

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

«На правах рукопису»

УДК 53.087.45

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

В.С. Сременко

2019р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
на тему: «Система моніторингу параметрів вентиляції»

Виконав: студент VI курсу, групи ВВ-81мп

Босенко Дмитро Володимирович

Науковий керівник

д.т.н., доцент, Мокійчук В.М.

Консультант з розділу «Розробка стартап-проектів»

д.е.н., доцент Бояринова К.О.

Рецензент

д.т.н., професор, Возюдарський С.Т.

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

Студент

Київ – 2019 року

## Реферат

Система моніторингу параметрів вентиляції є актуальною проблемою в розвитку будь-якого підприємства чи закладу в якому працюють люди, вплив повітря на людину, виробничі метаріали може бути катастрофічним.

Система включає в себе вимірювальні прилади які моніторять стан повітря.

Метою дисертації є розробка системи моніторингу параметрів вентиляції .

Об'єкт дослідження система моніторингу.

Предмет дослідження вимірювання швидкості, температури та відносної вологості повітря.

Практичне значення одержаних результатів- рекомендація впровадження роробленої системи в будь-яку систему вентиляції для економії та моніторингу затрачених ресурсів.

## Abstract

The system of monitoring of ventilation parameters is an acute problem in the development of any enterprise or institution where people work, the impact of air on a person, production materials can be catastrophic.

The system includes gauges that monitor the state of the air.

The purpose of the dissertation is to develop a system for monitoring ventilation parameters.

The object of study is the monitoring system.

The subject of the study is the measurement of velocity, temperature and relative humidity.

The practical significance of the results obtained is the recommendation to implement a built-in system in any ventilation system to save and monitor wasted resources.

## Зміст

### 1 Огляд і аналіз існуючих технічних рішень, вибір базової архітектури

#### 1.1 Вступ

#### 1.2 Призначення та область використання

#### 1.3 Основні технічні характеристики

#### 1.4 Огляд і аналіз існуючих технічних рішень

#### 1.5 Методи вимірювання параметрів вентиляції

### 2 Розробка та аналіз структурної схеми

#### 2.1 Розробка структурної схеми

#### 2.2 Структурний розрахунок

#### 2.3 Дослідження датчика

### 3 Розробка і розрахунок принципової схеми датчиків

#### 3.1 Розробка і розрахунок окремих елементів датчика швидкості повітря

#### 3.2 Розробка і розрахунок окремих елементів датчика вологості та температури

### 4 Розробка програмного компоненту систем

#### 4.1 Програмний компонент модуля вимірювання витрат повітря

#### 4.2 Програмний компонент модуля вимірювання температури та вологості.

### 5 Розробка стартап проекту «Система моніторингу параметрів вентиляції»

## Висновок

## Розділ 1 Огляд і аналіз існуючих технічних рішень, вибір базової архітектури

### 1.1 Вступ

Вентиляцією називається сукупність заходів і пристроїв, спрямованих на організацію такого повітряного середовища в приміщеннях, яка забезпечувала б нормальне перебування в них людей і позитивно впливала на технологічний процес виробництва.

Під кондиціонуванням повітря мається на увазі спосіб створення і автоматичної підтримки в приміщеннях таких параметрів повітряного середовища (температури, вологості і рухливості повітря), поєднання яких при будь-якому стані зовнішнього повітря позитивно впливає на людей. У приміщеннях промислових підприємств кондиціонування повітря до того ж ще регламентується і вимогами технологічного процесу виробництва. У музеях, картинних галереях, книгосховищах і подібних до них будівлях кондиціонування повітря необхідно для збільшення терміну зберігання культурних цінностей.

Гігієнічні завдання вентиляції зводяться до підтримки в приміщеннях таких параметрів повітряного середовища, які виключають скупчення в повітрі приміщення надлишків шкідливих виділень (підвищеної температури, надлишків тепла, вологи, газів, пилу та ін.) І створюють нормальні умови для перебування в них і роботи людей.

Технологічні завдання вентиляції великі, різноманітні і в основному повинні бути спрямовані на організацію повітряного середовища, що сприяє підвищенню продуктивності праці робітників і збільшення випуску продукції.

Слід мати на увазі, що в багатьох випадках рішення технологічних задач за допомогою вентиляції призводить до вирішення гігієнічних завдань, а використання вентиляції для вирішення гігієнічних завдань попутно дозволяє вирішувати завдання технологічного порядку. Так, зниження пилу в повітрі, проведене з гігієнічними цілями, оберігає від передчасного зносу деталей що труться в машинах і верстаків, в результаті чого термін служби технологічного устаткування зростає.

## 1.2 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

Моніторинг параметрів вентиляції є надзвичайно важливою мірою застереження від різних хвороб на підприємствах які працюють з шкідливими для здоров'я людини а саме: вологість повітря, кратність повітрообміну та температура повітря.

**Вологість повітря:** Підтримання сталої вологості — обов'язкова умова для ткацького, кондитерського, фармацевтичного виробництв, для музеїв та бібліотек. Від вологості повітря залежить самопочуття людини, що пов'язане з випаровуванням вологи і підтриманням сталої температури тіла.

Тривале перебування людини в умовах вологого повітря шкідливо для організму, як при високій, так і при низькій температурі. За таких умов спостерігається зниження опору організму до простудних і інфекційних захворювань, а також до ревматизму, туберкульозу й захворювань нирок, спостерігається швидка стомлюваність, погіршення сприйняття й пам'яті. При теплій або холодній погоді з високою вологістю стає важче дихати, з'являється кашель, загострюються бронхо-легеневі захворювання, у першу чергу такі, як астма, бронхіт і трахеїт. Загострення захворювань серцево-судинної системи також спостерігається при високій відносній вологості (80-95 %).

**Температура повітря** За умов низької температури повітря виникає небезпека переохолодження (гіпотермія) організму внаслідок посиленої тепловіддачі. Переохолодження тіла або його частин приводить до дискомфорту, порушення сенсорної й нервово-м'язової функції. У результаті дії холоду виникають озноби, обмороження й створюються умови для появи або загострення захворювань органів дихання, м'язово-суглобного апарату та периферійної нервової системи, спостерігається погіршення працездатності та витривалості. При зниженні температури тіла на один градус по Цельсію працездатність зменшується на 5-6 %.

Небезпечною для людини є й висока температура навколишнього середовища. У теплий період під впливом високої температури спостерігається порушення умов тепловіддачі, ослаблення діяльності серцевосудинної системи, зниження

діяльності шлунковокишкового тракту, відбувається перерозподіл крові від внутрішніх органів до шкіряного покриву, що приводить до зниження артеріального тиску. Високі температури провокують головний біль, загальне погане самопочуття, задишку. Зниження вмісту кисню в повітрі, що спостерігається при високій температурі, приводить до сильного кисневого голодування всіх органів і тканин організму, розвитку ішемічної хвороби серця та бронхіальної астми. Знижується увага й координація рухів, істотно зменшується працездатність: при 24 °C на 15 %, а при 28 °C – на 30 %.

**Кратність повітрообміну** Кратність припливного і витяжного повітрообміну встановлюється спеціальними таблицями, які додаються до документів, якими користуються проектувальники систем вентиляції. Для різного виду споруд розроблені свої нормативні видання СНиП, ось лише деякі:

31-03-2001 — виробничі будівлі;

31-01-2003 — будинки багатоквартирні житлові;

41-01-2003 — вентиляція і кондиціювання повітря, опалення;

31-06-2009 — громадські будівлі та споруди.

**Висновки:** Отже з розвитком країни росте і кількість підприємств і навчальних закладів а тому актуальність моніторингу параметрів систем вентиляції є надзвичайно важливою в теперішній час.

### 1.3 ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Загальні вимоги:

- Кількість каналів – 2;
- Вимірювальна величини :
- температура повітря
- вологість повітря
- швидкість руху повітря
- Основна зведена похибка вимірювання не більше 5 %.
- Мова програмування програмного компоненту окремого модуля – C++.

Нормальні умови експлуатації наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Нормальні умови експлуатації

Впливаюча величина	Номінальні значення
Температура зовнішнього середовища, °C	20±5
Відносна вологість повітря, %	30 –80
Атмосферний тиск, kPa	84...106

Робочі умови експлуатації наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Робочі умови експлуатації

Впливаюча величина	Номінальні значення
Температура зовнішнього середовища:	
нижнє значення, °C	-10
верхнє значення, °C	+50
Відносна вологість повітря, %	90
Атмосферний тиск, kPa	84...106

Склад Модуля ВПСВ: модуль з датчиком, датчик , драйвер.



Комунікація Модуля ВВ з робочою станцією здійснюється за допомогою бездротової передачі wi-fi.

Габаритні розміри та вага компонентів Модуля ВВ наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Габаритні розміри та вага компонентів Модуля ВПСВ

Габаритні розміри, мм: - Модуль (висота х довжина х ширина) - Датчик (діаметр х довжина)	176x150x95 см  23x19 см
Вага, кг: - Модуль - Датчик	1,8 см 0,022 см

## 1.4 Огляд і аналіз існуючих технічних рішень

Для того щоб спроектувати систему моніторингу необхідно визначити які елементи пристрої присутні в процесі роботи всіх типів вентиляції для цього визначимо всі можливі види вентиляцій

Класифікація систем вентиляції



Рис 1.1 Класифікація систем вентиляції

Системи класифікують за різними параметрами:

- способу подачі;
- призначенням;
- способу повітрообміну;
- конструктивним виконанням.

Тип вентиляції визначають на етапі проектування будівлі. При цьому беруть до уваги як економічну так, і технічну сторону, а також санітарно-гігієнічні умови.

Але найважливішим чинником за яким розділяють різні типи вентиляцій є принцип роботи, а саме:

- приточну,
- витяжну
- приточно-витяжну.

Приточна призначена для подачі свіжого повітря в приміщення та попереднім підігрівом охолодженням очищенням або зволоження.

Витяжна навпаки потрібна для відкачування з приміщення «гязного» повітря.

Або в залежності від забруненості повітря та норм які встановлюються для охороною праці наприклад забрудненість газами, вуглекислим або в залежності від типу шкідливого матеріалу з яким працюють на підприємстві.

Як правило при розробці системи вентиляції їх комбінують з урахуванням кратності повітрообміну

Висновки: Для повного контролю над системою вентиляції потрібно вимірювати такі параметри

- Вогість повітря
- Температура - як і зовнішнього притоком повітря так і внутрішня температура в приміщенні
- Швидкість повітря в повітроводі

Також повинні бути враховані параметри супровідні дані для коректної роботи вентиляції встановлені СНіПами

- Кратність повітрообміну в залежності від типу використовуваного приміщення
- Приплив повітря природною вентиляцією
- параметри повітропроводу

На підставі вище перерахованих даних розраховується обладнання яке потрібно встановити для коректної роботи повітрообміну в приміщенні.

## 1.5 Методи вимірювання параметрів вентиляції

### 1.5.1 Методи для вимірювання витрати і швидкості руху повітряного потоку в повітропроводах.

#### Метод вибору точок вимірювання

Для вимірювання тиску і швидкостей руху повітряного потоку в повітропроводах повинні бути обрані ділянки з розташуванням мірних перетинів на відстані не менше шести гідравлічних діаметрів  $D_h$ , м ( $D_h = 4x_F / \Pi$ , де  $\Pi$ , м і  $F$ , м<sup>2</sup>, відповідно, периметр і площа перетину) за місцем обурення потоку (відведення, шибери, діафрагми і т. п.) і не менше двох гідравлічних діаметрів перед ними. При відсутності прямолінійних ділянок необхідної довжини допускається розташовувати мірне перетин в місці, що поділяє обраний для вимірювання ділянку щодо **3: 1** в напрямку руху повітря. При цьому розмір мірного перетину приймають відповідним найменшому перетину каналу. Відповідно до цього методу проводяться вимірювання швидкостей в декількох місцях, рівномірно розподілених по перетину воздуховода, після чого обчислюють середню швидкість по перетину. Якщо повітропровід має круглий перетин, його поділяють концентричними колами на кілька рівновеликих кільцевих поверхонь (рис. 1.2). Заміряючи швидкість повітря в різних точках кіл, що представляють собою внутрішні кордони таких кілець. У цьому випадку середня швидкість в даному перетині дорівнює середній арифметичній результатів вимірювань швидкості.

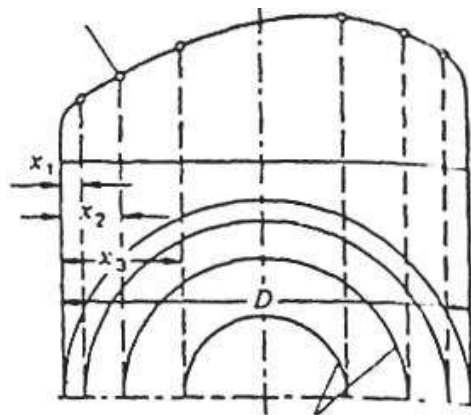


Рис. 1.2 Концентричні кола

Наступний метод називається логарифмічним лінійним, використовують він досить часто. Більш повно, він представлений в ГОСТ 12.3.018.-79 «Методи аеродинамічних випробувань». Якщо вимірювання проводяться в круглому повітроводі в точках, розташованих, щонайменше, на двох взаємно перпендикулярних променях, заміри слід здійснювати як мінімум в 2-6 точках кожного з секторів кола (рис. 1.3). Кількість точок вимірювань визначається формою і розмірами мірного перетину.

**Координати точок вимірювання тиску і швидкостей в повітроводах циліндричного перетину.**

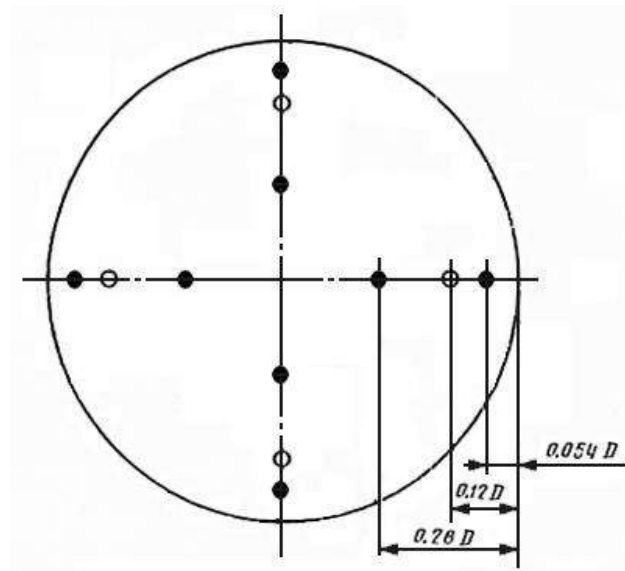


Рис. 1.3 Повітровод циліндричного перетину.

- при  $100\text{мм} < D < 300\text{мм}$
- при  $D > 300\text{мм}$

У разі вимірювань в прямокутних повітропроводах їх перетин поділяють на деяке число рівних прямокутників, і замір швидкості повітря виробляють в центрі ваги кожного прямокутника (рис. 1.4). Однак в цьому випадку мова йде про грубе достатній методі. Оскільки поблизу стінок швидкість руху повітря помітно відрізняється від швидкості руху повітря в центрі воздуховода, потрібно, по-видимому, в цій області розбивати площа перетину на більш дрібні елементарні ділянки, а при обчисленні середньої швидкості руху повітря в повітроводі

враховувати відповідні значення частки ці ділянок в загальній площі поперечного перерізу. Кількість вимірювань в кожній точці має бути не менше трьох.

**Координати точок вимірювання тиску і швидкостей в повітроводах прямокутного перетину.**

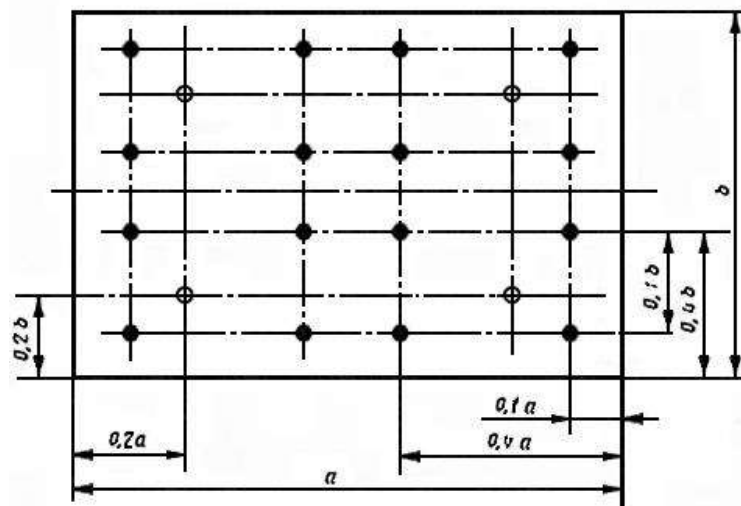


Рис. 1.4 Повітровод прямокутного перетину

● при  $100\text{мм} < b < 200\text{мм}$

○ при  $b > 300\text{мм}$

#### Метод кругового сканування

Повітроводах великого перерізу або на виході з фільтрів, теплообмінників та інших пристроїв можна розрахувати середню швидкість руху повітря, повільно переміщаючи крильчасті анемометр з постійною дуже невеликою швидкістю вздовж кількох уявних кіл по всій площі перетину воздуховода. Такі вимірювання необхідно виконувати по кілька разів для визначення більш повної епюри розподілу швидкості по всьому перетину воздуховода. Якщо швидкість руху приладу змінюється дуже швидко, розрахункова величина часто виявляється сильно завищеною. Те ж саме має місце в разі, коли площа прохідного перетину крильчатки анемометра більше ніж на 1% перевищує площу вимірюваного перетину.

Об'ємна витрата повітря визначається за формулою

$$V = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A \cdot \sqrt{(2 \cdot \Delta p / \rho)}, \text{ м}^3/\text{с}$$

де,  $\alpha$  - коефіцієнт стиснення струменя в залежності від ставлення площ основного і звужується  $m = (d / D)^2$ .

Таблиця 1.4

звужуючий пристрій	Отношение площадей $m = (d/D)^2$							
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
Діафрагма	0,598	0,602	0,615	0,634	0,660	0,695	0,74	0,802
Сопло	0,987	0,989	0,999	1,017	1,043	1,081	1,142	---
Сопло Вентурі	0,968	0,989	1,001	1020	1,048	1,092	1,155	---

$\epsilon$  - коефіцієнт розширення в залежності від ставлення тиску перед пристроєм звуження пристроєм і після нього (їм можна знехтувати, так як для нестискуваних середовищ  $\epsilon = 1$ )

$A$  - площа прохідного перетину звужено устрою,  $m^2$

$\Delta p$  - статичне падіння тиску, Па

$\rho$  - щільність середовища, що рухається,  $kg / m^3$

Перехід з вузького перетину здійснюється без заокруглень. Кут вхідного конуса повинен бути рівний  $21^\circ$ . Кут вихідного конуса повинен задовольняти умові  $5^\circ \leq \varphi \leq 15^\circ$ . Відбір статичних тисків здійснюються через кільцеві камери (на відстані  $D / 2$  і  $d / 2$  від початку і кінця вхідного конуса відповідно), з'єднані з внутрішньою порожниною принаймні шістьма отворами.

Шуканий витрата повітря пропорційний кореню квадратному з перепаду тисків. Щоб отримати лінійну шкалу показчика витрати, можна використовувати передавальний механізм.

Трубки, що з'єднують звуження потоку з диференціальним манометром, виготовляють, як правило, зі сталі, міді або полімерних матеріалів. Останнім часом частіше стали використовувати трубки з полімерних матеріалів через їх низьку вартість, легкості і гнучкості.



Для відбору тиску перед звуження потоку та за ними використовуються або кільцеві камери, забезпечені патрубками (дуже дорогі), або оболонки знімною діафрагми; вони закручуються, потім заварюються або запаюються щоб уникнути витоків.

Вибір найбільш відповідного типу пристрою звуження проводиться на основі техніко-економічних міркувань. Найдешевшим пристроєм є діафрагма, проте, її установка призводить до значних втрат тиску. Сопло викликає менш високі втрати тиску, а трубка Вентурі найнижчі втрати тиску повітря по системі розподілу повітря. Однак трубка Вентурі не отримала масового поширення, по-перше, через його високу вартість і, по-друге, через те, що для розміщення її потрібно ділянку воздуховода значної довжини

#### Вимірювання швидкості в припущенні одномірності потоку

При вимірах максимальної швидкості повітря вздовж осі воздуховода середня швидкість повітря в цьому вимірному перетині складе 0,8-0,85 від максимального значення швидкості. При цьому передбачається, що потік симетричний, закручений і має ламінарний рух повітря по всьому перетину (не має турбулентних ділянок).

Вимірювання витрати витоків повітря в повітропроводах.

У мережах розподілу повітря дуже часто спостерігаються витоків, обумовлені не герметичні стиків (фланців) між ділянками повітропроводів, воздуховодами і різною апаратурою, повітропроводів і воздухозадающімі пристроями і так далі.

Схема мережі повітропроводів

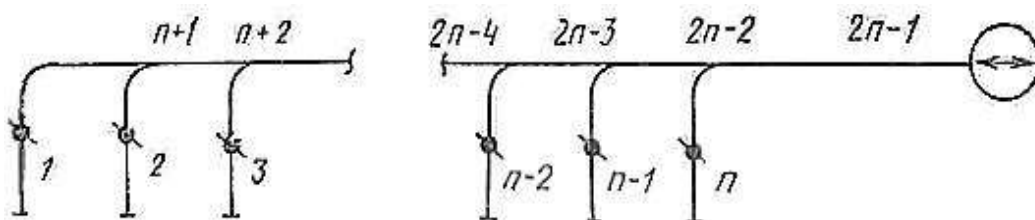


Рис. 1.5 Схема мережі повітропроводів

Для вимірювання витрати витоків повітря надходять у такий спосіб: герметично закривають всі отвори в повітроводах з 1 по n відводи запірними пристроями (заслінками, якщо вони досить герметичні для представленої мережі) чи за допомогою інших необхідних робіт.

Отвори, передбачені конструкцією мережі, є воздухораздаючими пристроями (отвори обдування, дифузори, решітки та інші подібні пристрої), розташовані по всій довжині.[11]

### 1.5.2 Методи вимірювання витрат і швидкості руху повітряного потоку в повітряних пристроях

#### Метод локального вимірювання.

Вимірювання здійснюються в декількох точках, розподілених по перетину отворів, за допомогою трубок Піто або Прандтля або термоанемометрів. Однак внаслідок, як правило, закрученого потоку з завихреннями (турбулентних ділянок) результати порівняно неточні.

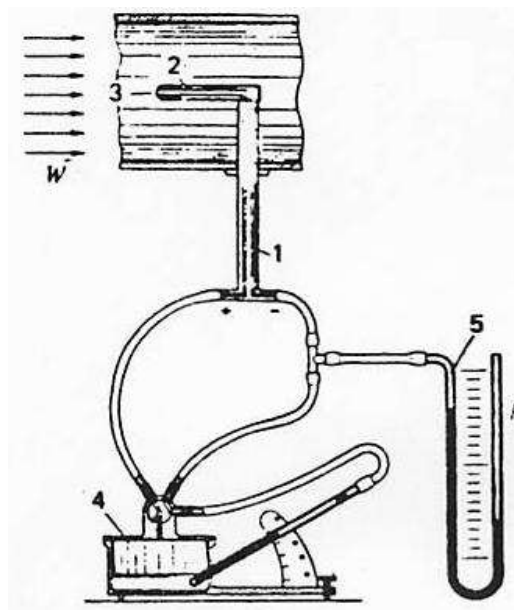


Рис 1.6 трубка Прандтля

1 - канал відбору швидкісного напору

2 -Статичний тиск

3 - повний тиск

4 - манометр з похилою трубкою (наприклад, мікроманометр типу ммн);

5 U - образний манометр;

На малюнку показано вимір динамічного і статичного тиску в повітроводі одночасно.

Хоча набагато частіше проводять вимір одного тиску (повного, динамічного або статичного).

Найпростішим вимірювальним приладом є трубка Прандтля (рис. 1.6), в носовій частині якої, встановлюється в потоці повітряного середовища паралельно осі, є отвори 2 і 3 для відбору тиску.

Трубки Піто або Прандтля використовуються для вимірювання динамічного тиску (швидкісного напору, звідки відразу можна отримати швидкість руху повітря) в потоці рухається суцільного середовища, тобто тиск, який є результатом повного перетворення кінетичної енергії потоку в енергію тиску.

Однак частіше використовується прилад, відомий під назвою трубка Піто (рис. 10), яка дозволяє вимірювати одночасно статичне і повний тиск в повітряному потоці.

Прилад має два отвори для відбору тиску. Одне, розташоване на передньому кінці носової частини трубки, паралельної потоку, відбирає повний тиск. Інший отвір має форму щілини, ось якої перпендикулярна осі потоку. Через нього відбирається статичний тиск в повітряному потоці. Тоді динамічний тиск (швидкісний напір) буде дорівнює різниці повного і статичного тисків.



Рис. 1.7 трубка Піто

➡  $P_t$  - повний тиск

➡  $P_s$  - статичний тиск

Тоді динамічний тиск буде  $P_d = P_t - P_s$

У будь-якому випадку необхідно пам'ятати, що слід розрізняти повітроводи з надлишковим тиском або розрідженням (повітроводи припливні або витяжні, рис 1.8).

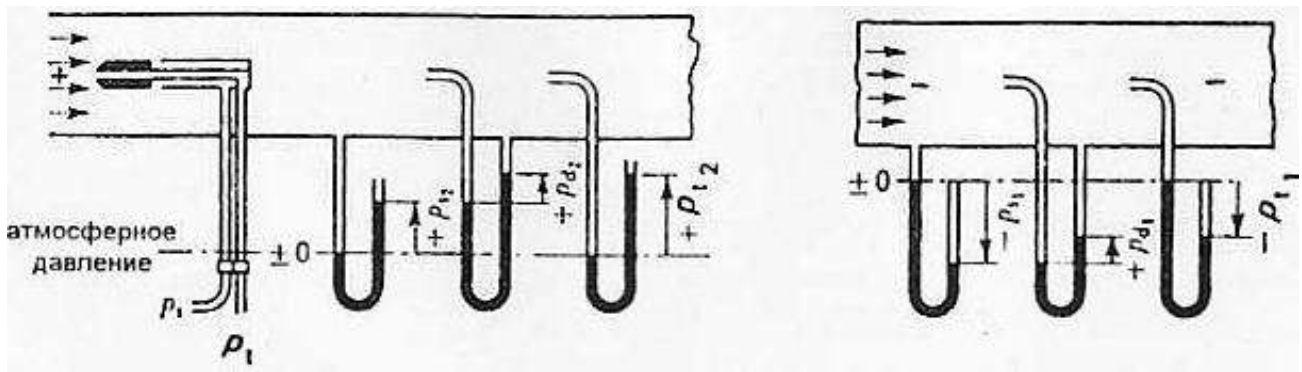


Рисунок. 1.8 повітроводи припливні або витяжні

Цей пристрій, зазвичай оснащений вирівнюєчими ґратами, під'єднують до отвору. Швидкість повітряного потоку вимірюють в мінімальній перетині розтруба. Вимірювання витрати повітря через повітровидаючий пристрій із застосуванням різних контрольно-вимірювальних приладів.

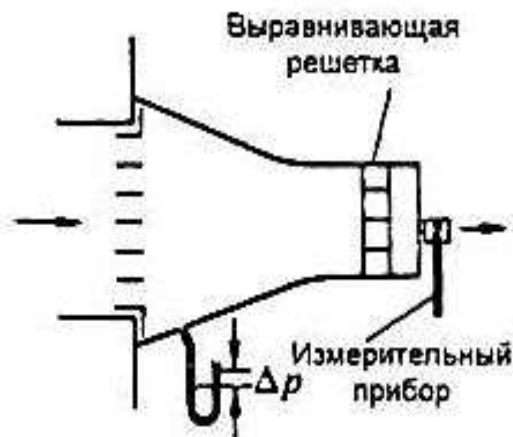


Рис.1.9 Вимірювання за допомогою мікроманометра

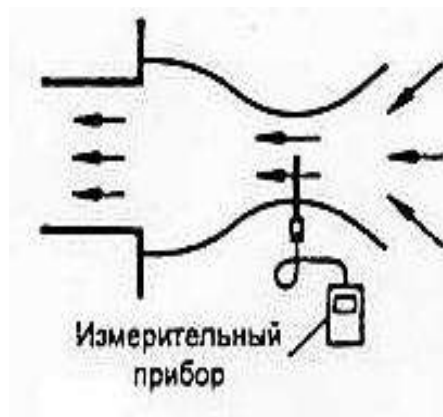


Рис. 1.10 представлено вимір з допомогою термоанемометра

Задовільні результати вимірювань досягаються, якщо втрати тиску в отворах значно більше, ніж втрати в розтрубі. У разі необхідності результати слід скорегувати. Цей метод найширше застосовується для вимірювання витрати повітря через решітки, дифузори, анемостати.

#### Метод нуля.

З допомогою допоміжного регульованого вентилятора повітря всмоктується в вимірювальну камеру, з'єднані з отвору таким чином, щоб в цій камері встановилося тиск, рівний атмосферному (надлишковий тиск дорівнює нулю). Між вимірювальної камерою і вентилятором встановлюють діафрагму або мірне сопло для виконання точних вимірів витрат повітря. Результати вимірювань цілком задовільні, однак, сам метод досить незручний при реалізації його, оскільки в цей час ще немає повністю придатною апаратури для проведення таких замірів.

#### Експериментальний метод розгорнутого мішка.

У цьому методі прямо на вентиляційний отвір надягають дуже легкий пластиковий мішок (або будь-який інший мішок з герметичних матеріалів), згорнутий або складений гармошкою таким чином, щоб в мішку не залишалося повітря. Потік повітря, що йде через вентиляційний отвір, і наповнює мішок, різко зупиняють, як тільки статичний тиск в повітроводі вище по потоку від отвору перевищить величину, починаючи від якої в повітроводі виникають обурення потоку. Цей метод відносно не точний через виникнення додаткового опору мережі і так званого людського фактора.

### 1.5.3 Методи для вимірювання витрати і швидкості руху повітряного потоку

АНЕМОМЕТР – це прилад для вимірювання швидкості потоків та напрямку руху повітря, газів та рідин. Це стосується як обмежених потоків, наприклад руху повітря в повітропроводах, так і необмежених потоків, наприклад атмосферного вітру. Анемометри мають перш за все метеорологічне призначення, адже зміни таких параметрів як швидкість та напрям вітру вказують на зміни погодних умов, попереджають про наближення грози, шторму, інших небезпечних природних явищ, що є дуже важливим для пілотів, моряків, інженерів, та і для всіх нас. Як правило, це легкі портативні прилади, зручні у користуванні навіть в складних польових умовах.

Принцип роботи анемометра полягає у виявленні зміни деякої фізичної властивості потоку, або у дії потоку на механічний пристрій, розміщений в потоці. При цьому анемометр може вимірювати повну величину швидкості, величину швидкості в площині та компоненту швидкості в певному напрямку. Крім того, сучасні анемометри в залежності від моделі можуть вимірювати напрям вітру, об'ємну витрату повітря, вологість, температуру, тиск. Таким чином, анемометри перетворюються на портативні метеостанції.

#### Типи анемометрів

В залежності від способу вимірювання та типу приймального пристрою анемометри поділяють на ряд типів: :

- Обертальні (крильчатні, чашкові)
- Теплові
- Вихрові
- Динамометричні (з трубками Піто)
- Ультразвукові (акустичні)
- Оптичні (лазерні доплерівські)

## Чашковий анемометр

Найбільш поширений тип анемометра - це чашковий анемометр. Винайдено доктором Джоном Томасом Ромні Робінсоном, які працювали в Арманской обсерваторії, в 1846 році. Складається з чотирьох напівсферичних чашок, симетрично насаджених на хрестоподібні спиці ротора, що обертається на вертикальній осі.

Чашковий анемометр з вертикальною віссю, розташований на Скеджіт Бей, штат Вашингтон. Липень-серпень 2009.

Вітер будь-якого напрямку обертає ротор зі швидкістю, пропорційною швидкості вітру. Робінсон припускав, що для такого анемометра лінійна швидкість кругового обертання чашок становить одну третину від швидкості вітру, і не залежить від розміру чашок і довжини спиць. Виконані в той час експерименти це підтверджували. Пізніші виміри показали, що це невірно, т. Зв. «Коефіцієнт анемометра» (величина зворотна відношенню лінійної швидкості до швидкості вітру) для найпростішої конструкції Робінсона залежить від розмірів чашок і довжини спиць і лежить в межах від двох до трохи більше трьох.

Трёхчашечний ротор, запропонований канадцем Джоном Паттерсоном в 1926 році, і наступні удосконалення форми чашок Бревортом і Джойнер в 1935-му році зробили чашковий анемометр лінійним в діапазоні до 100 км / год (27 м / с) з похибкою близько 3%. Паттерсон виявив, що кожна чашка дає максимальний крутний момент, будучи поверненою на  $45^\circ$  до напрямку вітру. Трёхчашечний анемометр відрізняється більшим крутним моментом і швидше відпрацьовує пориви, ніж чотирёхчашечний.

Оригінальна удосконалення чашечної конструкції, запропоноване австралійцем Дерекком Вестоном (в 1991 р), дозволяє за допомогою того ж ротора визначати не тільки швидкість, але і напрямок вітру. Воно полягає в установці на одну з чашок прапорця, через якого швидкість ротора нерівномірна протягом одного обороту (половину обороту прапорець рухається в напрямку вітру, половину обороту - проти). Визначивши кругової сектор щодо метеостанції, в якому швидкість збільшується або зменшується, визначається напрямок вітру.



Обертання ротора в найпростіших анемометр передається на механічний лічильник числа оборотів. Швидкість підраховується за кількістю оборотів за заданий час, наприклад, хвилину, такі ручні анемометри .

У більш досконалих анемометр ротор пов'язаний з тахогенератором, вихідний сигнал якого (напруга) подається на вторинний вимірювальний прилад (вольтметр), або використовуються тахометри, засновані на інших принципах. Такі анемометри відразу показують миттєву швидкість вітру, без додаткових обчислень, і дозволяють стежити за змінами швидкості вітру в реальному часі.

Крім метеорологічних вимірювань, чашкові анемометри застосовуються і на баштових підйомних кранах, для сигналізації про небезпечне перевищення швидкості вітру.

Будова та принцип роботи анемометра

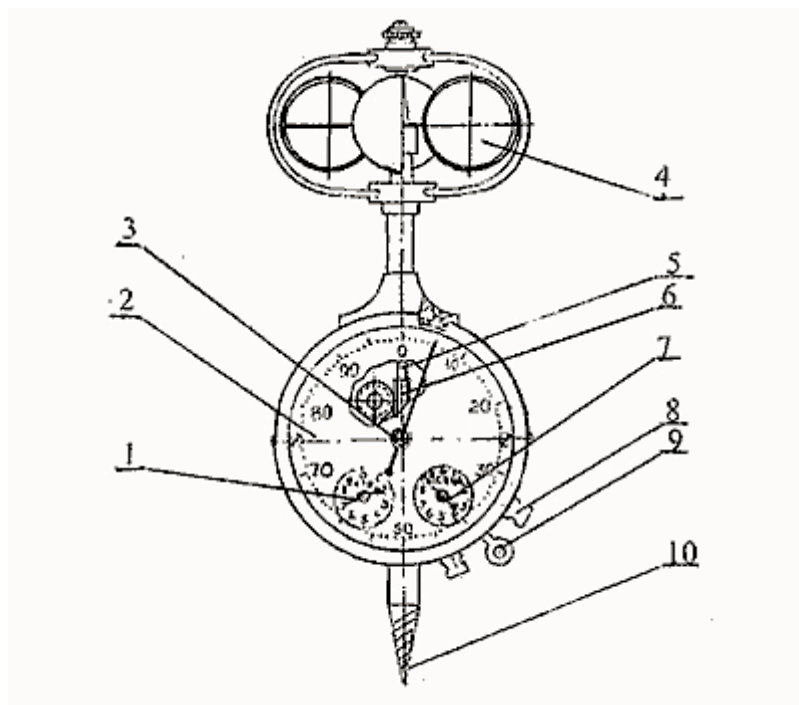


Рис. 1.11 Чашковий анемометр

- 1 - стрілка шкали сотих;
- 2 - циферблат;
- 3 - стрілка шкали одиниць;
- 4 - вертушка;
- 5 - вісь;

6 - черв'як;

7 - стрілка шкали тисяч;

8 - вушка;

9 - аретир;

10 – гвинт;

Вітроприймачем анемометра є чотирьохчашкова вертушка. 4, насаджена на вісь 5, що обертається в опорах. На нижньому кінці осі нарізаний черв'як 6, пов'язаний з редуктором, що передає рух трьом направляючим стрілкам. Циферблат 2 має відповідно шкали одиниць, сотень, тисяч. Черв'як 6 через черв'ячні колесо і триб передає рух центральному колесу, на осі якого закріплена стрілка 3 шкали одиниць. Триб центрального колеса через проміжне колесо приводить в обертання мале колесо, на осі якого насаджена стрілка (шкали сотень). Від малого колеса через друге проміжне колесо обертання передається другому малому колесу, вісь якого несе на собі стрілку шкали тисяч 7.

Вмикання і вимикання механізму проводиться аретиром 9, один кінець якого знаходиться під вигнутою пластинчастої пружинкою, що є підп'ятником черв'ячного колеса. Для виключення лічильного механізму аретир 9 повертають за годинниковою стрілкою.

Інший кінець аретира при цьому піднімає пластинчасті пружину, яка, переміщаючи вісь колеса в осьовому напрямку, виводить черв'ячне колесо із зачеплення з черв'яком 6.

При повороті аретира проти годинникової стрілки черв'ячне колесо входить в зачеплення з черв'яком і вітроприймача анемометра з'єднується з редуктором.

Механізм анемометра закріплений в корпусі з пластмаси, нижня частина корпусу закінчується гвинтом 10, службовцям для кріплення анемометра настоянці або жердині. У корпусі анемометра по обидва боки аретира 9 вкручені вушка 8, через які пропускається шнур для включення і виключення анемометра, піднятого на стійці (жердині). Шнур прив'язується за вушко аретира 9.

Вітроприймача анемометра захищений хрестовиною з дротяних дужок, що служить також для кріплення верхньої опори осі вітроприймача.

## Крильчастий анемометр

У таких анемометр потік повітря обертає мініатюрне легке вітрове колесо (крильчатку), огорожену металевим кільцем для захисту від механічних пошкоджень. Обертання крильчатки через систему зубчастих коліс передається на стрілки рахункового механізму.

Ручні крильчасті анемометри застосовуються для вимірювання швидкості спрямованого повітряного потоку в трубопроводах і коробах вентиляційних пристроїв для обчислення витрат вентиляційного повітря в вентиляційних отворах, воздуховодах житлових і виробничих будівель.

Крильчатні анемометри використовують для вимірювання швидкостей потоків в трубах, вентиляційних шахтах і каналах, в системах кондиціонування, тобто у випадках, коли маємо справу з постійним напрямком руху потоку. Ці анемометри є більш чутливими і здатні вимірювати швидкості від 0,1 м/с. Приймаючий пристрій має вигляд крильчатки, яка приводиться в рух потоком газу. Крильчатка прикріплена до трубчастої осі, що в свою чергу приєднана до механізму підрахунку обертів за певний проміжок часу. В більш простих моделях крильчатка жорстко приєднана до вимірювального блоку, в інших – за допомогою гнучкого з'єднання для вимірювань у важкодоступних місцях.

Будова та принцип роботи анемометра

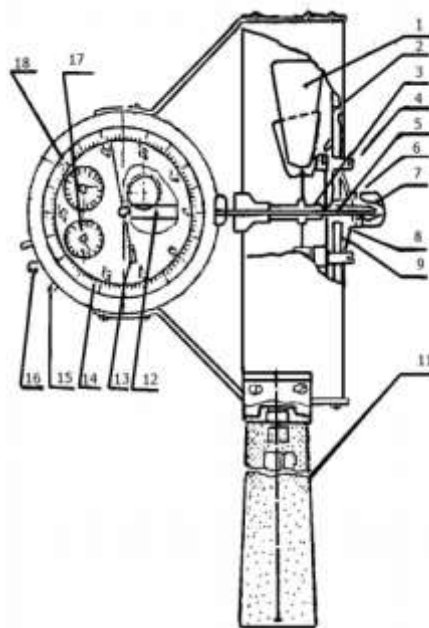


Рис.1.12 Крильчастий анемометр

- 1 - крильчатка,
- 2 - стрижень,
- 3 - вісь трубчаста,
- 4 - пружина,
- 5 - вісь сталева,
- 6 - втулка,
- 7 - гайка,
- 8 - пружина,
- 9 - втулка підшипникова,
- 11 - ручка,
- 12 - черв'як,
- 13 - стрілка шкали одиниць,
- 14 - циферблат,
- 15 - вушко,
- 16 - аретир,
- 17 - стрілка шкали тисяч,
- 18 - стрілка шкали сотень

Шкали: одиниць, сотень і тисяч виконані на циферблаті 14.

Вмикання і вимикання механізму проводиться аретиром 16.

Один кінець аретира 16 знаходиться під пластинчастої пружинкою, що є підп'ятником черв'ячного колеса, інший кінець виведений з корпусу приладу через паз. Для вимикання лічильного механізму аретир 16 повертають за який виступає кінець за годинниковою стрілкою. При повороті аретира 16 проти годинникової стрілки черв'ячне колесо входить в зачленення з черв'яком 12 і вітроприймача анемометра з'єднується з рахунковим механізмом. Механізм приладу закріплений в металевому корпусі, забезпеченому ручкою 11.

Ручка виконана у вигляді трубки і може бути використана для установки приладу на дерев'яному жердині. У корпусі приладу по обидві сторони виступає кінця аретира 16 вкручені два вушка 15.

Через них пропускається шнурок, за допомогою якого виробляються вимикання і вимикання анемометра, піднятого на стійці (жердині). шнурок прив'язується до кінця аретира 16.

Вітроприймач анемометра захищений від механічних пошкоджень циліндром працюючим одночасно для обмеження перетину вимірюваного повітряного потоку. Анемометр тримають в повітряному потоці протягом однієї - двох хвилин. Після цього механізм і секундомір вимикають, записують кінцеве показання лічильника і час експозиції визначають число поділок, що припадають на одну секунду. Швидкість потоку визначається по градірочному графіком, що додається до анемометру, в такий спосіб: на вертикальній осі графіка відшукують число, відповідне числу поділок шкали лічильника анемометра в секунду. від цієї точки проводиться горизонтальна лінія до перетину з прямою графіка. з триманої точки перетину опускається вертикальна лінія до перетину з горизонтальною віссю. Точка перетину дає шукану швидкість повітряного потоку в м / с.

#### Тепловий анемометр

Менш поширені, проте дуже високоточні теплові анемометри. В основному, вони використовуються для вимірювання швидкостей повільних потоків, характеризуються низькою інерційністю, проте потребують постійного калібрування.

Принцип роботи таких анемометрів, часто званих термоанемометрами, заснований на збільшенні тепловтрат нагрітого тіла при збільшенні швидкості обдуває холодного газу - зміна числа Нуссельта.

Це явище усі знають, відомо, що при незмінній температурі в вітряну погоду відчуття холоду сильніше при більшій швидкості вітру.

Конструктивно являє собою відкриту тонку металеву дріт (нитка розжарення), що нагрівається вище температури середовища електричним струмом. Дріт виготовляється з металу з позитивним температурним коефіцієнтом опору - з вольфраму, ніхром, платини, срібла і т. П.)

Опір нитки змінюється від змін температури, таким чином по опору можна виміряти температуру. Температура певним чином залежить від швидкості вітру, щільності повітря, його вологості.

Дріт термодатчика включається в електронну схему. Залежно від методу включення датчика розрізняють прилади з стабілізацією струму дроту, стабілізацією напруги і з термостатуванням дроту. У перших двох методах характеристикою швидкості є температура дроту, в останньому - потужність, необхідна для термостабілізації.

Термоанемометри широко використовуються практично у всіх сучасних автомобілях в якості датчика масової витрати повітря (ДМРВ).

Недоліки термоанемометров - низька механічна міцність, так як застосовується дріт дуже тонка, інший недолік - порушення калібрування через забруднення і окислення гарячої дроту, але, так як вони практично безінерційна, широко застосовуються в аеродинамічних експериментах для вимірювання локальної турбулентності і пульсацій потоку.

### Динамометричні анемометри

Вимірювання швидкості потоку повітря можна проводити також шляхом визначення тиску повітря всередині скляної Г-подібної трубки, закритої з одного кінця. Вона називається трубкою Піто, за ім'ям її винахідника. Швидкість руху повітря обчислюється шляхом порівняння надлишкового тиску повітря всередині трубки та зовні. Застосовується для визначення відносної швидкості і об'ємної витрати в газоходах і вентиляційних системах. Це так звані динамометричні анемометри.

### Ультразвуковий анемометр

Принцип дії анемометрів ультразвукового типу заснований на вимірюванні швидкості звуку, яка змінюється в залежності від орієнтації вектора руху повітря (напрямку вітру) щодо шляху поширення звуку.

Принцип роботи ультразвукового анемометра ґрунтується на вимірюванні швидкості звуку між передавачем та приймачем в залежності від швидкості вітру. Це високоточні сучасні анемометри, призначені також для вимірювань напрямку

вітру. Розрізняють двомірні та тримірні ультразвукові анемометри. Двомірний анемометр може вимірювати швидкість і напрямок тільки горизонтальних потоків повітря. Тримірний анемометр здатний проводити вимірювання трьох компонент напрямку руху потоку. Крім того, ультразвуковий анемометр має можливість вимірювати ще й температуру повітря ультразвуковим методом.

Існують двокомпонентні ультразвукові анемометри - вимірюють крім швидкості і напрямок вітру по частинах світу - напрямок горизонтального вітру і трикомпонентні ультразвукові анемометри - вимірювачі всіх трьох компонент вектора швидкості повітря.

Швидкість звуку в таких анемометр вимірюється за часом проходження ультразвукових імпульсів між фіксованим відстанню від випромінювача до ультразвукового мікрофона, потім виміряні часи перераховуються в дві або три компоненти швидкості руху повітря.

Так як швидкість звуку в повітрі залежить ще від температури (зростає пропорційно кореню квадратному з абсолютної температури), в ультразвукових анемометр обов'язково є термометр, за показаннями якого вносяться поправки в обчислення швидкості вітру.

#### Лазерні доплерівські анемометри.

Інженери Aerospace і фізики часто використовують лазерні доплерівські анемометри. Цей тип анемометрів працює за принципом залежності частоти світла, відбитого чи розсіяного рухомим об'єктом (ефект Доплера), від швидкості цього об'єкта. Це метод безконтактного вимірювання швидкості потоку газоподібних, рідких і твердих середовищ, що містять світлорозсіюючі неоднорідності, тобто швидкість вимірюється без збурення потоку. Коло задач для цього методу дуже широке, від вимірювань повільних направлених рухів в капілярах і живих клітинах, до дистанційних вимірювань турбулентної швидкості потоків газу в надзвукових трубах та швидкості вітру в атмосфері. Величини швидкостей можуть мати значення від мкм/с до км/с. Лазерні анемометри допомагають розрахувати швидкість вітру

навколо автомобілів, літаків і космічних апаратів. Такі дослідження дають можливість інженерам зробити транспортні засоби більш аеродинамічними.

Лазерна доплерівська анемометрія (від грецького "анемос" - вітер, рух) - метод безконтактного вимірювання швидкості руху газоподібних, рідких і твердих середовищ, що містять світлорозсіюючі неоднорідності. Цей метод в даний час широко використовується в наукових дослідженнях і технічних додатках. Лазерні доплеровские анемометри (ЛДА) дозволяють вирішувати велике коло завдань: від дослідження повільних напрямків руху в капілярах і живих клітках до дистанційних вимірювань турбулентної швидкості потоків газу в надзвукових трубах і швидкості вітру в атмосфері. Величини вимірюваних швидкостей лежать в діапазоні від декількох мкм / с до декількох км / с.

У лазерної анемометрії для вимірювання швидкості газового потоку використовується ефект Доплера - зміна частоти випромінювання, розсіяного оптичними неоднорідностями, що рухаються разом з потоком. Рухомі разом з газовим потоком частки розглядаються як приймачі світлових хвиль від нерухомого джерела і одночасно як передавачі-ретранслятори оптичного випромінювання до нерухомого спостерігача. Частота розсіяного випромінювання в точці спостереження дорівнює:

$$\tilde{\nu} = \frac{\nu}{1 - \frac{1}{c} \bar{u} \cdot \bar{l}} \quad (1.1)$$

де  $\nu$  - частота випромінювання джерела;  $c$  - швидкість світла;  $u$  - проекція швидкості частки в напрямку на точку спостереження. Отже, Доплеровская частота дорівнює

$$\nu_D = \tilde{\nu} - \nu = \frac{\nu}{c} \frac{\bar{u} \cdot \bar{l}}{1 - \frac{1}{c} \bar{u} \cdot \bar{l}} \approx \frac{1}{\lambda} \bar{u} \cdot \bar{l} \quad (1.2)$$

враховуючи, що  $|u| \ll c$ .



Прямого використання цього співвідношення для вимірювання швидкості газового потоку перешкоджає повільний відгук існуючих фотоприймачів для світлових частот. Тому на практиці застосовується накладення двох розсіяних світлових хвиль, в результаті чого на фотоприйемнику реєструється сигнал з частотою, що дорівнює різниці частот двох розсіяних хвиль:

$$\tilde{\nu}_1 - \tilde{\nu}_2 = \nu \left( \frac{1}{1 - \frac{1}{c} \bar{u} \cdot \bar{l}_1} - \frac{1}{1 - \frac{1}{c} \bar{u} \cdot \bar{l}_2} \right) \approx \frac{1}{\lambda} \bar{u} \cdot (\bar{l}_1 - \bar{l}_2) = \nu_D \quad (1.3)$$

при  $|\bar{u}| \ll c$ .

Отже, Доплерівська частота сигналу на виході фотоприймача залежить від довжини хвилі лазерного випромінювання, швидкості частинок і геометрії оптичної системи. Ця формула є основне рівняння лазерної доплерівського анемометра і в принципі є дуже точною (її похибка становить менше 10-5%), так як її характеристики не залежать від властивостей середовища (температури, тиску і т.п.) і не вимагають градування з допомогою еталона - досить їх точно розрахувати. Тому сумарна похибка визначення швидкості газового потоку визначається похибкою вимірювання доплерівської частоти.

Принцип дії лазерного доплерівського анемометра полягає в тому, що в досліджуваній точці газового потоку направляються два лазерних сфокусованих пучка випромінювання і в області їх перетину формується інтерференція. Область інтерференції образує об'єм, в якому відбувається вимір, в якому частинки розсіюють випромінювання, яке потрапляє на фотоприймач. Розмір вимірюваного об'єму визначається діаметром перетяжки лазерних пучків, кутом їх перетину  $2\theta$  і є важливим параметром анемометра. У загальному випадку оптична схема лазерного анемометра (Рис.1) складається з лазерного джерела світла, пристрої для розщеплення пучка на два зондируючих пучка, вузла фокусування цих пучків, вузла для переміщення цих пучків в потрібному напрямку і пристрої для збору розсіяного в вимірюваному обсязі випромінювання в фотоприймач.

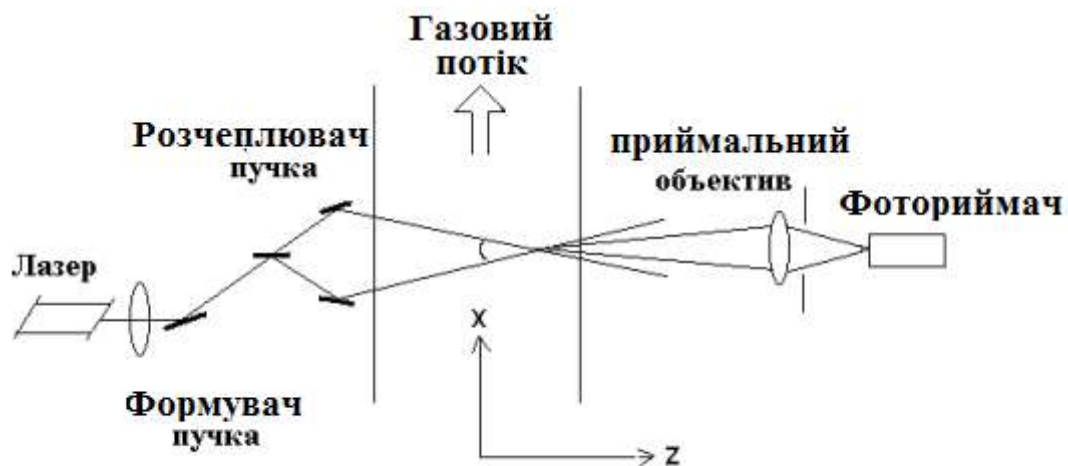


Рис.1.13 Оптична схема лазерного анемометра

В вимірювальному обсязі, утвореному накладенням двох однаково поляризованих хвиль з однаковими радіусами перетяжки  $\omega$  в площині  $xu$ , виникає інтерференція з амплітудним розподілом

$$I^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\omega_{12}t - kr)]e^{-2r^2/\omega^2} \quad (1.4)$$

тобто є низькочастотна підставка, на якій знаходяться складові змінного струму з гаусом обвідної. Інтерференційні смуги спрямовані уздовж бісектриси кута перетину пучків перпендикулярно площині падаючих променів. Інтервал між інтерференційними смугами  $\delta t$  визначається геометрією оптичної схеми анемометра і довжиною хвилі лазерного випромінювання і може бути розрахована, з високою точністю.[3]

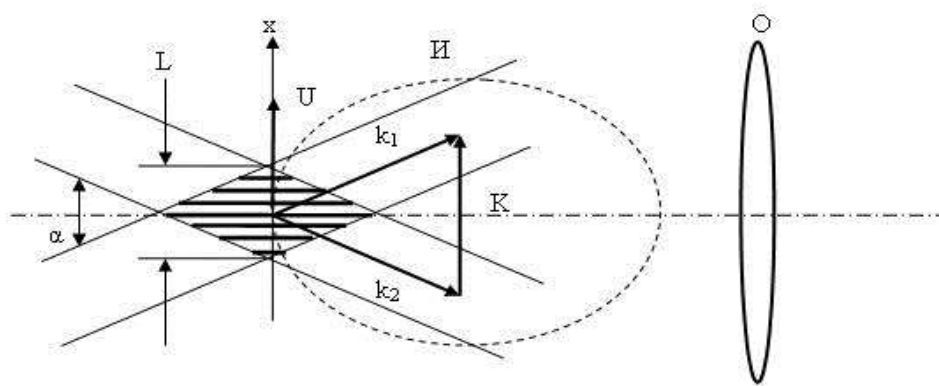


Рис.1.14 Інтерференційна модель ЛДА (И - індикатриса розсіювання, О - приймальний об'єктив).

### 1.5.3 Методи для вимірювання вологості Повітря

Прилад, яким вимірюють рівень вологості, називається гігрометром або просто датчиком вологості. У повсякденному житті вологість виступає важливим параметром, і часто не тільки для самої звичайному житті, але і для різної техніки, і для сільського господарства (вологість ґрунту) і багато для чого ще.

Зокрема, від ступеня вологості повітря чимало залежить наше самопочуття. Особливо чутливими до вологості є метеозалежні люди, а також люди, які страждають на гіпертонічну хворобу, бронхіальну астму, захворюваннями серцево-судинної системи.

При високій сухості повітря навіть здорові люди відчують дискомфорт, сонливість, свербіж і роздратування шкірних покривів. Часто сухе повітря може спровокувати захворювання дихальної системи починаючи з ОРЗ і ГРВІ, і закінчуючи навіть пневмонією.

На підприємствах вологість повітря здатна впливати на збереження продукції і устаткування, а в сільському господарстві однозначно вплив вологості ґрунту на родючість і т. Д. Тут і рятує застосування датчиків вологості - гігрометрів.

Якісь технічні прилади спочатку калібруються під строго необхідну важливість, і іноді щоб провести точну настройку приладу, важливо розміщувати точним значенням вологості в навколишньому середовищі.

Вологість може вимірюватися кількома з можливих величин:

Визначення вологості як повітря, так і інших газів, вимірювання проводяться в грамах на кубометр, коли мова про абсолютне значення вологості, або в одиницях RH, коли мова про вологості відносної.

Для вимірюється вологості твердих тіл або в рідинах підходять вимірювання у відсотках від маси досліджуваних зразків.

Для визначення вологості погано змішуються рідин, одиницями вимірювання будуть служити ppm (скільки частин води доводиться на 1000000 частин ваги зразка).

За принципом дії, гігрометри діляться на:

ємнісні;

резистивні;

термісторного;

оптичні;

електронні.

### Ємнісний датчик вологості

Ємнісні гігрометри, в найпростішому випадку, є конденсатори з повітрям в якості діелектрика в зазорі. Відомо, що у повітря діелектрична проникність безпосередньо пов'язана з вологістю, а зміни вологості діелектрика призводять і до змін в ємності повітряного конденсатора.

Більш складний варіант ємнісного датчика вологості в повітряному проміжку містить діелектрик, з діелектричної проникністю, що може сильно змінюватися під впливом на нього вологості. Даний підхід робить якість датчика краще, ніж просто з повітрям між обкладинками конденсатора.

Другий варіант добре підходить для проведення вимірювань щодо змісту води в твердих речовинах. Досліджуваний об'єкт розміщується між обкладинками такого конденсатора, наприклад об'єктом може бути таблетка, а сам конденсатор приєднується до коливального контуру і до електронному генератору, при цьому вимірюється власна частота отриманого контуру, і по вимірної частоті «обчислюється» ємність, отримана при внесенні досліджуваного зразка.

Безумовно, даний метод має і деякі недоліки, наприклад при вологості зразка нижче 0.5% він буде неточним, крім того, вимірюваний зразок повинен бути очищений від часток, що мають високу діелектричну проникність, до того ж важлива і форма зразка в процесі вимірювань, вона не повинна змінюватися в ході дослідження.

Третій тип ємнісного датчика вологості - це ємнісний тонкоплівковий гігрометр. Він включає в себе підкладку, на яку нанесені два гребінчастих електрода. Гребінчасті електроди грають в даному випадку роль обкладок. З метою термокомпенсації в датчик додатково вводять ще й два термодатчика.

### Резистивний датчик вологості

Такий датчик включає в себе два електроди, які нанесені на підкладку, а поверх на самі електроди нанесено шар матеріалу, який відрізняється досить малим опором, сильно, проте, змінним залежно від вологості.

Відповідним матеріалом в пристрої може виступати оксид алюмінію. Даний оксид добре поглинає з зовнішнього середовища воду, при цьому питомий опір його помітно змінюється. В результаті загальний опір ланцюга вимірювання такого датчика буде значно залежати від вологості. Так, про рівень вологості свідчатиме величина струму, що протікає. Гідність датчиків такого типу - мала їх ціна.

### Термісторний датчик вологості

Термісторний гігрометр складається з пари однакових термісторів. До слова нагадаємо, що термістор - це нелінійний електронний компонент, опір якого сильно залежить від його температури.

Один з включених в схему термісторів розміщують в герметичній камері з сухим повітрям. А інший - в камері з отворами, через які в неї вступає повітря з характерною вологістю, яку потрібно виміряти. Термістори з'єднують по мостовій схемі, на одну із діагоналей моста подається напруга, а з іншої діагоналі зчитують показання.

У разі, коли напруга на вихідних клеммах дорівнює нулю, температури обох компонентів рівні, отже однакова і вологість. У разі, коли на виході буде отримано не нульове напруга, то це свідчить про наявність різниці вологостей в камерах. Так, за значенням отриманого при вимірах напруги визначають вологість.

У недосвідченого дослідника може виникнути справедливе запитання, чому ж температура термістора змінюється при його взаємодії з вологим повітрям? А справа вся в тому, що при збільшенні вологості, з корпусу термістора починає випаровуватися вода, при цьому температура корпусу зменшується, і чим вище вологість, тим інтенсивніше відбувається випаровування, і тим стрімкіше остигає термістор.

## Оптичний (конденсаційний) датчик вологості

Цей вид датчиків найбільш точний. В основі роботи оптичного датчика вологості - явище пов'язаної із поняттям «точка роси». У момент досягнення температурою точки роси, газоподібна і рідка фази - в умови термодинамічної рівноваги.

Так, якщо взяти скло, і встановить в газоподібному середовищі, де температура в момент дослідження вище точки роси, а потім почати процес охолодження даного скла, то при конкретному значенні температури на поверхні скла почне утворюватися водяний конденсат, це водяна пара стане переходити в рідку фазу. Дана температура і буде якраз точкою роси.

Так ось, температура точки роси нерозривно пов'язана і залежить від таких параметрів як вологість і тиск в навколишньому середовищі. В результаті, маючи можливість вимірювання тиску і температури точки роси, вийде легко визначити і вологість. Цей принцип є основою для функціонування оптичних датчиків вологості.

Найпростіша схема такого датчика складається з світлодіода, що світиться на дзеркальну поверхню. Дзеркало ж відбиває світло, змінюючи його напрям, і направляючи на фотодетектор. В даному випадку дзеркало можна підігрівати або охолоджувати за допомогою спеціального пристрою регулювання температури високої точності. Часто таким пристроєм виступає термоелектричний насос. Звичайно ж, на дзеркало встановлюють датчик для вимірювання температури.

Перш ніж почати вимірювання, температуру дзеркала виставляють на значення, яке свідомо вище температури точки роси. Далі здійснюють поступове охолодження дзеркала. У момент, коли температура почне перетинати точку роси, на поверхні дзеркала тут же почнуть конденсуватися краплі води, і світловий промінь від діода пріломітеться через них, розсіється, а це призведе до зменшення струму в ланцюзі фотодетектора. Через зворотний зв'язок фотодетектор взаємодіє з регулятором температури дзеркала.

Так, спираючись на інформацію, отриману в формі сигналів від фотодетектора, регулятор температури стане утримувати температуру на поверхні дзеркала точно

рівною точці роси, а термодатчик відповідно покаже температуру. Так, при відомих тиску і температурі можна точно визначити основні показники вологості.

Оптичний датчик вологості має найвищу точність, недосяжною іншими типами датчиків, плюс відсутність гістерезису. Недолік - найвища ціна з усіх, плюс велике споживання електроенергії. До того ж необхідно стежити за тим, щоб дзеркало було чистим.

### Гігрометр електронний

Принцип роботи електронного датчика вологості повітря заснований на зміні концентрації електроліту, що покриває собою будь- електроізоляційний матеріал. Існують такі прилади з автоматичним підігрівом з прив'язкою до точки роси.

Часто точка роси вимірюється над концентрованим розчином хлориду літію, який є дуже чутливим до мінімальних змін вологості. Для максимальної зручності такий гігрометр часто додатково обладнають термометром. Цей прилад має високу точність і малої похибкою. Він здатний вимірювати вологість незалежно від температури навколишнього середовища.[7]

### Висновки

На основі оглянутих мною методів вимірювання кратності повітрообміну температури повітря та вологості повітря мною було обрано такі датчики для розробки системи:

- Крильчастий вентилятор який виділяє напругу в залежності від швидкості повітря
- Ємнісний датчик вологості.

## Розділ 2 Розробка та аналіз структурної схеми

### 2.1 Розробка структурної схеми

На основі проведеного огляду і аналізу технічних рішень була розроблена структурна схема Модуля МПВ (Рисунок 2.1).

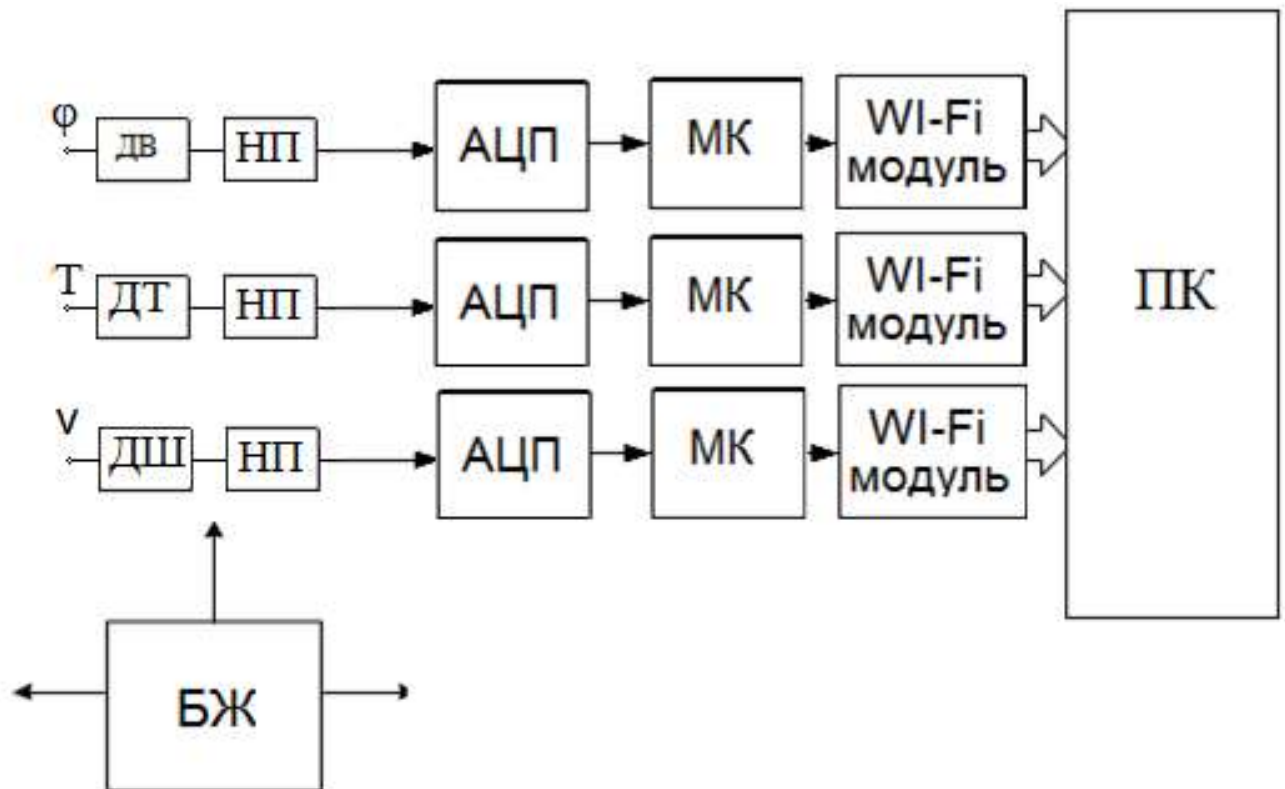


Рис 2.1 Структурна схема модуля

На схемі позначено:

ДШП-датчик швидкості повітря

ДТ-датчик температури

ДВ-датчик вологості

АЦП аналого-цифровий перетворювач часу;

МК – мікроконтролер;

Wi-Fi модуль

БЖ-блок живлення

ПК-Персональний комп'ютер

НП- нормуючий пристрій



## Датчик швидкості повітря

Датчик швидкості повітря це осьовий вентилятор в основі якого лежить індуктивна котушка та закон Фарадея: при обертанні індуктивної котушки з'являється едс яка пропорційна швидкості повітря.

## Датчик вологості та температури

Було обрано цифровий датчик DHT22 який вимірює температуру і вологість повітря, результати вимірювання якого поступають на мікроконтролер. Це датчик ємнісного типу чутливим елементом якого є полімерний конденсатор

## АЦП

12 розрядний з опорною напругою 3.3 В. Чутливість такого ацп визначена

$$a = \frac{U_{оп}}{2^N}, B \quad (2.1)$$

За формулою 2.1 та становить  $3,3/4096 = 0.81$  мВ тобто має роздільну здатність між двома схидами значень  $0.81$  мВ

Ацп перетворює вхідну аналогову величину напруги в цифрову напругу для подальшого перетворення

## Мікроконтролер

Програмований мікроконтролер STM32 призначений для перетворення коду в швидкість повітря якій відповідає, яка визначена за градуванням нашого датчика еталонним приладом

## Wi FI модуль

Wi FI модуль ESP32 який містить в собі мікроконтролер та один 16 розрядний ацп служить для передачі даних на ПК через вайфай

## Принцип роботи схеми

На датчик швидкості повітря поступає вимірювальний потік, на виході датчика отримуємо відповідну напругу яка виникає в результаті обертання магнітної котушки в однорідному магнітному полі виникає едс.

АЦП фіксує данну напругу та перетворює її в код для подальшої обробки.

Мікроконтролер за апроксимованою залежністю вхідної напруги від швидкості повітря створює в цифровому значенні шукану швидкість.

## 2.2 Структурний розрахунок похибки

Так як в системі вимірюється 3 параметра двома каналами то похибка буде розраховуватися відмінно для кожного каналу

Похибка вимірювання буде становити суму похибок складових частин приладу, що безпосередньо беруть участь у процедурі виміру для кожного каналу:

$$\gamma_{ЗС} = \gamma_{АЦП} + \gamma_{ДШП} + \gamma_{МК} \quad (2.2)$$

де  $\gamma_{ДШП}$  - похибка калібровки датчика;

$\gamma_{МК}$  - похибка мікроконтролера яка враховує похибку апроксимації калібровки.

$\gamma_{АЦП}$  - похибки АЦП .

Проаналізуємо похибки наведеної структурної схеми (Рисунок 2.1).

Сформований інтервал часу повинен квантуватись імпульсами високої частоти для забезпечення заданої в структурному розрахунку похибки квантування.

Діапазон Напруги : 0-3.3В

Так як АЦП має 12 розрядів то

Похибка яку забезпечує 12 ацп - лічильник:

$$\gamma_{кв} = \frac{1}{2^n} \times 100\% = \frac{1}{2^{12}} \times 100 = 0.02441\%;$$

$$\gamma_{ЗС} = \gamma_{АЦП} + \gamma_{Д} + \gamma_{МК} = 0.0015\% + 0.02441\% +$$

### Канал 2

Похибка вимірювання буде становити суму похибок складових частин приладу, що безпосередньо беруть участь у процедурі виміру для кожного каналу:

$$\gamma_{ЗС} = \gamma_{АЦП} + \gamma_{Д} \quad (2.3)$$

де  $\gamma_{Д}$  - похибка датчика;

$\gamma_{АЦП}$  - похибки АЦП .

Проаналізуємо похибки наведеної структурної схеми

Задамо  $\gamma_{МК} = 0.0015\%$

Так як АЦП має 12 розрядів то

Похибка яку забезпечує 12 ацп - лічильник:

$$\gamma_{\kappa\epsilon} = \frac{1}{2^n} \times 100\% = \frac{1}{2^{12}} \times 100 = 0.02441\%;$$

$$\gamma_{\text{ДТ}} = 0.4\%$$

$$\gamma_{\text{ДВ}} = 2\%$$

*Сумарна похибка вимірювання Температури:*

$$\gamma_T = \gamma_{\text{АЦП}} + \gamma_{\text{ДТ}} = 0.0244 + 0.4 = 0.4244\%$$

*Сумарна похибка вимірювання Вологості:*

$$\gamma_B = \gamma_{\text{АЦП}} + \gamma_{\text{ДТ}} = 0.0244 + 2 = 2.0244\%$$

## 2.3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКА

Калібрування датчика проводилось еталонними анемометром та вольтметром з похибкою що впливають на точність калібровки

Анемометр -

Вольтметр-

Принцип калібровки був реалізований таким чином виміряно штучний невідомий потік еталонним анемометром. Далі цей самий вже відомий потік виміряли датчиком що калібрується і отримали залежність швидкості повітря від напруги яка генерується датчиком.

Результати вимірювань наведені в таблиці

Таблиця 2.1

$U :=$	$V :=$
0.611	1.5
0.679	2.5
0.821	2.8
0.904	3.1
1.057	3.4
1.099	3.6
1.542	4.2
1.654	5
1.855	6.5
2.09	8.5
2.17	10

Так було обрано 4 вида апроксимації за якими можливо буде вимірюватись швидкість та розраховані їхні парамети

Лінійна  $yL(x) := 0.2 \cdot x + 0.4438$

Степенева -  $yP(x) := 0.481817 \cdot x^{(0.69521)}$

Логарифмічна -  $yL(x) := 1.155 \cdot \ln(x \cdot 0.758)$

Експоненціальна  $yE(x) := 0.805684 \cdot (e^{x \cdot 0.111})$

Та за середньквдратичним відхиленням(RMSE)

$$RMS = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2} \quad (2.4)$$

було врахувано найточнішу апроксимацію

RMSElinear=0.18 RMSEPower=0.16 RMSLogarithm=0.11 RMSEexponential=0.23

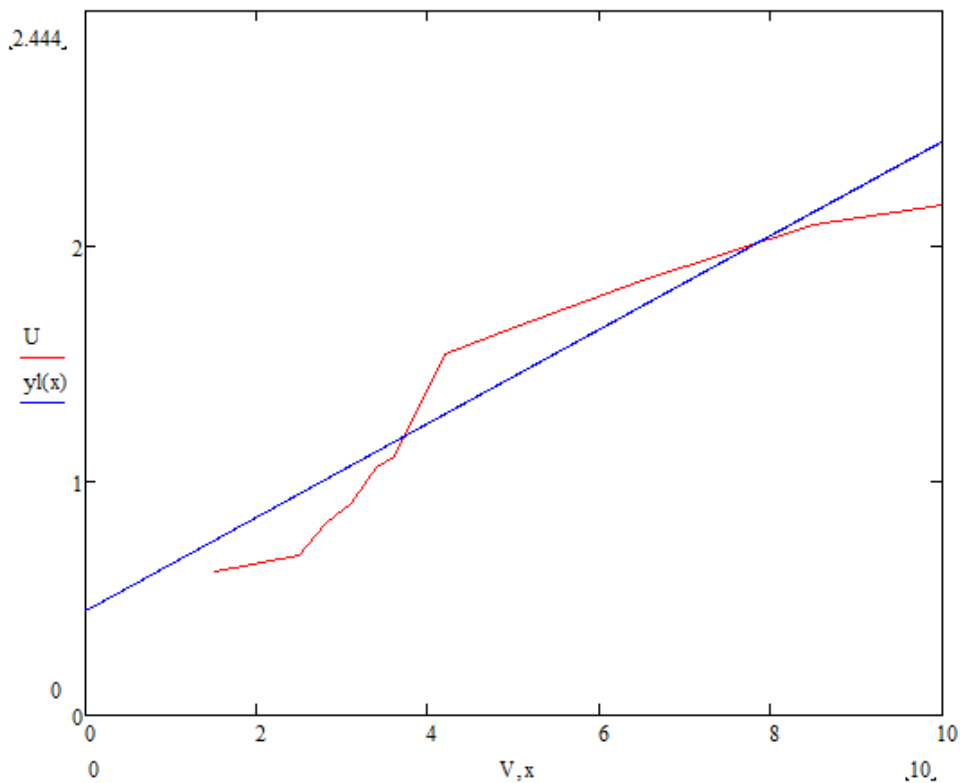


Рис 3.1 Лінійна апроксимація

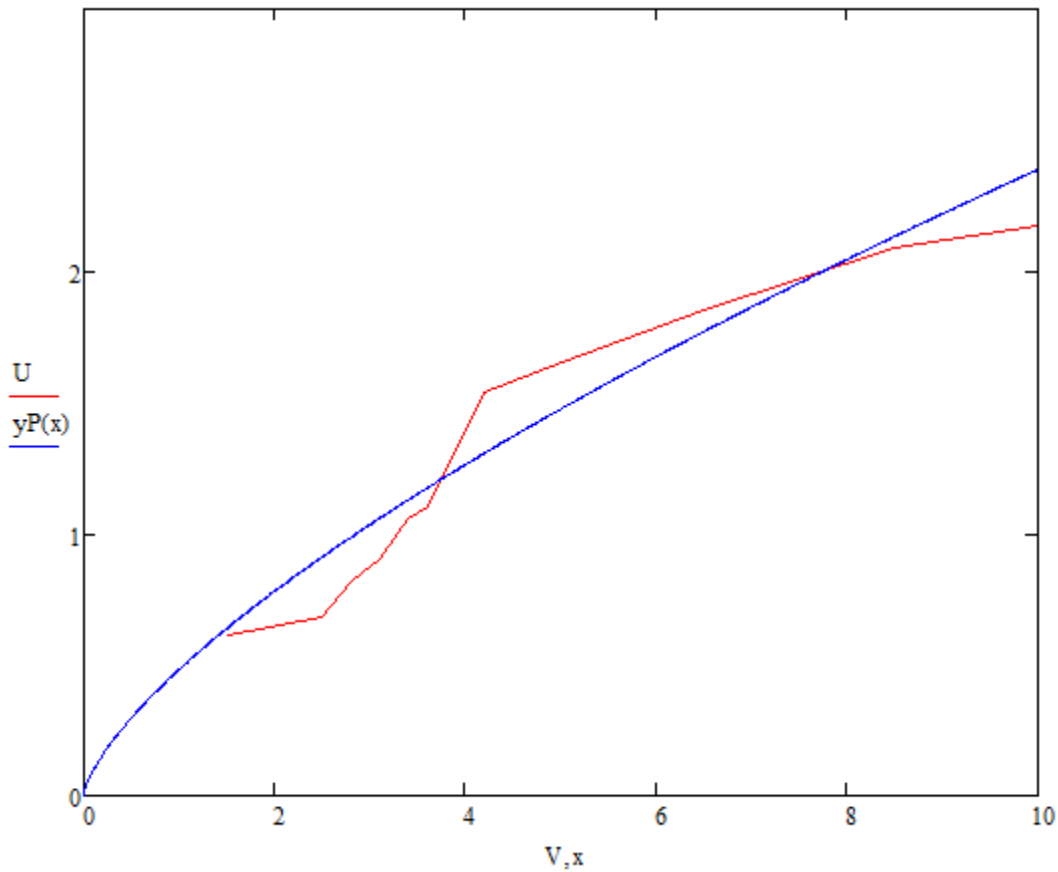


Рис 3.2 Степева апроксимація

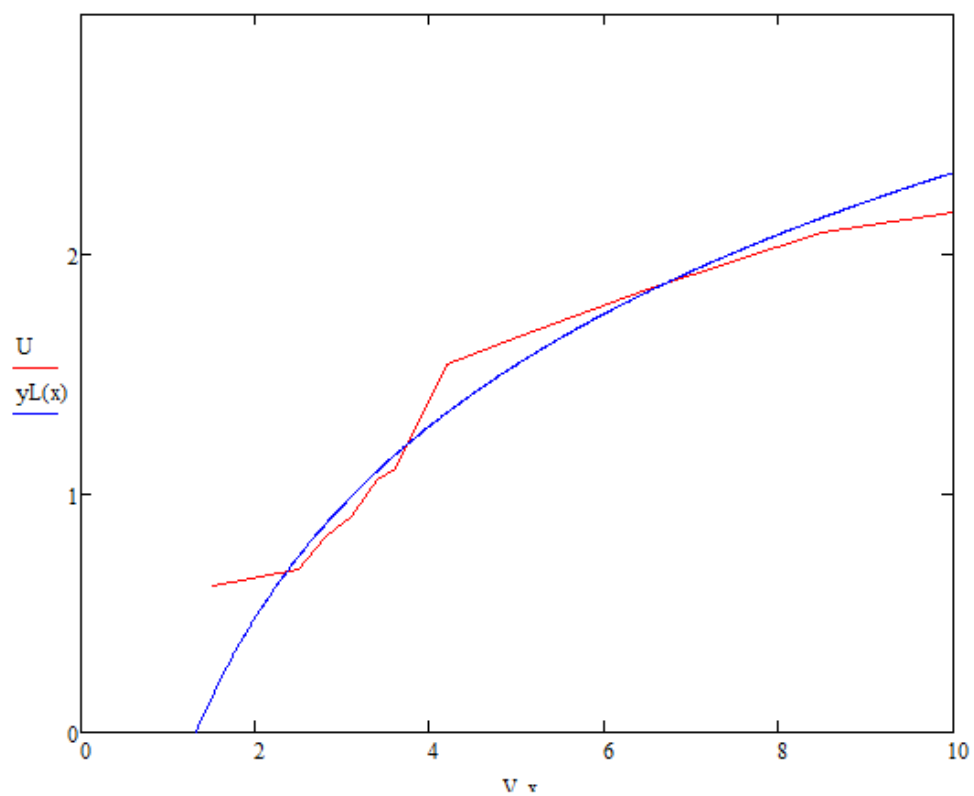


Рис 3.3 Логарифмічна Апроксимація

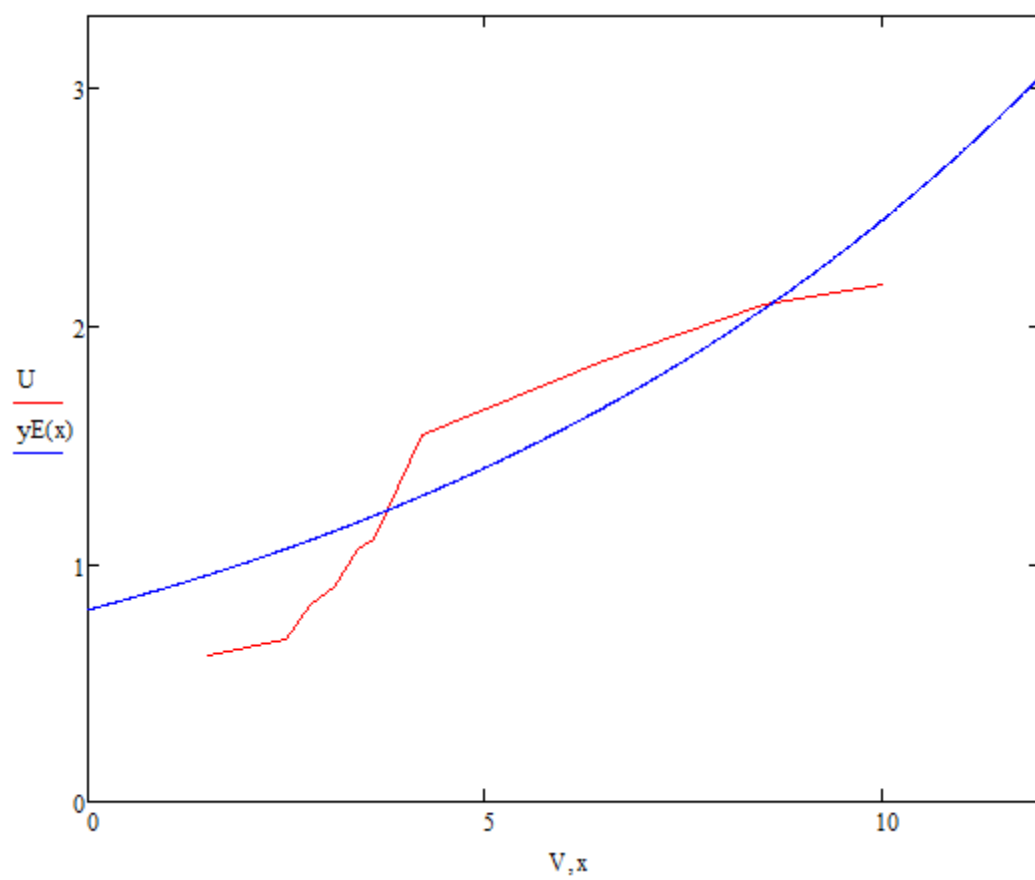


Рис 3.4 Експоненціальна апроксимація

## Висновок

На основі графічного та математичного аналізу було встановлено що найточнішою апроксимацією являється логарифмічна тому в мікроконтролері буде задана залежність вихідної величини від вхідної за формулою знайденою цією апроксимацією, а саме

$$yL(x) := 1.155 \cdot \ln(x - 0.758)$$

Та визначено похибку датчика швидкості повітря  $\gamma_{дшп} =$

Та датчиків температури та вологості повітря

$$\gamma_T = 0.4244\%$$

$$\gamma_B = 2.0244\%$$

Розроблено два окремих модуля моніторингу параметрів вентиляції та за допомогою вайфай модуля зведено їх в одну систему та приєднано до ПК.



### Розділ 3 Розробка і розрахунок принципової схеми датчиків

#### 3.1 Розробка і розрахунок окремих елементів датчика швидкості повітря

##### Датчик перетворення швидкості повітря в напругу

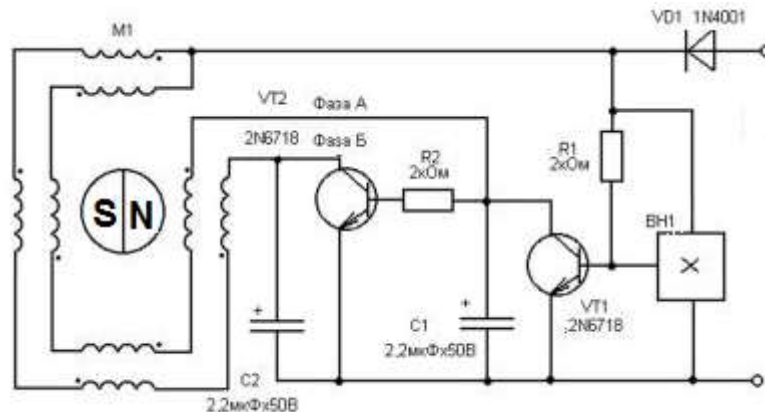


Рис. 3.1- принципова схема датчику швидкості

На рисунку 3.1 наведена схема датчика. На статорі двигуна розташовані чотири ідентичні котушки, які містять по  $n$  витків. Намотані вони складеним удвічі проводом. Залежно від кутового положення датчика Холла щодо ротора, на виході датчика буде низький або високий рівень напруги.

Якщо рівень високий, то відкритий транзистор  $VT1$ ,  $VT2$  закритий, і через обмотки групи А протікає струм. Ротор обертається, разом з ним повертається і його магнітне поле. Коли рівень сигналу на виході  $BH1$  зміниться низьким,  $VT1$  закриється, а  $VT2$  відкриється, пропускаючи струм в групу обмоток Б. Ротор обертається далі, ток знову перемикається в обмотки групи А, і процес повторюється знову і знову.

У моменти перемикання струму на обмотках двигуна виникають викиди напруги (завдяки явищу самоіндукції). Для зменшення цих викидів паралельно ділянкам колектор-емітер транзисторів  $VT1$  і  $VT2$  підключені конденсатори  $C1$  і  $C2$ . Діод на вході захищає решту схему від пошкоджень в разі неправильного підключення живлення.

## Мікроконтролер

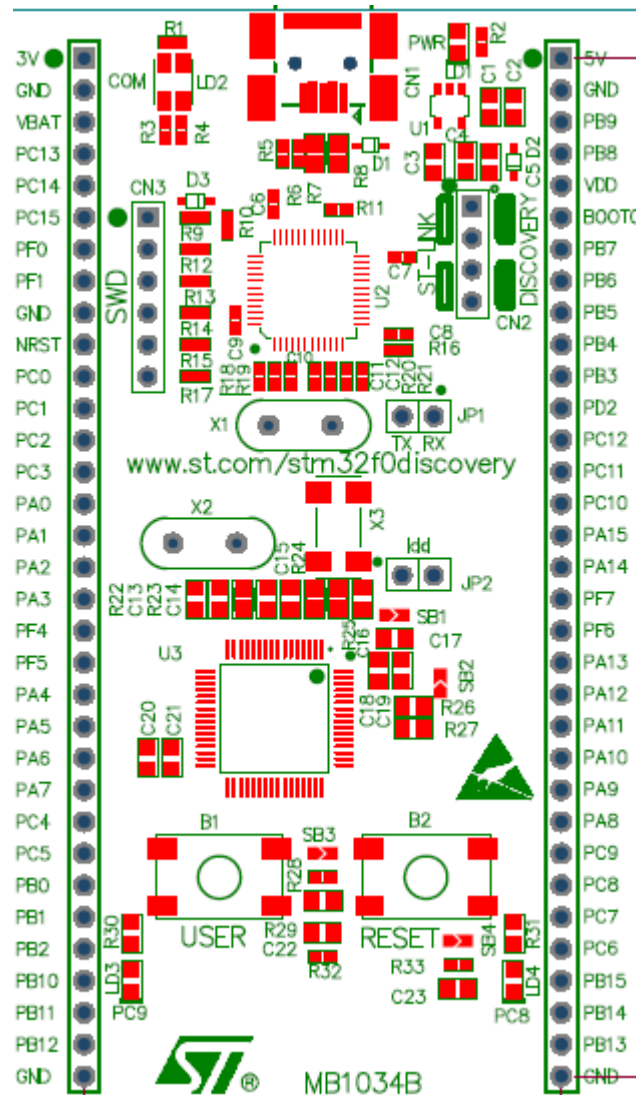


Рис. 3.2- розпіновка модуля Stm32F0discovery

- мікроконтролер: STM32F051R8T6 (Cortex M0, 48МГц, flash 64Кб, RAM 8Кб);
- вбудований ST-link / V2, який можна використовувати окремо від плати;
- живлення від USB або від зовнішнього джерела 3 / 5В;
- 4 світлодіода і 2 кнопки;
- інтерфейси: USART, SPI, I2C, HDMI;
- таймери 16 і 32 біт;
- все виходи виведені на дві однорядних гребінки.

## Wi-Fi модуль

Реалізований на основі мікроконтролеру ESP32 в який інтегровано модуль вайфаю

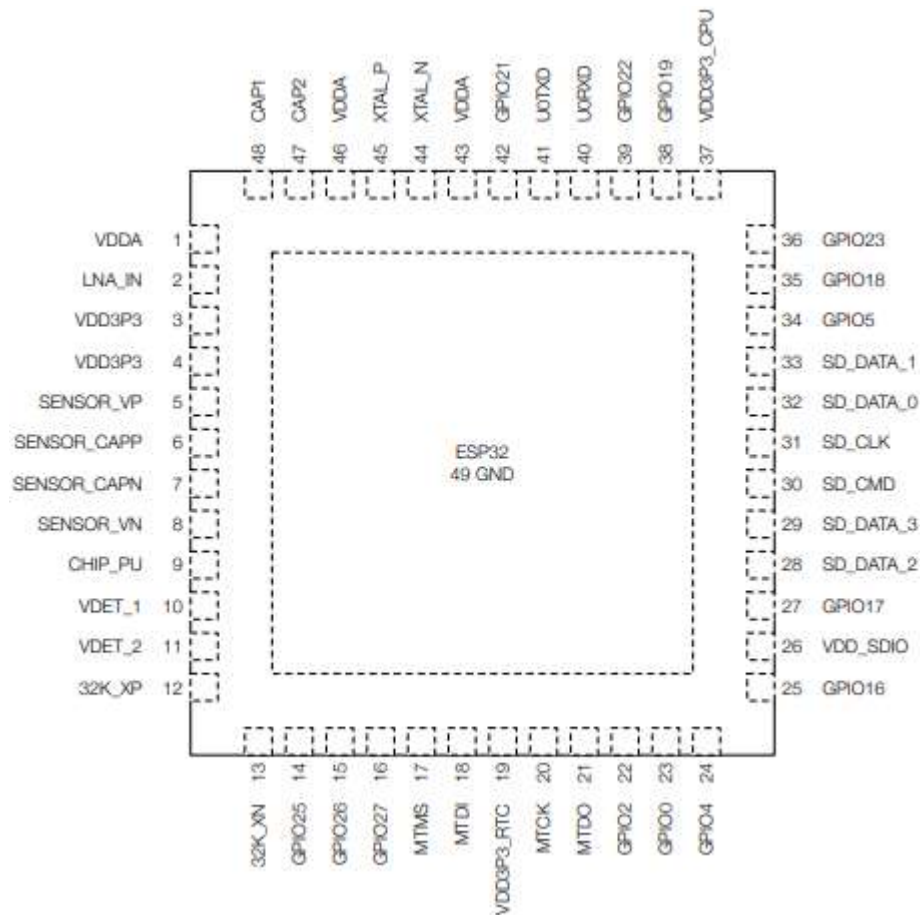


Рис 3.2- розпіновка модуля ESP32

Модуль містить в собі

- Wi-Fi: 802.11 b / g / N
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE
- Память: 520 КБ памяти SRAM

Мікроконтролер реалізований на базі ядра Tensilica Xtensa LX6

Та периферійно можна підключити 12-розрядний АЦП до 18 каналів.

- живлення від 3.3В що повністю задовільняє STM32

### 3.2 Розробка і розрахунок окремих елементів датчика вологості та температури

Цифровий датчик DHT22 температури та вологості має заводську калібровку тому характеристики цього датчика будуть взяті з його документів.

Таблиця 3.1

Напруга Живлення	3.3 V
Точність вимірювання відносної вологості	$\pm 2 \%$
Точність вимірювання температури	$<\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (1%)
Діапазон вимірювання температури	$-40^{\circ}\text{C} \dots +120^{\circ}\text{C}$
Діапазон вимірювання відносної вологості	0 % ... 100 %
Кількість виходів	4
Мінімальний період вимірювання	2 s

Таблиця 3.1 Технічна характеристика DHT22

Вимірювальний елемент полімерний конденсатор що являється найнадійнішим серед конденсаторів до температури 85C але таких температур в системі вентиляції бути не може.

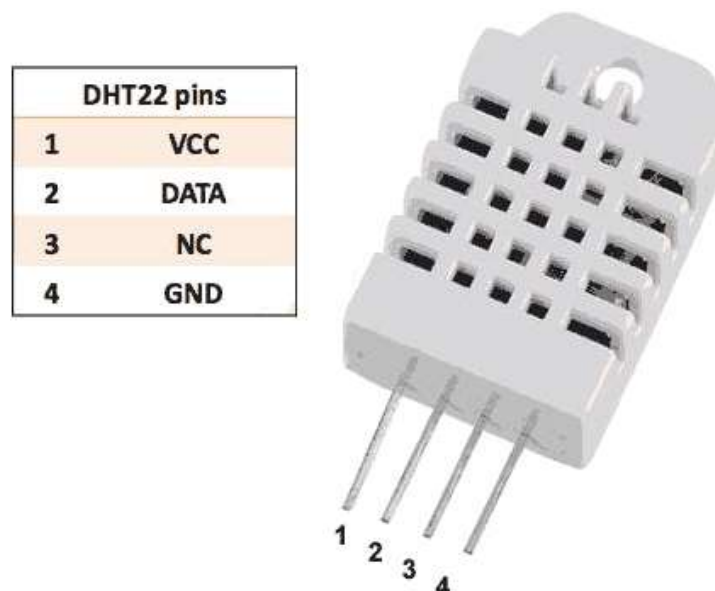


Рис. 3.3 Розпіновка датчика DHT22

1 Живлення

2 Вихідний цифровий сигнал

3 Не використовується

4 Земля

Датчик підключається до мікроконтролера через резистор 10кОм

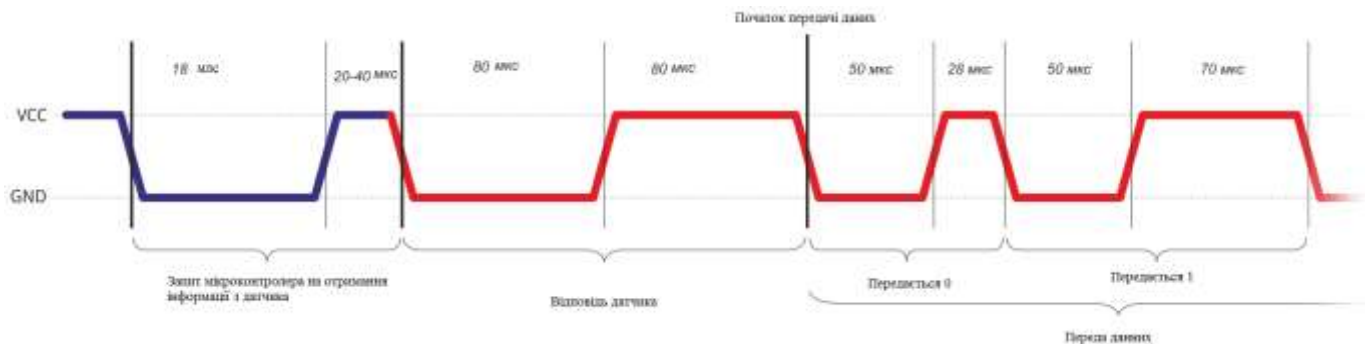


Рис. 3.4 Часова діаграма роботи датчика

### Передача даних

Коли датчик вологості і температури відправляє дані, він спочатку відправляє MSb (Most Significant Bit) - старший значущий біт. Дані від датчика передаються у вигляді посилки, що складаються з 40 біт даних - це 5 байт з яких перших два вологість, наступні 2 температура і байт парності. Байт парності дорівнює сумі попередніх байт. 1 і 2 байт містять відповідно цілу і дробову частину інформації про вологість, 3 і 4 байт містять цілу і дробову частину інформації про температуру. Для датчика DHT11 2-й і 4-й байти завжди нуль. Значення цих байтів полягає в наступному:

1-й байт: відносна вологість - ціла частина в %;

2-й байт: десята частина відносної вологості в % ;

3-й байт: ціла частина температури в ° C;

4-й байт: десята частина температури в ° C ;

5-й байт: контрольна сума (останні 8 біт {1-й байт + 2-й байт + 3-й байт + 4-й байт})

Висновки: Модулі вимірювання швидкості повітря та модуль вимірювання температури та вологості повітря реалізовано на базі плати STM32 через ряд переваг: вбудований АЦП, простота програмування, можливість подальшого використання вимірювань а саме підключення модуля ESP32 та передачу даних на ПК через бездротовий зв'язок.

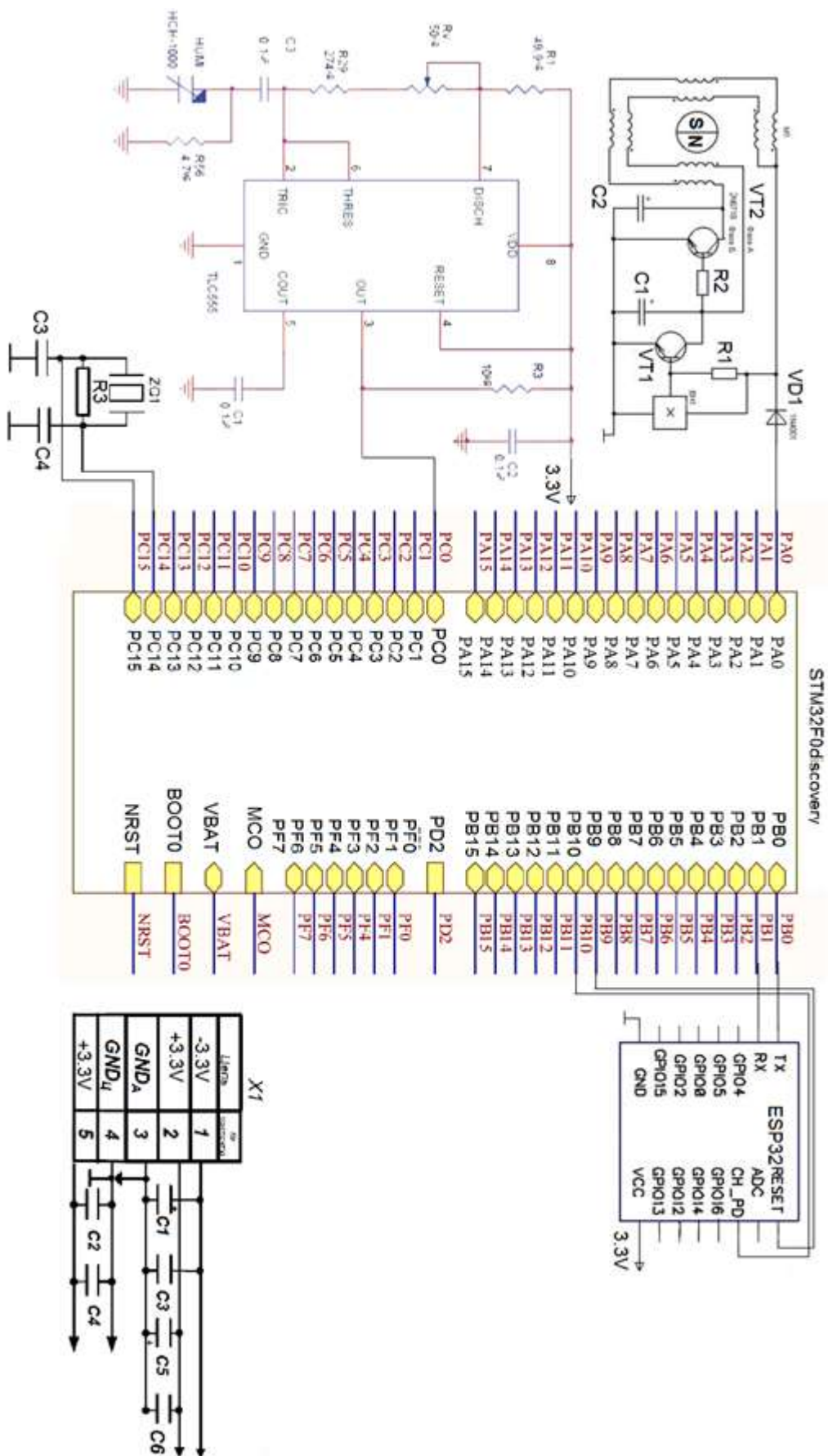


Рис.3.5 Принципова схема системи

## Розділ 4 Розробка програмного компоненту систем

### 4.1 Програмний компонент модуля вимірювання витрат повітря.

Враховуючи розміри повітропроводу або каналу природної вентиляції та швидкості руху повітря вимірюється кількість повітря.

Для початку проведемо ініціалізацію АЦП та потрібних бібліотек

```
#include "stm32f0x.h"
#include "stm32f0x_gpio.h"
#include "stm32f0x_rcc.h"
#include "stm32f0x_usart.h"
#include "stm32f0x_adc.h"
#include "stm32f0x_dma.h"
#include "stm32f0x_tim.h"
#include "misc.h"
volatile char buffer[80] = {'\0'};
volatile short FLAG_ECHO = 0;
void TIM4_IRQHandler(void)
{
    if (TIM_GetITStatus(TIM4, TIM_IT_Update) != RESET)
    {
        FLAG_ECHO = 1;
        TIM_ClearITPendingBit(TIM4, TIM_IT_Update);
    }
}
void usart_init(void)
{
    /* Enable USART1 and GPIOA clock */
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_USART1 |
RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    /* NVIC Configuration */
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
    /* Enable the USARTx Interrupt */
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = USART1_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
    /* Configure the GPIOs */
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    /* Configure USART1 Tx (PA.09) as alternate function push-pull */
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_9;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
```

```

/* Configure USART1 Rx (PA.10) as input floating */
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_10;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
/* Configure the USART1 */
USART_InitTypeDef USART_InitStructure;
/* USART1 configuration -----*/
/* USART1 configured as follow:
    - BaudRate = 115200 baud
    - Word Length = 8 Bits
    - One Stop Bit
    - No parity
    - Hardware flow control disabled (RTS and CTS signals)
    - Receive and transmit enabled
    - USART Clock disabled
    - USART CPOL: Clock is active low
    - USART CPHA: Data is captured on the middle
    - USART LastBit: The clock pulse of the last data bit is not output to
      the SCLK pin
*/
USART_InitStructure.USART_BaudRate = 115200;
USART_InitStructure.USART_WordLength = USART_WordLength_8b;
USART_InitStructure.USART_StopBits = USART_StopBits_1;
USART_InitStructure.USART_Parity = USART_Parity_No;
USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl =
USART_HardwareFlowControl_None;
USART_InitStructure.USART_Mode = USART_Mode_Rx | USART_Mode_Tx;
USART_Init(USART1, &USART_InitStructure);
/* Enable USART1 */
USART_Cmd(USART1, ENABLE);
/* Enable the USART1 Receive interrupt: this interrupt is generated when the
   USART1 receive data register is not empty */
//USART_ITConfig(USART1, USART_IT_RXNE, ENABLE);
}
void USARTSend(const unsigned char *pucBuffer)
{
    while (*pucBuffer)
    {
        USART_SendData(USART1, *pucBuffer++);
        while(USART_GetFlagStatus(USART1, USART_FLAG_TC) == RESET)
        {
        }
    }
}
void SetSysClockTo72(void)

```



```

{
    ErrorStatus HSEStartUpStatus;
    /* SYSCLK, HCLK, PCLK2 and PCLK1 configuration ----- */
    /* RCC system reset(for debug purpose) */
    RCC_DeInit();

    /* Enable HSE */
    RCC_HSEConfig( RCC_HSE_ON);
    /* Wait till HSE is ready */
    HSEStartUpStatus = RCC_WaitForHSEStartUp();
    if (HSEStartUpStatus == SUCCESS)
    {
        /* Enable Prefetch Buffer */
        //FLASH_PrefetchBufferCmd( FLASH_PrefetchBuffer_Enable);

        /* Flash 2 wait state */
        //FLASH_SetLatency( FLASH_Latency_2);
        /* HCLK = SYSCLK */
        RCC_HCLKConfig( RCC_SYSCLK_Div1);

        /* PCLK2 = HCLK */
        RCC_PCLK2Config( RCC_HCLK_Div1);

        /* PCLK1 = HCLK/2 */
        RCC_PCLK1Config( RCC_HCLK_Div2);

        /* PLLCLK = 8MHz * 9 = 72 MHz */
        RCC_PLLConfig(0x00010000, RCC_PLLMul_9);
        /* Enable PLL */
        RCC_PLLCmd( ENABLE);
        /* Wait till PLL is ready */
        while (RCC_GetFlagStatus(RCC_FLAG_PLLRDY) == RESET)
        {
        }

        /* Select PLL as system clock source */
        RCC_SYSCLKConfig( RCC_SYSCLKSource_PLLCLK);
        /* Wait till PLL is used as system clock source */
        while (RCC_GetSYSCLKSource() != 0x08)
        {
        }
    }
    else
    { /* If HSE fails to start-up, the application will have wrong clock configuration.
       User can add here some code to deal with this error */
    }
}

```

```

    /* Go to infinite loop */
    while (1)
    {
    }
}

//=====
=====
volatile uint16_t ADCBuffer[] = {0xAAAA, 0xAAAA, 0xAAAA, 0xAAAA};
void ADC_DMA_init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    ADC_InitTypeDef ADC_InitStructure;
    DMA_InitTypeDef DMA_InitStructure;
    RCC_ADCCLKConfig(RCC_PCLK2_Div6);
    /* Enable ADC1 and GPIOA clock */
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_ADC1 | RCC_APB2Periph_AFIO |
RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_DMA1 , ENABLE );
    DMA_InitStructure.DMA_BufferSize = 4;
    DMA_InitStructure.DMA_DIR = DMA_DIR_PeripheralSRC;
    DMA_InitStructure.DMA_M2M = DMA_M2M_Disable;
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryBaseAddr = (uint32_t)ADCBuffer;
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryDataSize = DMA_MemoryDataSize_HalfWord;
    DMA_InitStructure.DMA_MemoryInc = DMA_MemoryInc_Enable;
    DMA_InitStructure.DMA_Mode = DMA_Mode_Circular;
    DMA_InitStructure.DMA_PeripheralBaseAddr = (uint32_t)&ADC1->DR;
    DMA_InitStructure.DMA_PeripheralDataSize = DMA_PeripheralDataSize_HalfWord;
    DMA_InitStructure.DMA_PeripheralInc = DMA_PeripheralInc_Disable;
    DMA_InitStructure.DMA_Priority = DMA_Priority_High;
    DMA_Init(DMA1_Channel1, &DMA_InitStructure);
    DMA_Cmd(DMA1_Channel1 , ENABLE ) ;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4 | GPIO_Pin_5 | GPIO_Pin_6 |
GPIO_Pin_7;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AIN;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
    ADC_InitStructure.ADC_ContinuousConvMode = ENABLE;
    ADC_InitStructure.ADC_DataAlign = ADC_DataAlign_Right;
    ADC_InitStructure.ADC_ExternalTrigConv = ADC_ExternalTrigConv_None;
    ADC_InitStructure.ADC_Mode = ADC_Mode_Independent;
    ADC_InitStructure.ADC_NbrOfChannel = 4;
    ADC_InitStructure.ADC_ScanConvMode = ENABLE;
    ADC_Init(ADC1, &ADC_InitStructure);

```

```

    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_4, 1,
ADC_SampleTime_7Cycles5);
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_5, 2,
ADC_SampleTime_7Cycles5);
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_6, 3,
ADC_SampleTime_7Cycles5);
    ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_7, 4,
ADC_SampleTime_7Cycles5);
    ADC_Cmd(ADC1 , ENABLE ) ;
    ADC_DMACmd(ADC1 , ENABLE ) ;
    ADC_ResetCalibration(ADC1);
    while(ADC_GetResetCalibrationStatus(ADC1));
    ADC_StartCalibration(ADC1);
    while(ADC_GetCalibrationStatus(ADC1));
    ADC_SoftwareStartConvCmd ( ADC1 , ENABLE ) ;
}
//=====
=====
int main(void)
{
    SetSysClockTo72();
    const unsigned char mytext[] = "";
    //USART
    usart_init();
    USARTSend(mytext);
    //ADC
    ADC_DMA_init();
    // TIMER4
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIMER_InitStructure;
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM4, ENABLE);
    TIM_TimeBaseStructInit(&TIMER_InitStructure);
    TIMER_InitStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIMER_InitStructure.TIM_Prescaler = 7200;
    TIMER_InitStructure.TIM_Period = 5000;
    TIM_TimeBaseInit(TIM4, &TIMER_InitStructure);
    TIM_ITConfig(TIM4, TIM_IT_Update, ENABLE);
    TIM_Cmd(TIM4, ENABLE);
    /* NVIC Configuration */
    /* Enable the TIM4_IRQn Interrupt */
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = TIM4_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);

```

```

while (1)
{
    if (FLAG_ECHO == 1) {
        sprintf(buffer, "\r\n%d : %d : %d : %d\r\n", ADCBuffer[0], ADCBuffer[1],
ADCBuffer[2], ADCBuffer[3]);
        USARTSend(buffer);
        FLAG_ECHO = 0;
    }
}

```

Далі для обробки даних та множення їх на апроксимоване значення калібрування датчика

//получить напряжение канала l PA1

```
uint16_t get_Lchannel(void)
```

```

{
    extern int lch;
    // стартуем для проверки чтение данных с канала АЦП, левый канал
    ADC_ChannelConfTypeDef sConfig;
    //HAL_ADC_Stop(&hadc1);
    sConfig.Rank = 1;
    sConfig.SamplingTime = ADC_SAMPLETIME_1CYCLE_5;
    sConfig.Channel = ADC_CHANNEL_5;      HAL_ADC_ConfigChannel(&hadc1,
&sConfig);
    HAL_ADC_Start(&hadc1);
    HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1,1);
    newADCR1 = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
    lch = newADCR1; //берем и отдаем сырые данные
    return lch;
}

```

```
void inbufflwrite(int cdata)
```

```

{
    int ibr;
    int iamp;
    for(ibr=(inbufflen-1);ibr>0;ibr--)
    {
        inbufflch[ibr]=inbufflch[ibr-1];
    }
    inbufflch[0]= cdata - 2047 + 60;
}

```

```
void Bfilter(void)
```

```

{
    int si;
    int stmp=0;
    for (si = 0;si < inbufflen; si++)
    {

```

```

    stmp += (1.55] * ln([si]*0.758)
    OutB=stmp;
}

```

Далі підключаємо модуль ESP32

```

#define ESP_GPIO15_Pin GPIO_PIN_4
#define ESP_GPIO15_GPIO_Port GPIOA
#define ESP_GPIO2_Pin GPIO_PIN_6
#define ESP_GPIO2_GPIO_Port GPIOA
#define ESP_GPIO0_Pin GPIO_PIN_0
#define ESP_GPIO0_GPIO_Port GPIOB
#define ESP_RST_Pin GPIO_PIN_10
#define ESP_RST_GPIO_Port GPIOA
#define ESP_EN_Pin GPIO_PIN_11
#define ESP_EN_GPIO_Port GPIOA
#define SENS_ON_Pin GPIO_PIN_15
#define SENS_ON_GPIO_Port GPIOA
#define WiFi_On_Pin GPIO_PIN_3
#define WiFi_On_GPIO_Port GPIOB
#define MAXANSWERLENGTH 500
uint8_t ESP_Answer[MAXANSWERLENGTH];
volatile uint16_t ESP_AnswerWritePoint = 0;
volatile uint16_t ESP_TotalReadByteCounter = 0;
bool WiFiConnectionResult = false;
const char DEFAULT_SSID[] = "MY_SSID"; // Назва Wi-Fi,
const char DEFAULT_PASS[] = "MY_PASS"; // Пароль від Wi-Fi
const char DEFAULT_SERVER[] = "www.xxx.yyy.zzz"; // Сервер, на якому будуть
зберігатися дані
const char DEFAULT_PORT[] = "xxxx"; // Порт сервера
UART_HandleTypeDef huart2;
uint8_t CurrentRXByte;
huart2.Instance = USART2;
huart2.Init.BaudRate = 115200;
huart2.Init.WordLength = UART_WORDLENGTH_8B;
huart2.Init.StopBits = UART_STOPBITS_1;
huart2.Init.Parity = UART_PARITY_NONE;
huart2.Init.Mode = UART_MODE_TX_RX;
huart2.Init.HwFlowCtl = UART_HWCONTROL_NONE;
huart2.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
huart2.Init.OneBitSampling = UART_ONEBIT_SAMPLING_DISABLED;
huart2.AdvancedInit.AdvFeatureInit =
UART_ADVFEATURE_RXOVERRUNDISABLE_INIT |
UART_ADVFEATURE_DMADISABLEONERROR_INIT;
huart2.AdvancedInit.OverrunDisable = UART_ADVFEATURE_OVERRUN_DISABLE;

```

```

huart2.AdvancedInit.DMADisableonRxError =
UART_ADVFEATURE_DMA_DISABLEONRXERROR;
HAL_UART_Init(&huart2);
void HAL_UART_ErrorCallback(UART_HandleTypeDef *huart)
{
    HAL_UART_Receive_IT(&huart2, (uint8_t *)&CurrentRXByte, 1); // Continue receiving
}
void HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *UartHandle)
{
    ESP_Answer[ESP_AnswerWritePoint] = CurrentRXByte;
    if (ESP_AnswerWritePoint < MAXANSWERLENGTH - 1) ESP_AnswerWritePoint++;
    else ESP_AnswerWritePoint = 0;
    ESP_TotalReadByteCounter++;
    HAL_UART_Receive_IT(&huart2, (uint8_t *)&CurrentRXByte, 1); // Continue receiving
}
int putchar(int data)
{
    HAL_UART_Transmit(&huart2, (uint8_t *)&data, 1, 20);
    return data;
}
bool DelayWithExam(char const *ExpectedText, uint16_t DelayInSec)
{
    uint8_t counter = 0;
    while ((strstr(ESP_Answer, ExpectedText) == NULL) && (counter < DelayInSec))
    {
        HAL_Delay(1000);
        counter++;
    }
    if (counter == DelayInSec)
        return false;
    else return true;
}
bool ESP_WakeUp(char const *SSID, char const *Pass)
{
    HAL_GPIO_WritePin(ESP_EN_GPIO_Port, ESP_EN_Pin, GPIO_PIN_RESET); //
Disable ESP-12
    HAL_Delay(200);
    HAL_GPIO_WritePin(WiFi_On_GPIO_Port, WiFi_On_Pin, GPIO_PIN_RESET); //
Power off ESP-12
    HAL_Delay(1000);
    // Set ESP bootloader mode to Flash Startup
    HAL_GPIO_WritePin(ESP_GPIO15_GPIO_Port, ESP_GPIO15_Pin,
GPIO_PIN_RESET); // Tie GPIO15 to GND
    HAL_GPIO_WritePin(ESP_GPIO0_GPIO_Port, ESP_GPIO0_Pin, GPIO_PIN_SET); //
Tie GPIO0 to VCC

```

```

HAL_GPIO_WritePin(ESP_GPIO2_GPIO_Port, ESP_GPIO2_Pin, GPIO_PIN_SET); //
Tie GPIO2 to VCC
HAL_Delay(200); // ms
HAL_GPIO_WritePin(WiFi_On_GPIO_Port, WiFi_On_Pin, GPIO_PIN_SET); // Power
on ESP-12
HAL_Delay(1000);
HAL_GPIO_WritePin(ESP_EN_GPIO_Port, ESP_EN_Pin, GPIO_PIN_SET); // Enable
ESP-12
HAL_Delay(500);
ESP_Answer_Clear();
HAL_GPIO_WritePin(ESP_RST_GPIO_Port, ESP_RST_Pin, GPIO_PIN_RESET); //
Reset ESP-12
HAL_Delay(1000);
ESP_Answer_Clear();
HAL_GPIO_WritePin(ESP_RST_GPIO_Port, ESP_RST_Pin, GPIO_PIN_SET);
HAL_Delay(1000);
HAL_UART_Receive_IT(&huart2, &CurrentRXByte, 1); // Start receiving
ESP_Answer_Clear();
printf("AT+CWMODE=3\r\n");
if (!DelayWithExam("WIFI GOT IP", 25))
{
    ESP_Answer_Clear();
    printf("AT+RST\r\n");
    if (!DelayWithExam("WIFI GOT IP", 25))
    {
        ESP_Answer_Clear();
        printf("AT+CWJAP=\"%s\", \"%s\"\r\n", SSID, Pass);
        if (!DelayWithExam("WIFI GOT IP", 25))
            return false;
        else return true;
    }
    else return true;
}
else return true;
}

```

4.2 Програмний компонент модуля вимірювання температури та вологості.  
Ініціалізація АЦП та модуля вайфай буду аналогічною до попереднього пункту, але зважаючи на те що датчик DHT22 потрібно ініціювати в STM32 то

```
// DHT Temperature & Humidity Sensor
// Unified Sensor Library Example
// Written by Tony DiCola for Adafruit Industries
// Released under an MIT license.

// Depends on the following Arduino libraries:
// - Adafruit Unified Sensor Library: https://github.com/adafruit/Adafruit\_Sensor
// - DHT Sensor Library: https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#define DHTPIN      2      // Pin which is connected to the DHT sensor.
// Uncomment the type of sensor in use:
#define DHTTYPE      DHT11   // DHT 11
// #define DHTTYPE      DHT22   // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE      DHT21   // DHT 21 (AM2301)

// See guide for details on sensor wiring and usage:
// https://learn.adafruit.com/dht/overview

DHT_Unified dht(DHTPIN, DHTTYPE);

uint32_t delayMS;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // Initialize device.
  dht.begin();
  Serial.println("DHTxx Unified Sensor Example");
  // Print temperature sensor details.
  sensor_t sensor;
  dht.temperature().getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.println("Temperature");
  Serial.print ("Sensor:   "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver: "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID:  "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value:  "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println(" *C");
  Serial.print ("Min Value:  "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println(" *C");
  Serial.print ("Resolution: "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println(" *C");
  Serial.println("-----");
```



```

// Print humidity sensor details.
dht.humidity().getSensor(&sensor);
Serial.println("-----");
Serial.println("Humidity");
Serial.print ("Sensor: "); Serial.println(sensor.name);
Serial.print ("Driver Ver: "); Serial.println(sensor.version);
Serial.print ("Unique ID: "); Serial.println(sensor.sensor_id);
Serial.print ("Max Value: "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println("%");
Serial.print ("Min Value: "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println("%");
Serial.print ("Resolution: "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println("%");
Serial.println("-----");
// Set delay between sensor readings based on sensor details.
delayMS = sensor.min_delay / 1000;
}

void loop() {
  // Delay between measurements.
  delay(delayMS);
  // Get temperature event and print its value.
  sensors_event_t event;
  dht.temperature().getEvent(&event);
  if (isnan(event.temperature)) {
    Serial.println("Error reading temperature!");
  } else {
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(event.temperature);
    Serial.println(" *C");
  }
  // Get humidity event and print its value.
  dht.humidity().getEvent(&event);
  if (isnan(event.relative_humidity)) {
    Serial.println("Error reading humidity!");
  } else {
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(event.relative_humidity);
    Serial.println("%");
  }
}

```

## Розділ 5 Розробка стартап проекту «Система моніторингу параметрів вентиляції»

### 5.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах систему та методи моніторингу параметрів було виявлено, що використання бездротової передачі даних, дозволяє швидко та безперервно наглядати за зміною параметрів в комп'ютері або смартфоні. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту даної системи як товару. Система дає змогу спостерігати за екологічним становищем в кімнаті.

Ідея проекту полягає у створенні системи, яка здатна проводити вимірювання, аналіз та передачу даних виміряних в системі, що уточнено наведено в таблиці 5.1.

У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення системи для моніторингу параметрів вентиляції	Екологія	Контроль важливих параметрів для людини онлайн
	Діагностика система	Знаходження пошкоджень або несправності роботи вентиляції

Отже, пропонується новий спосіб нагляду та контролю над важливими для життєдіяльності параметрами. Це дозволяє безперервно моніторити параметри в смартфоні та ПК, що призводить до зменшення часових, технічних та економічних витрат.

## Склад команди

Таблиця 1 – Спеціальність та роль членів команди

Спеціальність	Роль
Інженер-Технолог	Генератор ідей
Інженер-Метролог	Спеціаліст
Менеджер	Маркетолог

Таблиця 2 – Спеціальність та завдання членів команди

Спеціальність	Завдання
Інженер-Технолог	1. Дослідження існуючих рішень вимірювання фази; 2. Створення ТЗ; 3. Контроль якості;
Інженер-Метролог	4. Розробка приладу;
Менеджер	5. Створення бізнес плану; 6. Просування товару; 7. Організація приладу;

Розглянемо схему залучення кожного члену команди до завдань (рисунок 1):

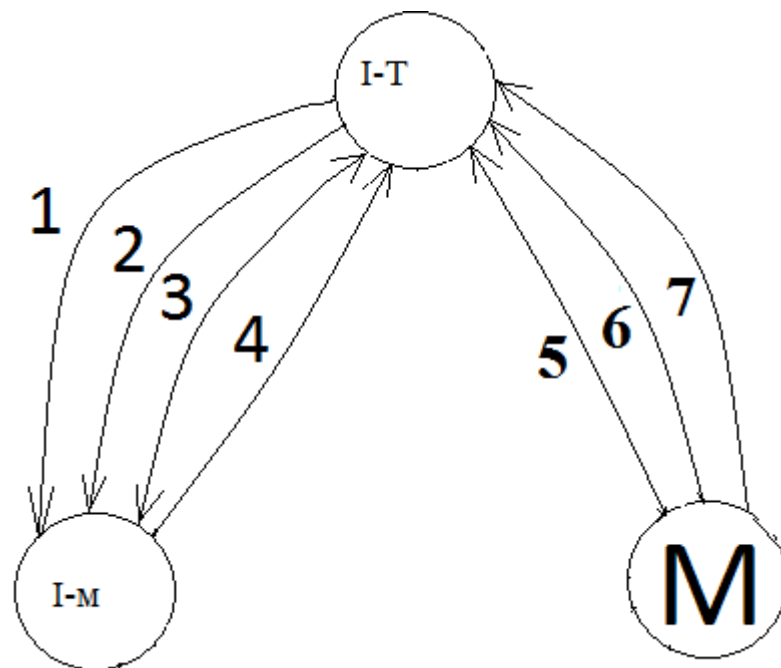


Рис5.1 – Схема Залучення

За схемою приведеною на рисунку 1, знайдемо кількість входів та виходів кожного члену команди:

Таблиця 3 – Значення входів та виходів

Спеціальність	$n_{Вх}$	$n_{Вих}$	Вх, %	Вих, %	Вх/Вих
Інженер-Технолог	5	3	62.5	37.5	1,667
Інженер-Метролог	3	2	37.5	25	1,5
Менеджер	1	3	12.5	37.5	0.33
$\Sigma$	8	8	–	–	–

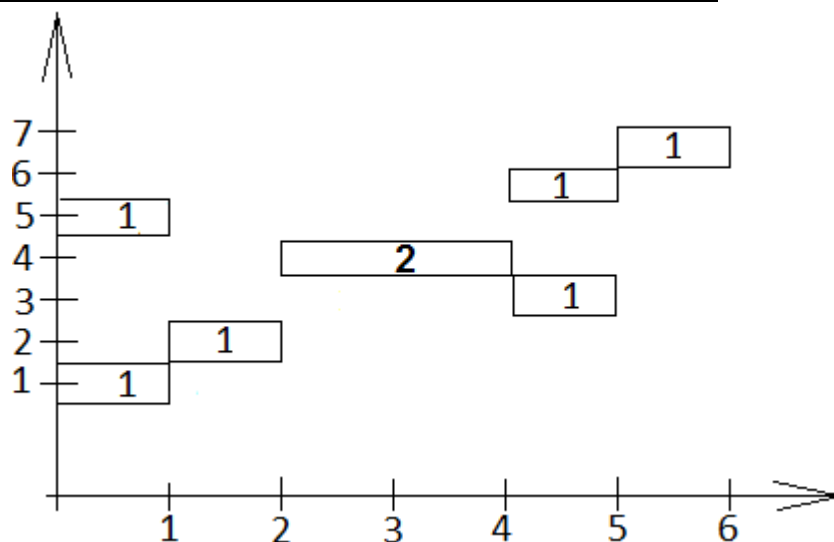


Рис 5.2 – Графік розподілу часу

Знайдемо загальний час залученості кожного члена команди в проект:

Таблиця 4 – Час членів команди в проекті

Спеціальність	Час, який член команди залучений, t, м	$\Sigma$	%
Інженер-Технолог	3	3	50
Інженер-Метролог	2	2	33
Менеджер	3	3	50
Термін реалізації проекту	6		

Розрахуємо вклад кожного члена команди в проект:

Таблиця 5 – Важливість членів команди

Спеціальність	–	Вклад члена команди в проект, %
Інженер-Технолог	0,5/1,667	30
Інженер-Метролог	0,33/1,5	22
Менеджер	0,5/0,33	151

Оцінимо важливість кожного фактора для нашої компанії за шкалою від 0 до 10:

Таблиця 6 – Важливість факторів

Фактор	Вага(Важливість)
Ідея	5
Підготовка бізнес плану	10
Компетентність	10
Залученість і ризику	5
Обов'язки	5

Оцінимо внесок кожного співробітника в загальну справу за вказаними вище параметрами. :

Таблиця 7 – Оцінка особистого внеску

Фактор	Вага	Генератор ідей	Спеціалі ст	Маркетолог	
Ідея	5	10	5	0	Σ
Підготовка бізнес плану	10	5	0	10	
Компетентність	10	10	6	10	
Залученість і ризик	5	10	3	9	
Обов'язки	5	10	10	10	
Разом		300	150	295	745
Відсоток		40.3%	20.1%	39.6%	100%

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W	N	S
		Мій проект	HTLab			
1.	Передача даних	Бездротовий	дротовий	-	-	+
2.	Функціональніст ь програмного інтерфейсу	Багатофункці ональний, зручний та зрозумілий	Таблиці та графіки	-	-	+
3.	Зчитування параметрів	Телефон, Пк	ПК	-		=
4.	Вимірювальні параметри	3	2	-	-	+
5.	Торгова марка	Немає	Є	+	-	-

Висновок: після оцінки характеристик та ідей товару можна дійти до висновку, що продукт є конкурентоспроможним. Розробка даного проекту цілком обумовлена потребою в ньому, адже по всім техніко-економічним характеристикам він є з аналогічним, або ж навіть краще за них. Не потребує особливих навиків у користувача, тому не має необхідності у додатковому навчанні.

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

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

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка структурної схеми	Використання ПК та програм для розробки	Наявна технологія	Доступна
2.	Розробка алгоритмів програмного забезпечення	Методи математичного аналізу	Розроблена технологія	Доступна
3.	Розробка програмного забезпечення	Програмне середовище Netbeans	Наявна технологія	Доступна
4.	Калібрування датчиків системи	Методи математичного моделювання	Розроблена технологія	Доступна
5	Тестування система	Багтрекер Jira	Наявна технологія	Доступна

Відповідно до інформації можна стверджувати, що технологічна реалізація для здійснення ідеї проекту доступна. Технологічна реалізація проекту можлива, тому що всі технології наявні на ринку. Проаналізувавши усі доступні варіанти мов програмування можна зробити висновок що для реалізації проекту безперечно найбільше підходить середовище розробки C++, Netbeans

Калібрування датчиків буде проводитись в середовищі математичного моделювання labview а саме за допомогою реальних датчиків та апроксимації результатів розроблених.

Тестування системи буде реалізовано за допомогою Багтрекера Jira який дозволяє одночасно і стежити за етапами розвитку всього проекту так і за наявності несправностей так і за вирішенням несправностей

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	1
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	500 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до ГОСТУ
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60%

Якщо проаналізувати табл. 5.4 можна зробити висновок, що безперечно стартап є рентабельним та швидко окупиться, отже можна сказати, що система відтворення зразкових сигналів є досить привабливим для інвестицій.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).



Таблиця 5.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Потреба у контролю важливих параметрів що впливають на дієздатність та самопочуття людини	Підприємства на яких працюють зі шкідливими матеріалами	Фінансові можливості.	Висока якість, індивідуальний підхід, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, швидкодія; оптимальне співвідношення ціни та якості.
		Навчальні заклади		
		Офіси		

Згідно з проаналізованими потребами споживачів робимо висновок, що стартап-проект їх задовольняє. Основними споживачами є підприємства на яких працюють зі шкідливими матеріалами, школи, офіси адже для даної групи споживачів ця система допоможе чітко слідкувати чи всі надзвичайно важливі параметри для людини в нормі.

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 4.6-4.7). Аналіз факторів дає змогу побачити можливості і загрози. Методика визначення ринкових можливостей і загроз дозволяє оцінити вплив зовнішніх чинників. При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 5.6).

Таблиця 5.3. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Нові технології	Застарілість товару	Модернізація методу, впровадження нових технологій
2.	Висока конкурентність	Зменшення продажу	Більша рекламна акція
3.	Криза	Зменшення продажу	Зменшення ціни товару
4.	Новоутворені фірми	Збільшення конкурентноздатних методів відтворення зразкових сигналів	Вдосконалення методу; маркетингова діяльність.
5.	Фактор попиту	Важко визначити точні темпи зростання ринку	Зменшення кількості продукції, низька собівартість зробить можливі збитки незначними

У відповідності з проаналізованими факторами загроз робимо висновок, що велику загрозу мають фактори появи нових фірм і технологій. Поява більш обґрунтованого методу відтворення зразкових сигналів призведе до можливих змін самого способу або ж до впровадження нових технологій.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 5.4. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Впровадження нових технологій	Якісне покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту; Підвищення ціни
2.	Потреба в доступності	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій
3.	Впровадження нових технологій	Покращення методу	Патентування нових ідей, методів

Робимо висновок, що найвпливовішими факторами можливостей є впровадження нових технологій, що призведе до модернізації існуючого методу та збільшенні попиту на майбутні сконструйовані присторі на основі розроблених методів аналізу та синтезу сигналів.

Далі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.8).

Таблиця 5.5. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Фокусування діяльності підприємства на якість товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Варіація об'ємів виробництва, співпраця з науковими лабораторіями.
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Конструювання нових систем для реалізації нових методів
5. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісній зміні продукту. Створення власної торгової марки

Проаналізувавши дані можна зробити висновок, що запропонований напрямок щодо реалізації методу демонструє високу конкурентоспроможність. Найбільш небезпечними є товарно-видова та нецінова конкуренція.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 5.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	В Україні таких немає; В Росії HTLab	Малий бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість; Зручність	Є фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Середнє	Є можливості входу на ринок, є потенційні конкуренти;	Збільшення співвідношення ціни та якості	Збільшення співвідношення ціни та якості	Відсутнє

За результатами аналізу Таблиці 5.9 можна зробити висновок, що в запропонованому проекті є всі можливості потрапити на ринок, враховуючи низьку конкуренцію та відмінність від існуючих аналогів.

На основі аналізу конкуренції, проведеного (табл. 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 5.6-5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 5.10

Таблиця 5.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Зручність	Можливість моніторингу з телефона.
2	Багатофункціональність	Виконує функції аналізу тьорх параметрів.
3	Швидкодія	Безперервний моніторинг параметрів
4	Відсутність прямих конкурентів в країні	Відсутність прямих конкурентів дає можливість програмі претендувати на державні закупівлі, та маніпулювати ринком, доки конкуренти не з'являться.

Можна зробити висновок, згідно з обґрунтуванням факторів конкурентоспроможності, що запропонований метод має ряд досить суттєвих

факторів які мають безпосередній вплив на можливість конкурування системи відтворення сигналів і дають змогу розглядати його для залучення коштів у проект.

Таблиця 5.8. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Системи моніторингу параметрів вентиляції»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з HTLab						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Зручність	20							+
2	Багатофункціональність	18					+		
3	Швидкодія	19				+			
4	Відсутність прямих конкурентів	17				+			

З таблиць 5.10 та 5.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нової системи відтворення зразкових сигналів. Основною перевагою та головним досягненням є зручність продукту та його швидкодія.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.11). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 5.9. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: швидкодія; зручність	Слабкі сторони: наявність прямих конкурентів
--	---

<p>Можливості:</p> <p>можливість впровадження програми через національну закупівлю;</p> <p>Зручність відображення інформації</p> <p>актуальна розробка з низькою собівартістю;</p> <p>покращення методу</p>	<p>Загрози:</p> <p>застарілість товару;</p> <p>зменшення продажу;</p> <p>збільшення конкурентноздатних методів відтворення зразкових сигналів;</p> <p>важко визначити точні темпи зростання ринку</p>
---	---

З табл. 5.12 можна зробити висновок, що сильна сторона: багатофункціональність системи, її зручність, швидкодія; а слабка: наявність прямих конкурентів.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 5.9, аналіз потенційних конкурентів). Альтернативи ринкового впровадження основі SWOT-аналізу наведені в таблиці 5.13.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 5.10. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	1 місяць
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Низька	8 місяців
3	Стратегія виходу з ринку	Висока	2 місяці

З зазначених альтернатив обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

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

Таблиця 5.11. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підприємства	Готові	Зростає	Наявні	Легко
2	Навчальні заклади	Частково готові(50%)	Низький попит	Наявні	Можливість входу 25%
3	Офісні приміщення	Готові	Спадає	Наявні	Легко
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із підприємствами.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільову групу приватні підприємства. Отже, компанія зосереджується на одному сегменті – вона обирає стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.12. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Концентрований маркетинг	Швидкодія; зручність	Стратегія спеціалізації

Альтернативною стратегією була обрана нейтралізація ринкових загроз сильними сторонами стартапу, оскільки вона найшвидша у виконанні. В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію концентрації – зосередження на одному



споживчому сегменті. За цим же критерієм була обрана базова стратегія розвитку-стратегія спеціалізації, так як ми маємо справу з невеликою часткою ринку, які вибирають адаптивну лінію поведінки на ринку, усвідомлюють своє місце на ній і йдуть у фарватері фірм-лідерів.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Буде шукати нових	Буде, з удосконаленням технічних характеристик	Стратегія заняття конкурентної ніші

В якості конкурентної поведінки обрано стратегію заняття конкурентної ніші, оскільки головною особливістю є малий розмір ринкового сегменту. Ця конкурентна стратегія являється похідною від такої базової стратегії компанії, як концентрація.

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

Таблиця 5.14. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Швидкодія	На основі специфічних відчутних характеристик	Використання бездротово зв'язку,	Швидкість, що зможе заощадити ваш час
3	Зручність	позиціонування на позитивних особливостях технології;	Можливість моніторингу системи з телефону та ПК	Використовуйте кошти раціонально

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

## 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Швидке отримання інформації	Швидкодія	Використання бездротово зв'язку,
2	Зручність	Зручність	Можливість моніторингу системи з телефону та ПК

Ключові переваги концепції потенційного товару мають три основних вимоги та реалізуються у запропонованій системі відтворення сигналів. Ефективність відтворення досягається за рахунок використання нового методу синтезу сигналів.

Таблиця 5.16. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Споживач отримує готовий продукт. Його можна експлуатувати без подальшої обробки		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Швидкодія	Нм	Тх
	2. Зрозумілий інтерфейс користувача	Нм	Тх
	3. Якість	М	Тх
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо		
	Пакування: ключ продукту в пластиковій коробці		
Марка: VPMS (ventilation parameters monitoring system)			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: підтримка програмного продукту до 5 років		
	Після продажу:повне обслуговування та оновлення продукту, додаткові консультації по експлуатації.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патентування технології, новітні технології шифрування та захисту даних			

Маємо модель системи, метою якої моніторинг параметрів. Система багатofункціональна, швидкодіюча, зрозуміла для користувача. До продажу: підтримка програмного продукту до 5 років . Після продажу : повне обслуговування та оновлення продукту, додаткові консультації по експлуатації. Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Розробка проектних матеріалів	2
2.	Робоче проектування і прив'язка проекту	3
3.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	5
4.	Витрати на приймально-здавальні випробування	2
5.	Витрати на придбання нематеріальних активів	0
6.	Оплата юридичних послуг	2
7.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	0
8.	Витрати, пов'язані з формування команди	0
Разом 14		

Таблиця 5.17. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	від 15 000	від 20 000	від 100 000 до «необмежений» (різні підприємства, лабораторії тощо)	15000-20000 (оскільки надається є додаткові послуги в налаштування та консультаціях експлуатування)

Встановлюємо верхню та нижню межі ціни на товар 15000 та 29000 грн так можуть надаватись додаткові послуги при впровадженні системи. Встановлювати ціну нижче 15000 грн не є досить вигідним рішенням, але навіть і з цією ціною затрати повністю окупаються.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 5.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.18. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Обережність до альтернативних технологій	1. Встановлення контактів із споживачами; 2. Надання послуг по демонстрації чи консультацій з приводу роботи системи; 3. Відправка товару споживачу.	Дворівневий канал. Включає в себе роздрібних та оптових торговців.	Ексклюзивний збут означає, що продукт продається в одному чи декількох місцях географічно обмеженого ринку.

Був обраний вид ексклюзивного збуту з дворівневим каналом, що включає в себе як оптові так і роздрібні продажі товару. Основні функції, які мають виконуватися це встановлення контактів із споживачами, Надання послуг по демонстрації чи консультацій з приводу роботи системи.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.22).

Таблиця 5.19. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на впровадження системи у всі доступні галузі	1. Електронна пошта. 2. Публікації. 3. Формальні та неформальні канали комунікацій.	1. Зручність; 2. Швидкодія;	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимул продажу Пошук вигідних партнерів.	Контент-маркетинг; Публікації

Основною задачею рекламної компанії є донесення інформації про існування даної системи, її ефективність та інші позитивні властивості.

Результатом пункту 5 є ринкова (маркетингова ) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## 5.6 Висновки

Узагальнюючи проведений аналіз стартап проекту можна зробити висновок що розробка даного проекту цілком обумовлена потребою в ньому, адже екологія дуже важливий чинник для оптимальної роботи людини, її працездатності та самопочуття тому ця система назвичайно важлива в будьякому підприємстві в якій працюють люди. Вартість даної системи є більш привабливою за аналогічні системи. На відміну від аналогів система є простий та зрозумілий інтерфейс, швидкодійна, можливість через вайфай модуль телефону відслідковувати параметри кожній людині яка має доступ до інтернету. Проект має високий відсоток окупності 60%. Крім того є багато можливостей в його подальшому розвитку, таких як розширення функції, сертифікація товару за міжнародними стандартами, що збільшить його привабливість для національних тендерів, підвищення попиту, підвищення ціни, покращення товару, залучення іноземних інвестицій, патентування нових ідей та методів.

Альтернативною стратегією була обрана нейтралізація ринкових загроз сильними сторонами стартапу, оскільки вона найшвидша у виконанні. В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію концентрації – зосередження на одному споживчому сегменті. За цим же критерієм була обрана базова стратегія розвитку - стратегія спеціалізації, так як ми маємо справу з невеликою часткою ринку, які вибирають адаптивну лінію поведінки на ринку, усвідомлюють своє місце на ній і йдуть у фарватері фірм-лідерів.

В якості конкурентної поведінки обрано стратегію заняття конкурентної ніші, оскільки головною особливістю є малий розмір ринкового сегменту. Ця конкурентна стратегія являється похідною від такої базової стратегії компанії, як концентрація.

Був обраний вид збуту з першого і другого рівня, що включає в себе як посилкову торгівлю, так і оптові й роздрібні продажі товару.

Підсумуючи, можна сказати, що система моніторингу параметрів вентиляції є рентабельним та вигідним для інвестицій.

## Висновки

В магістерській дисертації на тему «Система моніторингу параметрів вентиляції» було досліджено можливі типи вентиляцій за різними ознаками, найважливішими є за принципом роботи: витяжна, припливна і припливно-витяжна.

Розроблено систему яка вимірює важливі параметри повітря для працездатності людини:

- кратність повітрообміну
- температура повітря
- відносна вологість.

Виходячи з рівняння кратності повітрообміну  $L = V * K$ , де L-об'єм вениляційного повітря, V-об'єм приміщення, K –кратність повітрообміну.

Також  $L = F * v$  де F-площа перерізу повітропроводу  $v$  - середня швидкість повітря виміряна в всіх точках повітропроводу, L – витрати повітря повітропроводу.

Та встановлюється за таблицями наведених в СНиП 2.08.02-89

З рівняння стану ідеального газу об'єм повітря також залежить від  $V = \frac{m * R * T}{M * p}$

де m- маса повітря, R-універсальна газова стала, T -температура повітря, M-молярна маса, p-тиск. В свою чергу молярна маса M залежить від вологості повітря тому що вологість повітря це показник насиченості повітря водяною парою а так як вони відповідно мають значення  $M_{сп}=28.97$  г/моль ,  $M_{св}=18.02$  г/моль тому з збільшенням вологості об'єм зростає.

Похибка системи, а саме вимірювальних датчиків швидкості повітря  $\gamma_{дшп} =$

Температури повітря  $\gamma_T = 0.4244\%$  Відносної вологості повітря  $\gamma_B = 2.0244\%$

Реалізована передача даних через бездротовий зв'язок Wi-Fi.

## Додаток А

### Використані джерела інформації

1. Малова Н.Д. «Кондиционирование воздуха»; Москва 1999г
2. <https://habr.com>
3. Руководство по эксплуатации анемометра переносного рудничного АПР-2; Москва 1999 г.
4. Бобков Ю.В. конспект лекцій з дисципліни ЦВП
5. ГОСТ 12.3.018-79 «Системы безопасности труда. Вентиляционные системы. Методы аэродинамических испытаний»; Москва Издательство стандартов 1986г.
6. Кончаловський В.Ю Цифрові вимірювальні прилади
7. <http://helpiks.org/3-55832.html>
8. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. Высшая школа. Киев. 1986 г – 415с.
9. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника
10. Орнатский П.П. «Автоматические измерения и приборы». Высшая школа. Киев. 1986 г.
11. СНиП 2.04.05.-91\* «Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха »; Москва 1994 г.
12. Справочное пособие «Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха»; под редакцией Журавлева Б.А.;Москва Стройиздат 1980 г.
13. Справочники и каталоги иностранных, и отечественных элементов.
14. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей
15. ГОСТ 8.442-81
16. ГОСТ ДСТУ 8.395-80
17. ДСТУ ГОСТ 8.009-84