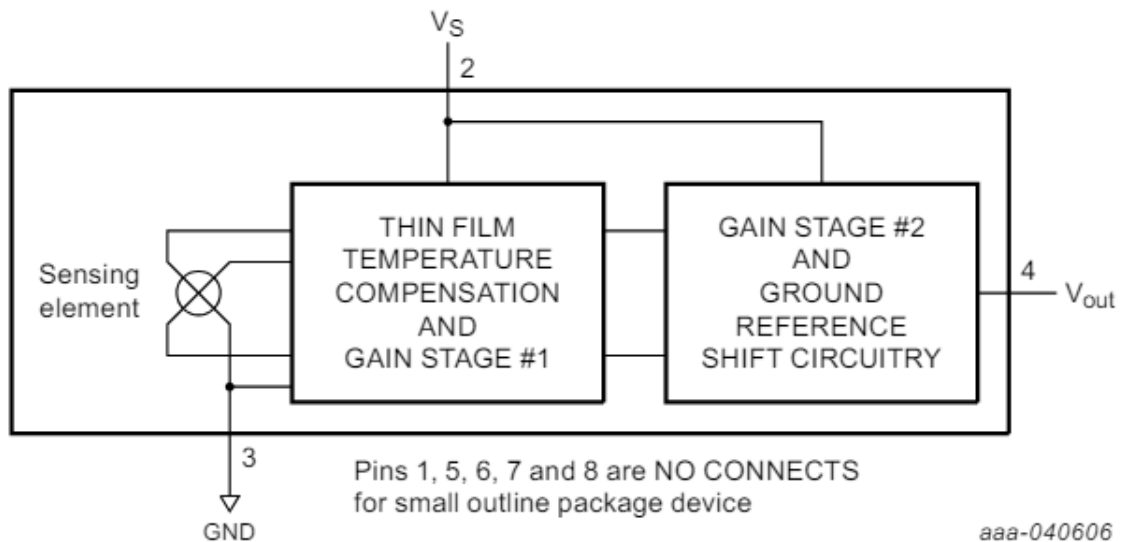


Рисунок 5.2 – Схема структурна сенсора MPXV7002DP [10]

Сенсор MPXV7002DP застосовує технологію п'єзорезистивного ефекту з метою визначення показників атмосферного тиску. Його конструкція базується на використанні п'єзорезистивного елемента, опір якого змінюється під впливом прикладеного до нього тиску.

При прикладанні тиску виникає зміщення діафрагми в середині сенсора, що призводить до механічного напруження в п'єзорезистивному елементі. Ці фізичні процеси змінюють електричний опір елемента, який визначається та конвертується в електричний сигнал.

Отриманий сигнал з сенсора MPXV7002DP може бути прочитаний мікроконтролером або АЦП, який перетворює його в кількісне значення показника атмосферного тиску.

Отже, сенсор MPXV7002DP використовується для точного вимірювання атмосферного тиску в медичних установах і є важливим компонентом системи

моніторингу мікроклімату, в тих випадках, коли важливі точність і надійність контролю цього параметру.

Сенсор запиленості повітря SDS011 [11] і його схема підключення (рис. 5.3):

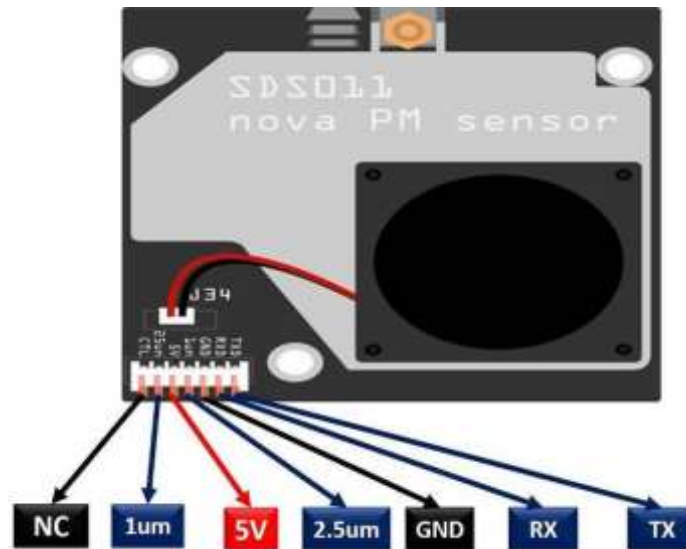


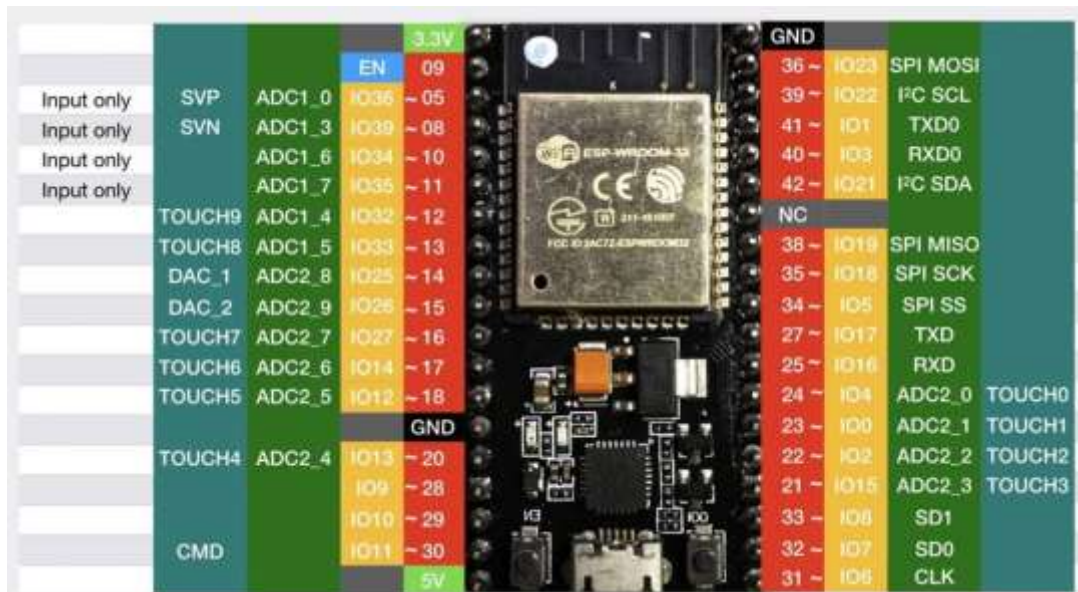
Рисунок 5.3 – Схема підключення сенсора SDS011 [11]

Сенсор SDS011 використовує метод лазерного розсіювання для визначення стану пилового забруднення повітря. Вбудований лазерний діод всередині сенсора генерує лазерний промінь, який взаємодіє з частинками пилу у повітрі, спричиняючи їх розсіювання. Вбудований фотодетектор фіксує розсіяне світло, а, відповідно, інтенсивність зареєстрованого світла слугує показником концентрації пилових частинок в оточуючому середовищі.

Інформація про концентрацію пилу, зібрана сенсором, обробляється за допомогою вбудованої електричної схеми, яка передає зареєстровані дані до зовнішнього приймача або мікроконтролера для наступного аналізу, зберігання та візуалізації.

Отже, сенсор SDS011 забезпечує точне вимірювання рівня запиленості повітря у медичній установі, що є критично важливим для контролю загального стану мікроклімату, що може здійснювати вплив на здоров'я пацієнтів та медичного персоналу.

Схематичне зображення плати розширення мікроконтролера (рис. 5.4) ESP-32 представлено нижче:



Завдяки інтегрований функціональності, ESP32 може використовуватися для створення ефективної розгалуженої системи моніторингу, так як він забезпечує реалізацію компактної та потужної платформи для збору, аналізу, обробки, передачі даних і дистанційного управління системою через широкий спектр різних інтерфейсів та мережових з'єднань.

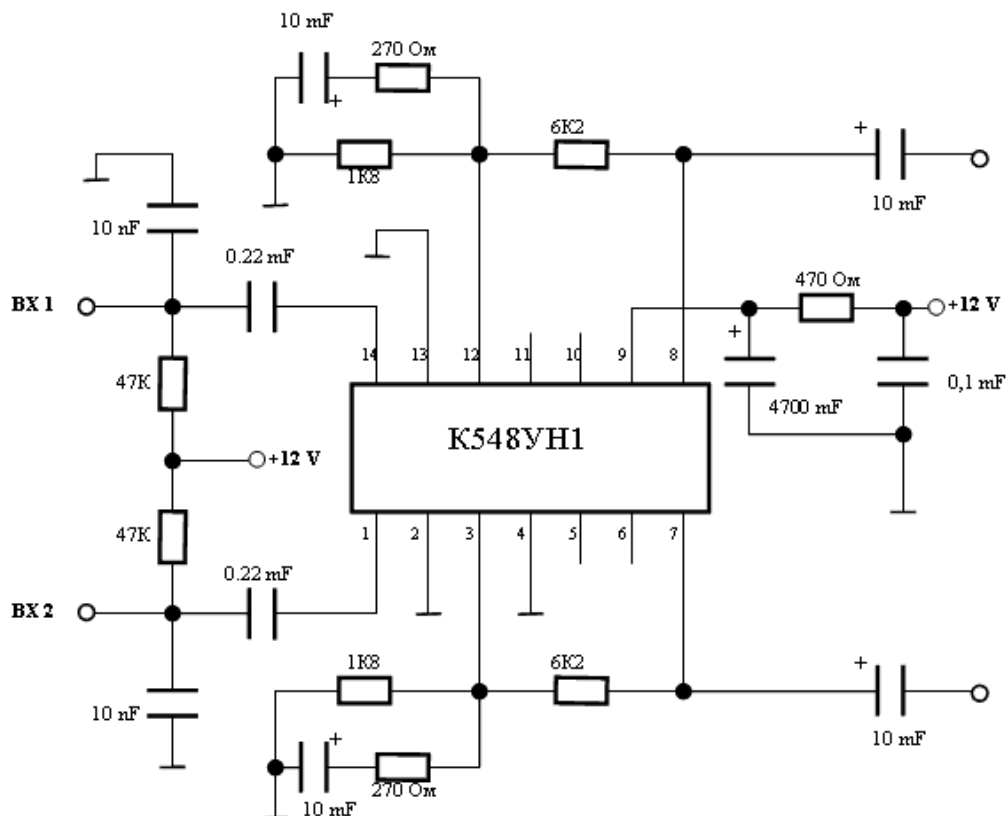


Рисунок 5.5 – Схема узагальнюючого підсилювача K548УН1А

Схема узагальнюючого нормуючого підсилювача на базі мікросхеми K548УН1А показана на рисунку 5.5:

Нормуючий пристрій K548УН1А застосовується для підсилення параметрів вимірювального сигналу. Його дія зосереджена на регулюванні або коригуванні вимірюваного сигналу з метою забезпечення його відповідності заданим нормам (а саме – підсилення сигналу до необхідного для подальшої роботи рівня). Цей пристрій включає в себе як аналогові компоненти, зокрема

операційні підсилювачі з зворотнім зв'язком, резистори, конденсатори та інші елементи.

Схема електрична принципова АЦП на базі мікросхеми ADS1115 представлена рис. 5.6:

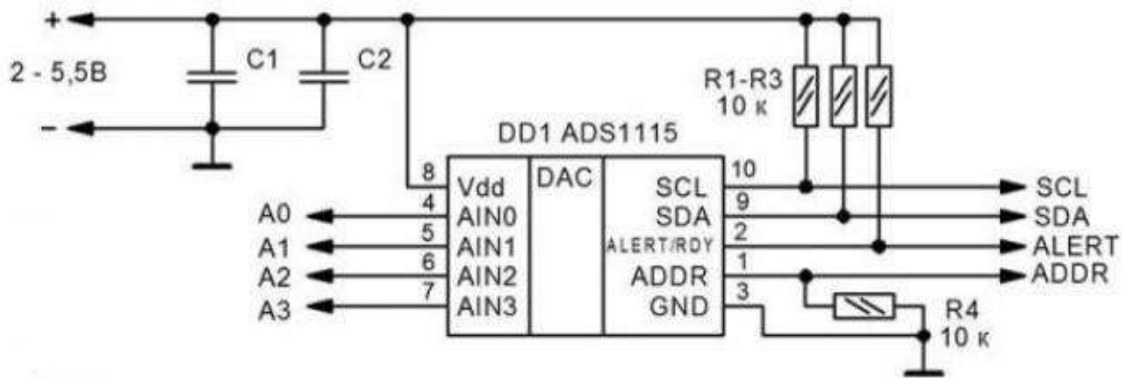


Рисунок 5.6 – Схема підключення АЦП ADS1115

АЦП на основі мікросхеми ADS1115 застосовується у СВІМ у медичному закладі для перетворення вимірюваних аналогових електричних сигналів від сенсора тиску в цифровий формат, який може в подальшому оброблятися мікроконтролером.

Функціонування АЦП ADS1115 засноване на внутрішній архітектурі, яка включає вхідний диференціальний підсилювач, інтегратор сигналу, підсилювач потужності та прецизійне джерело напруги. Процес переформатування включає надходження аналогового сигналу на вхідні контакти перетворювача, його підсилення, інтегрування та порівняння з точною референтною напругою.

ADS1115 відрізняється від аналогів високою роздільною здатністю квантування сигналу та точністю аналого-цифрового перетворення, що дозволяє ефективно трансформувати сигнали з різних сенсорів. Даний пристрій також забезпечує можливості програмного налаштування алгоритму роботи, зміни параметрів вимірювань та швидкості дискретизації, забезпечуючи проведення адаптації під специфічні потреби системи.

Після здійснення перетворення, АЦП ADS1115 в структурі СВПМ передає цифрову інформацію до мікроконтролера для її подальшої обробки, збереження та відображення.

Загальна схема електрична принципова всієї СВПМ представлена на рисунку 5.7.

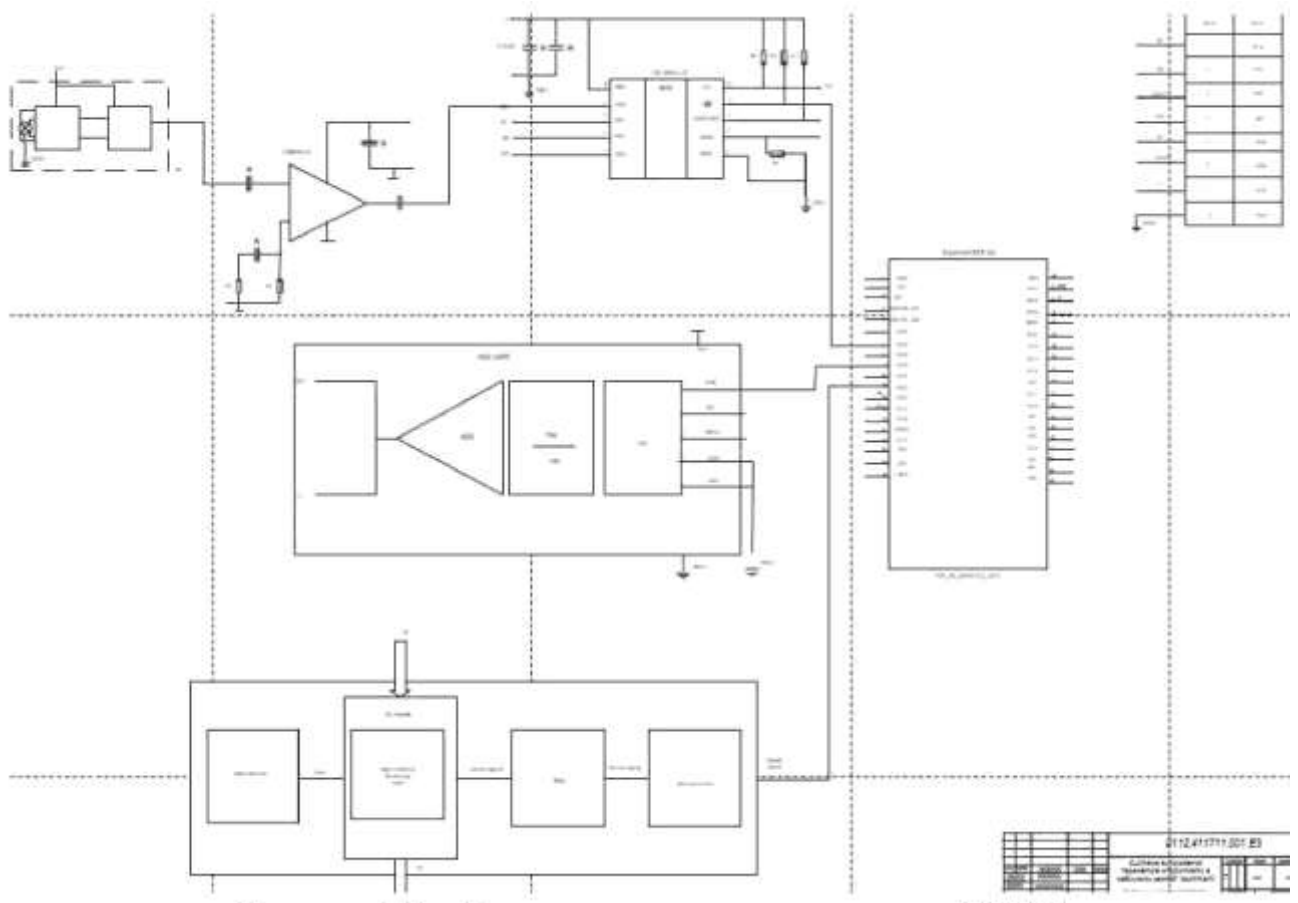


Рисунок 5.7 – Схема електрична принципова СВПМ

Принцип функціонування блоків СВПМ визначається наступним чином:

1. Збір вхідних параметрів:

- сенсор HDC1000 – реєструє рівень вологості та температуру повітря, відправляючи цифровий сигнал на основі отриманих даних до мікроконтролера;
- сенсор MPXV7002DP – вимірює показники атмосферного тиску, генеруючи відповідний аналоговий сигнал;

- сенсор SDS011 – визначає рівень пилового забруднення повітря через детекцію кількості пилових часток і їхніх розмірів, віддає цифровий сигнал.

2. Аналогово-цифрове перетворення (АЦП):

- АЦП ADS1115 приймає аналогові електричні сигнали від сенсора тиску і трансформує їх у цифровий формат. Отримані цифрові дані в подальшому обробляються та враховуються в алгоритмі аналізу, контролю та управління на основі мікроконтролера.

3. Обробка даних на базі мікроконтролера ESP32-S3R2:

- Мікроконтролер ESP32-S3R2 приймає цифрові дані від АЦП та цифрових сенсорів і обробляє їх згідно інструкцій прошитого програмного коду. Він забезпечує фільтрацію, калібрування та обрахунок фінальних значень мікрокліматичних параметрів. Також мікроконтролер може здійснювати керування стороннім обладнанням у системі, наприклад, блоком виведення даних або телекомунікаційними можливостями.

4. Виведення даних:

- Результуючі дані про значення параметрів мікроклімату та їх сумарна інтегральна оцінка відображаються на дисплеї, передача даних здійснюється через телекомунікаційний інтерфейс (UART або Wi-Fi) на персональний комп'ютер чи мобільний пристрій для їх наступного відображення, аналізу та вивчення. Дані також можуть зберігатися в постійній пам'яті для використання при побудові звітів, аналітичних досліджень тощо.

Таким чином, даний механізм описує загальний процес контролю ха показниками мікроклімату у медичному закладі за допомогою розробленої системи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проектування пристрією контролю якості повітря у лікувальних установах відбувалася в приміщені, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [17]:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання робочого місця

Організація робочого місця проектувальника, який користується відеотерміналом та комп'ютером, повинна відповідати ергономічним вимогам, які стосуються усіх його елементів та їхнього розташування. Робота виконується у сидячому положенні. При цьому необхідно враховувати загальні ергономічні стандарти, а також специфічні особливості трудової діяльності [18].

Площа, виділена для одного робочого місця з ПК, повинна становити не менш 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 [19].

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для відеотерміналу повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги - не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-300

мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодатції, стану бінокулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [20].

Неприпустимим є:

- Використання кабелів і проводів з пошкодженою ізоляцією під час експлуатації, яка втратила захисні властивості.
- Залишення кабелів і проводів з неізовльованими провідниками під напругою.
- Використання саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам Правил устрою електроустановок до переносних електропроводів.

- Застосування нестандартного (саморобного) обладнання для опалення приміщень, наприклад, електронагрівального устаткування або ламп накаливання.
- Використання пошкоджених розеток, вимикачів та інших електроприладів, а також ламп зі слідами затемнення або здуття скла.
- Підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, а також експлуатація їх без ковпаків (розсіювачів).
- Використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам або рекомендаціям виробників.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

- холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за $+10^{\circ}\text{C}$;
- теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.

Робота розробника за енерговитратами відноситься до категорії 1а [21]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.5.2.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [22]).

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими

причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

Таблиця 5.2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється розробка, можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.2.

Таблиця 5.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.2.3).

Таблиця 5.2.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

5.2.3. Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча міопія (короткозорість), спазм акомодатії.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частоті переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання роботи зазначені у таблиці 5.2.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [23]):

Таблиця 5.2.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

5.2.4. Виробничий шум

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98 [24], витяг з яких подано в таблиці 5.2.5.

Таблиця 5.2.5 – Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА.
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Оскільки розробка проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибіркового нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 5.2.6.

Таблиця 5.2.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.

5.3. Пожежна безпека

В приміщенні, де здійснювалась розробка використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д».

За вогнестійкістю будинок відноситься до другої категорії [25]. Робоча зона приміщення віднесена до класу вибухонебезпечності В-ІІа та пожежонебезпечності П-ІІа, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

5.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Система запобігання пожежі включає такі основні напрями:

– запобігання утворенню горючого середовища. Досягається: застосуванням герметичного виробничого устаткування; максимально можливою заміною в технологічних процесах горючих речовин та матеріалів негорючими; обмеженням кількості пожежо- та вибухонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, а також правильним їх розміщенням; ізоляцією горючого та вибухонебезпечного середовища; організацією контролю за складом повітря в приміщенні та контролю за станом середовища в апаратах; застосуванням робочої та аварійної вентиляції; відведенням горючого середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця; застосуванням в установках з горючими речовинами пристроїв захисту від пошкоджень та аварій; використанням інгібувальних (хімічно активні компоненти, що сприяють припиненню пожежі) та флегматизаційних (інертні компоненти, що роблять середовище негорючим) добавок та ін.

– запобігання виникненню в горючому середовищі (чи внесенню в нього) джерела запалювання. Досягається: використанням устаткування та пристроїв, при роботі яких не виникає джерел запалювання; використанням електроустаткування, що відповідає за виконанням класу пожежо- та вибухонебезпеки приміщень та зон, груп і категорії вибухонебезпечної суміші; виконанням вимог щодо сумісного зберігання речовин та матеріалів; використанням устаткування, що задовольняє вимоги електростатичної іскробезпеки; улаштуванням блискавкозахисту; організацією автоматичного контролю параметрів, що визначають джерела запалювання; використанням швидкодіючих засобів захисного вимкнення; заземленням устаткування, видовжених металоконструкцій; використанням під час роботи з ЛЗР інструментів, що не допускають іскроутворення; ліквідацією умов для самоспалахування речовин і матеріалів; усуненням контакту з повітрям пірофорних речовин; підтриманням температури нагрівання поверхні устаткування пристроїв, речовин та матеріалів, які можуть контактувати з горючим середовищем нижче гранично допустимої (80 % температури самозаймання).

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні, де проводилося дослідження системи фазового автопідстроювання частоти такі:

- несправна електропроводка (іскріння, перегрів провідників, пересихання електроізоляційних матеріалів);
- залишення без нагляду увімкнутих комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання виникнення пожежі доцільні такі заходи:

- призначення осіб, що відповідальні за пожежну безпеку приміщення;
- систематичне проведення повторних протипожежних інструктажів та занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку;
- утримання в справному стані засобів протипожежного захисту.

5.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Протипожежний захист промислових об'єктів забезпечується:

- правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильним об'ємно-планувальним рішенням будівель і споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки;
- улаштуванням протипожежних перепон у будівлях, системах вентиляції, опалювальних та кабельних комунікаціях;
- спорудженням протидимного захисту;
- забезпеченням евакуації людей;
- використанням засобів пожежної сигналізації, сповіщення та пожежогасіння;
- організацією пожежної охорони об'єкта;
- засобами, що забезпечують успішне розгортання тактичних дій гасіння пожежі.

Досліджуване приміщення має два переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше.

Крім того, треба передбачати по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше:

- на 20 м² площі підлоги в таких приміщеннях: офісні приміщення з ПЕОМ, комори, електрощитові, вентиляційні камери та інші технічні приміщення;

- на 50 м² площі підлоги приміщень архівів, машинних залів, бібліотек, музеїв [26].

ВИСНОВКИ

Система моніторингу мікроклімату в лікарнях є критично важливою для підтримки комфорту, безпеки, та здоров'я пацієнтів і персоналу. Вона ефективно контролює і вимірює ключові параметри мікроклімату, включаючи рівень запиленості, вологість, температуру та атмосферний тиск. Ці параметри мають безпосередній вплив на якість повітря та загальний стан мікроклімату в приміщенні, сприяючи кращому лікувальному середовищу.

Завдяки інтеграції різноманітних сенсорів, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), мікроконтролерів та нормуючих пристроїв, система здатна точно і надійно вимірювати параметри мікроклімату в режимі реального часу. Це забезпечує швидке виявлення будь-яких відхилень у мікрокліматичних умовах і дозволяє своєчасно реагувати на них, забезпечуючи таким чином комфорт і безпеку для пацієнтів та персоналу медичного закладу.

Таким чином розробка та імплементація системи вимірювання параметрів мікроклімату у медичній установі дозволяє гарантувати персоналу та пацієнтам безпеку та комфорт, підвищити якість повітря, а також значно знизити ризики зараження і поширення інфекційних хвороб. Ключовим елементом у формуванні сприятливих умов для одужання та надання високоякісної медичної допомоги є забезпечення відповідності параметрів мікроклімату у медичних закладах відповідно до встановлених вимог

Використання системи вимірювання компонентів мікроклімату в медичних установах відіграє ключову роль у створенні здорового та комфортного середовища для пацієнтів та медичного персоналу. Ця система не тільки підвищує якість медичних послуг, але й сприяє загальному добробуту всіх присутніх у закладі. Її застосування є важливим інструментом для точного моніторингу мікроклімату, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни, запобігаючи проблемам, які можуть негативно вплинути на здоров'я та комфорт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Моніторинг і керування рівнями фізичних факторів виробничого середовища [Текст] : навч.пос./ С.В. Сукач, дис. на здобуття наукового ступеня д-р. техн. наук; НАУ. - Київ, 2017. – 311 с.
2. Система автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення [Текст] : навч.пос./ О.В. Строкань // Системи обробки інформації. - 2014. - Вип. 5. - С. 97-100. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2014_5_25.
3. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini
4. Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://oppb.com.ua/news/zagalni-zahody-ta-zasoby-normalizaciyi-parametriv-mikroklimatu>
5. Структура експертної системи інтелектуального регулювання мікроклімату житлових приміщень [Текст]: навч.пос./ А. І. Купін, І. О. Музика, Д. І. Кузнєцов. – Запоріжжя, 2017. – 177 с.
6. Операційні | Розумні лікарні | Siemens Ukraine. – Режим доступу до сторінки: <https://new.siemens.com/ua/uk/products/avtomatizatsiya-i-bezopasnost-zdaniy/fokusni-rynky/umnyye-bolnitsy/operacionnye.html>
7. Вологість та температурний режим у лікарнях та операційних | Osushiteli.ua – Режим доступу до сторінки: <https://osushiteli.ua/uk/article/vologist-ta-temperaturnyy-rezhym-u-likarnyah-ta-operaciynyh>
8. Терморезистор PT-100 PT 100 PT100 платиновый водонепроницаемый PT100 Platinum Resistor. – Режим доступу до сторінки: <https://arduino.ua/ru/prod1818-termorezistor-pt100-platinovii-vodonepronicaemii>

9. HDC1000 Low Power, High Accuracy Digital Humidity Sensor with Temperature Sensor. – Режим доступу до сторінки: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/hdc1000.pdf?ts=1685947048678>

10. MPXV7002DP. – Режим доступу до сторінки: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=MPXV7002DP>

11. SDS011 Nova PM Sensor Laser PM2.5 Air Quality Detection Sensor Module Dust Sensor Air Conditioning Monitor. – Access to the page: <https://www.amazon.com/SDS011-Quality-Detection-Conditioning-Monitor/dp/B07FSDMRR5>

12. 16-біт 4 канали I2C АЦП на ADS1115. – Режим доступу до сторінки: <https://arduino.ua/ru/prod2118-16-bit-4-kanala-i2c-acp>

13. Плата розробника ESP32-S3R2 Wi-Fi 16МБ 240MHz. – Режим доступу до сторінки: <https://arduino.ua/ua/prod5846-esp32-s3-microcontroller-2-4-ghz-wi-fi-development-board-dual-core-processor-with-frequency-up-to-240-mhz>

14. K548УН1А DIP14 - мікросхема, двоканальний малошумний підсилювач для попереднього посилення сигналів частот (ID#658953331). – Режим доступу до сторінки: <https://prom.ua/p658953331-k548un1a-dip14-mikroshema.html>

15. Климентовський Ю.А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики – К.: Видавництво «КВІЦ» 2017.-238 с.

16. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.

17. ДСТУ ОHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог ОHSAS 18001:2007 (ОHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.

18. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

19. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я

працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praor_0_00-7_15-18_01_ua.php.

20. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154

12. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

24. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praor_0_00-7_15-18_01_ua.php.

25. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7

26. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Пристрій контролю якості повітря у лікувальних установах

Тип роботи: БКР

Підрозділ: кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 99,0 %

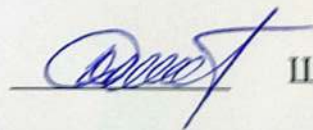
Схожість 1,0 %

☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

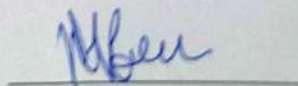
Особа, відповідальна за перевірку



Штофель Д. Х.

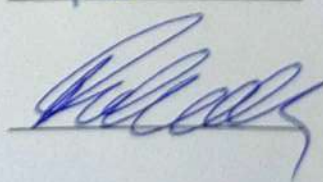
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи



Іващенко Ю. Ю.

Керівник роботи



Коваль Л. Г.