

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Факультет електроніки
Кафедра електронної інженерії

До захисту допущено

Завідувач кафедри

В. І. Тимофєєв

“___” грудня 2022 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 153 мікро- та наносистемна техніка

на тему: «Електронна система прогнозування погоди»

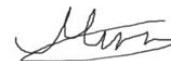
Виконав студент 2 курсу, групи ДМ-11мп

Мінцевич Ерік Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доц. каф. ЕІ, доц., к.т.н. В.А. Казміренко

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)



(підпис)



(підпис)

Рецензент доц. каф. МЕ, к.т.н., доц. Юрій ДІДЕНКО

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)



(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент 

(підпис)

Київ - 2022 року

Форма № Н-9.01

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки

Кафедра електронної інженерії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 153 мікро- та наносистемна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В. І. Тимофєєв
“ ____ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мінцевич Ерік Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ «Електронна система прогнозування погоди» _____

керівник роботи _____ доц. каф. ЕІ, к.т.н., доц. В. А. Казміренко _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “8” листопада 2022 року №4092-с

2. Строк подання студентом дисертації 16 грудня 2022.

3. Об'єкт дослідження: електронна система прогнозування погоди

4. Предмет дослідження: досліження параметрів навколишнього середовища, та їх вимірювання, датчиків та мікроконтролерів.

5. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Прогнозування погоди. 2. Домашня система короткострокового прогнозування. 3. Підбір компонентів та проектування макету.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації до захисту.

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання: 15 жовтня 2022.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження основних параметрів навколишнього середовища та способи їх вимірювання	21 жовтня 2022	
2	Вивчення будови та архітектури мікроконтролерів та електронних датчиків	5 листопада 2022	
3	Вибір компонентів	16 листопада 2022	
4	Збірка макету	24 листопада 2022	
5	Програмування	28 листопада 2022	
6	Оформлення пояснювальної записки	4 грудня 2022	
7	Проходження перевірки на плагіат та нормоконтроль	6 грудня 2022	

Студент


 (підпис)

Мінцевич Е.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)

Казміренко В.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 76 с., 3 ч., 4 табл., 39 рис., 49 джерел

ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ, МЕТЕОСТАНЦІЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, МАКЕТ

Об'єктом дослідження є електронна система прогнозування погоди. Предмет роботи – дослідження параметрів навколишнього середовища, мікроконтролерів, як засобів управління системою та датчиків.

Метою магістерської дисертації є розробка електронної системи прогнозування погоди, є безліч варіантів її використання у різних сферах життя, наприклад в військовому використанні, на фермерських господарствах, домашніх системах „smart home”, тощо. Дана система повинна бути автоматичною та енергоощадною. Було створено макет домашньої системи короткострокового прогнозування погоди, який працює на базі мікроконтролера та датчика тиску.

В першому розділі було розглянуто підходи до прогнозування погоди, його інструменти, підходи та сфери використання. Проведено аналіз основних параметрів навколишнього середовища, а саме температуру, атмосферний тиск, вологість, напрямок вітру, хмарність та атмосферні опади.

У другому розділі описано принцип роботи системи короткострокового прогнозування погоди, фактори вимірювання, будову мікроконтролерів та алгоритм обробки даних.

У третьому розділі показано підбір компонентів для електронної системи прогнозування погоди а також описано розробку макету.

ABSTRACT

Explanatory note: 76 p., 3 p., 4 table, 39 figures, 49 references

MICROCLIMATE PARAMETERS, WEATHER STATION,
MICROCONTROLLER, SENSOR, LAYOUT

The object of research is an electronic weather forecasting system. The subject of the work is the study of environmental parameters, microcontrollers, as system controls and sensors.

The purpose of the master's thesis is to develop an electronic weather forecasting system, there are many options for its use in various spheres of life, for example, in military use, on farms, home systems "smart home", etc. This system must be automatic and energy-saving. A mock-up of a home short-Island weather forecasting system was created, which works on the basis of a microcontroller and a pressure sensor.

In the first chapter, approaches to weather forecasting, its tools, approaches and areas of use were discussed. The main environmental parameters are analyzed, namely temperature, atmospheric pressure, humidity, wind direction, cloud cover and precipitation.

Weather forecasting is a complex science that depends on the effective interaction of weather observations, data analysis by meteorologists and computers, as well as fast communication systems.

In everyday life, ultra-short-step local forecasts are often needed, for people's own needs (who should dress, swim, or not swim, etc.), which are not provided by weather services, but for which simple models suitable for implementation on low-power computing tools are quite enough.

The second chapter describes the principle of operation of a short-term weather forecasting system, measurement factors, the structure of microcontrollers, and the data processing algorithm.

The home short-term weather forecasting system is a cheap weather station that is equipped with electronic sensors to measure environmental parameters. The information

is processed by the microcontroller. Weather can be predicted using various environmental factors, such as humidity, temperature, pressure, and so on. An increase in atmospheric pressure means good weather, and a decrease in pressure means rainy weather.

The microcontroller is an integral part of automated systems and consists of a CPU, memory that is divided into data memory and instruction memory, as well as I/O ports.

The third section shows the selection of components for an electronic weather forecasting system and also describes the development of the layout.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ	11
1.1 Підходи до прогнозування погоди	11
1.1.1 Інструменти прогнозування погоди	15
1.1.2 Методи прогнозування погоди	19
1.1.3 Сфери використання	22
1.2 Параметри навколишнього середовища	24
1.2.1 Температура	24
1.2.2 Атмосферний тиск	32
1.2.3 Вологість	35
1.2.4 Напрямок вітру	38
1.2.5 Хмарність	40
1.2.6 Атмосферні опади	42
1.3 Чисельне передбачення погоди	44
1.4 Висновки до розділу 1	45
2 ДОМАШНЯ СИСТЕМА КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ	47
2.1 Фактори вимірювання	48
2.2 Мікроконтролери	50
2.2.1 Будова мікроконтролера	51
2.2.2 Архітектура пам'яті мікроконтролерів	54
2.2.3 Розрядність мікроконтролерів	55
2.2.3 Програмування мікроконтролерів	55
2.3 Алгоритм обробки даних	56
2.4 Висновки до розділу 2	59
3 ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ МАКЕТУ	60
3.1 Барометр	60
3.2 Сервопривід	62

	8
3.3 Мосфет модуль	63
3.4 Мікроконтролер	64
3.5 Проектування макету	67
3.6 Висновки до розділу 3	71
ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	73

ВСТУП

Фактори навколишнього середовища, в тій чи іншій мірі, завжди безпосередньо впливають на формування міського середовища і забезпечення сприятливих і безпечних умов для життя населення. Їх роль у плануванні та розвитку міських районів залишається невід'ємною частиною управління такими районами. Управління повинно бути спрямоване на підвищення ефективності використання територій і поліпшення екологічної обстановки. Планування повинно здійснюватися з урахуванням виявлених екологічних процесів в містах на основі інформації про їх виникнення в минулому і сьогоденні. В даний час міста стикаються з безліччю проблем, які вимагають термінового і негайного вирішення. Однією з найбільш важливих проблем є поганий стан міського середовища, тому екологічні фактори залишаються однією з найбільш гострих проблем, які повинні враховуватися владою при реалізації планів розвитку міських районів.

Люди не можуть контролювати фактори навколишнього середовища, але можуть реагувати на зміни, якщо це необхідно. Головна проблема полягає в тому, щоб мати можливість своєчасно реагувати на зміни у зовнішньому середовищі, і це залежить від того, як скоро будуть виявлені будь-які зміни. Деякі фактори може бути важко ідентифікувати, особливо через те, що темпи змін дуже повільні або приховані від очей. Люди можуть керувати мікрокліматом в приміщеннях. Для управління параметрами середовища в приміщеннях використовують „розумний дім”.

Для планування своєї діяльності люди повинні враховувати фактори навколишнього середовища. Такі параметри, як температура, сонячна активність можуть бути факторами для планування одягу, господарської діяльності, виробничих процесів, спорту, дозвілля та багато іншого. А деякі обставини, такі як опади, можуть навіть ставати їм на заваді. Тому передбачення погоди наступних періодів завжди важливе.

На теперішній час метеослужби мають моделі погоди високої якості, збирають показники навколишнього середовища у різних місцях і можуть формувати досить точні прогнози для великих площ на місцевості. Разом з тим, можливість формування локальних прогнозів у автономному режимі все ще залишається важливою задачею. Таку систему можна використовувати в різних сферах життя, перед усім ця система є частиною „розумного дому”. Тобто вона може бути корисною в приватних будинках, квартирах, в приватних цілях, наприклад для планування одягу. Також її можна використовувати в промисловості, при ремонтних роботах на дорогах, в сільському господарстві тощо.

З'явилися нові комунікаційні мережі та системи прогнозування, інновації та технології (наприклад, Інтернет, бездротовий зв'язок, прогнозування цифрових баз даних, робочі станції наступного покоління), які надають можливість поліпшити метеорологічні служби. Ці інновації дозволяють метеорологічним службам надавати метеорологічні прогнози та попередження у різних форматах (графічних, цифрових), крім традиційних текстових продуктів.

Система електронного прогнозування погоди повинна працювати автоматично та бути енергоощадною. Система буде працювати за допомогою мікроконтролера і датчиків навколишнього середовища.

1 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ

1.1 Підходи до прогнозування погоди

Прогноз погоди – науково обґрунтоване припущення про те, яка погода буде в певний час в певному місці. Наука про погоду і методи її передбачення називається синоптичною метеорологією. Вона є частиною метеорології – науки, що вивчає атмосферу Землі і явищ, які в ній відбуваються. Фахівців, які складають прогнози, називають синоптиками.

Постійно зростаючий попит сучасного суспільства на більш точні прогнози погоди очевидний більшості людей. Спектр потреб у прогнозуванні погоди варіюється від бажання людей дізнатися, чи дозволять, наприклад, вихідні провести на відкритому повітрі. Такі різноманітні компанії, як авіакомпанії та виробники фруктів, значною мірою залежать від точних прогнозів погоди, щоб мати уявлення про те, яким буде графік їх наступних рейсів або чи буде погода придатною для збору врожаю. Крім того, в розвинених країнах проектування будівель і багатьох промислових об'єктів в значній мірі залежить від глибоких знань про погоду.

Моделювання прогнозування погоди – це комп'ютерна програма, яка надає метеорологічну інформацію на майбутній час у визначених місцях. У сучасних моделях прогнозування в основному застосовується чисельне прогнозування погоди, і це означає "набір спрощених рівнянь, що використовуються для розрахунку змін атмосферних умов". Процес написання цих рівнянь, накладання граничних умов та їх розв'язання за допомогою суперкомп'ютерів відомий як чисельне моделювання. Комп'ютеризовані чисельні моделі розроблені для різних інтервалів, які відомі як глобальні моделі, відповідно до яких ми маємо довгостроковий прогноз і середньостроковий прогноз, і регіональні моделі, відповідно до яких ми маємо короткостроковий прогноз. Методи включають постійність, кліматологію, спостереження за небом, використання барометра тощо. Прогнозування може бути застосовано в попередженнях про суворі погодні умови,

в морській галузі, сільському господарстві, приватному секторі, військовому застосуванні тощо. Прогнозування погоди – це складна наука, яка залежить від ефективної взаємодії спостережень за погодою, аналізу даних метеорологом і комп'ютерами, а також системи швидкого зв'язку [1].

До появи комп'ютерних моделей прогнозування погоди здійснювалося шляхом спостережень. Перший комп'ютерний прогноз погоди був складений в 1955 році. Прогнозування погоди використовується для того, щоб знати нашу щоденну погоду, а також використовується для довгострокового прогнозування. Прогнозування погоди включає в себе запис поточних вимірювань температури, тиску, опадів, швидкості вітру і кількості хмарного покриття, а також надання цих поточних показань і звітів громадськості. Звіти про поточні умови потім використовуються для прогнозування погоди в подальшому. Погода впливає на всіх. Прогнози небезпечних і суворих погодних умов дуже важливі, оскільки вони потенційно можуть врятувати життя, майно і врожай [2].

Прогнози погоди можна умовно розділити:

- за термінами (надкороткострокові, короткострокові, середньострокові та інші);
- за охопленням території: місцеві, регіональні, країнові, світові (глобальні);
- за призначенням: загального користування, авіаційні, морські, річкові, сільськогосподарські, військові тощо [3].

Таблиця 1.1 – Класифікація термінів метеорологічних прогнозів

Поточна погода	Опис поточної погоди і прогноз метеорологічних параметрів на період від 0 до 2 годин
Надкороткостроковий прогноз погоди	Прогноз метеорологічних параметрів на період до 12 годин

Продовження таблиці 1.1

Короткостроковий прогноз погоди	Прогноз метеорологічних параметрів на період від 12 до 72 годин (3 доби)
Середньостроковий прогноз погоди	Прогноз метеорологічних параметрів на період від 72 (3 доби) до 240 годин (10 діб)
Прогноз погоди з розширеним терміном	Прогноз метеорологічних параметрів на період від 10 до 30 діб, зазвичай осереднених і виражених у вигляді відхилень від кліматичних величин для цього періоду
Довгостроковий прогноз	Прогноз на період від 30 діб до 2-х років
Прогнозування клімату	На період понад 2-х років

Прогноз погоди можна робити за допомогою:

- аналізу синоптичної карти погоди — географічної карти, на якій у вигляді цифр і символів зображені результати спостережень метеорологічних станцій в певні моменти часу;
- чисельних методів прогнозу погоди — комп'ютерної математичної моделі атмосфери, яка побудована на базі системи рівнянь гідродинаміки і поточних даних погоди;
- статистичних методів — збору статистичних метеоданих, виходячи з припущення, що в майбутньому погода повториться. Цей метод доповнює чисельний [3].

З моменту винаходу перших метеорологічних приладів в сімнадцятому столітті спостереження за погодою зазнало значних удосконалень. Більш складні прилади та системи зв'язку дозволяють отримувати все більш детальні, надійні та репрезентативні дані про погоду та клімат. При прогнозуванні погоди збір даних був розділений на дві категорії, а саме:

- спостереження за погодою на поверхні;
- спостереження за погодою у верхніх шарах атмосфери [1].

Спостереження за погодою на поверхні — це фундаментальні дані, що використовуються для безпеки, а також з кліматологічних міркувань для прогнозування погоди та видачі попереджень по всьому світу. Вони можуть бути отримані вручну метеорологічним спостерігачем, за допомогою комп'ютера через спостерігачів, щоб доповнити автоматизовану метеостанцію. Наземні метеорологічні спостереження за атмосферним тиском, температурою, швидкістю і напрямком вітру, вологістю, опадами проводяться поблизу поверхні землі вченими спостерігачами або автоматичними метеостанціями. Спостереження в авіаційних цілях проводяться в багатьох аеропортах щогодини або частіше, якщо погода швидко змінюється. Спеціалізовані спостереження також можуть проводитися у сільськогосподарських, промислових, дослідницьких або інших цілях.

Вимірювання температури, вологості і вітру у верхніх шарах атмосфери проводяться за допомогою запуску радіозондів на метеозондах. Радіозонди можуть працювати на радіочастоті 403 МГц або 1680 МГц. Дані про погоду у верхніх шарах атмосфери також отримуються за допомогою літаків, радарів і супутників. Все частіше використовуються дані з метеорологічних супутників через їх майже глобальне охоплення.

Існує багато інструментів, які люди використовують для вимірювання та збору даних. Інструментами, що використовуються для вимірювання поточних погодних умов, є зовнішні термометри (температура повітря), барометри (тиск повітря), анеометри (швидкість і напрямок вітру) і гігromетри (вологість). Радар використовується для виявлення об'єктів у повітрі, переважно опадів, проте відомо, що він відображає масові скупчення комах. Радіозонди — це прилади, що запускаються в атмосферу у вигляді повітряної кулі для збору більш точних даних під час суворих погодних умов. Він вимірює і передає тиск, температуру і вологість назад на наземну приймальну станцію. Потім усі ці інструменти та їх дані можуть бути введені в комп'ютерні моделі, які потім надають вченим прогнози.

1.1.1 Інструменти прогнозування погоди

Щоб передбачити погоду, потрібно знати "поточні умови" - тобто те, яка вона зараз. До основних параметрів відносяться: температура, атмосферний тиск, вологість, швидкість і напрямок вітру, опади і їх кількість.

Основні інструменти прогнозування погоди:

1) Метеостанції — спеціальні майданчики, де безперервно проводяться метеорологічні вимірювання погоди і клімату (рис. 1.1). На станціях встановлені прилади для метеовимірювань: термометр, гігрометр, барометр, осадкомір та інші пристрої. Вони однакові по всьому світу. Для точності метеорологи проводять виміри регулярно і синхронно — через кожні 3 години. Наземні метеостанції бувають різні: величезні щогли в полях, плаваючі буйки в морі, кулясті радари. Частина станцій розташована у вигляді автономних пристроїв у важкодоступних місцях, таких як гори і моря. У метеостанцій є недоліки: вони збирають дані тільки біля себе, розташовані далеко один від одного і не знають кількість опадів [5].



Рисунок 1.1 – Метеостанція в Віттені, Німеччина

2) Метеозонди — безпілотні аеростати. Зонд виглядає як наповнена гелієм гумова або пластикова куля, до якої кріпиться контейнер з апаратурою — датчиками для вимірювання температури, вологості і атмосферного тиску, а також батарейки і антени, за допомогою якої ці дані передаються (рис. 1.2). Важить один метеозонд приблизно 300 грамів і піднімається на висоту 30-40 кілометрів. Зонди одноразові: набираючи висоту, куля лопається від надлишкового тиску.

Пінопластовий контейнер падає на землю, і повторно не використовується. Метеозонди запускають в 870 точках Землі два рази на день [6].

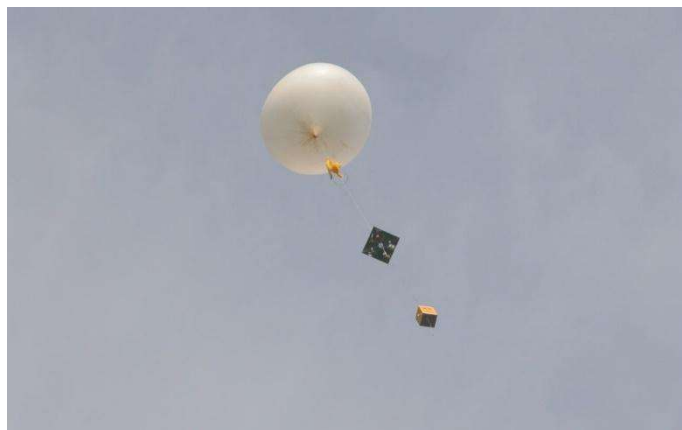


Рисунок 1.2 – Метеозонд

3) Метеорологічні радари — спеціалізовані радари для визначення координат випадання опадів, їх типу, напрямку руху та інтенсивності (рис. 1.3). Вони виявляють небезпечні метеоумови, такі як гроза, град, а також зони інтенсивних опадів. Сучасні радари кожні 10 хвилин роблять тривимірний знімок атмосфери в радіусі 200-250 кілометрів навколо себе. Це дозволяє описати погоду аж до мікрорайону.

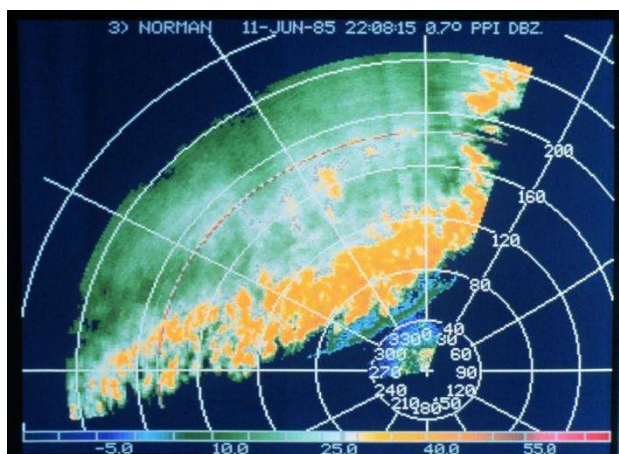


Рисунок 1.3 – Грозовий фронт на екрані метеорадара

4) Метеосупутники — штучні супутники Землі, їх використовують для перегляду і збору даних про погоду і клімат планети (рис. 1.4). Вони дозволяють спостерігати за погодою на великих територіях, подібно до того, як вид з даху або

вершини гори дає більш широкий огляд. Метеосупутники визначають зони інтенсивних опадів і небезпечних явищ природи. Супутники відстежують викиди від вулканів і дим від лісових пожеж, наслідки забруднень, піщані і пилові бурі, а також межі океанських течій [3].



Рисунок 1.4 – Метеосупутник GOES-8

5) Автоматизовані системи спостереження за поверхнею постійно відстежують погодні умови на поверхні Землі (рис.1.5). Більше 900 станцій по всій території США повідомляють дані про стан неба, видимості на поверхні, опадах, температурі і вітрах до 12 разів на годину. Майже 10 000 добровільців спостерігачів кооперативу NWS збирають та надають додаткові дані про температуру, снігопади та опади. Дані спостережень, які збирають автоматизовані системи спостереження за поверхнею та волонтери, необхідні для покращення прогнозів та попереджень погоди [4].



Рисунок 1.5 – Автоматизована система спостереження за поверхнею в муніципальному аеропорту Чайлдресс у місті Чайлдресс, штат Техас

6) Суперкомп'ютери. Весь потік погодніх даних від метеостанцій, зондів, радарів, супутників, датчиків на літаках і кораблях надходить в центри обробки метеорологічної інформації — вони є в кожній національній метеослужбі. Такі центри оснащені суперкомп'ютерами. Менш потужні машини були б не здатні обробити таку кількість даних в прийнятний термін. Так, у Великобританії погоду прогнозує Cray XC40, який займає 11-е місце в списку найпотужніших суперкомп'ютерів світу з продуктивністю в 7 петафлопс (сім тисяч трильйонів операцій в секунду). Така машина може спрогнозувати початок дощу аж до хвилини. Отримані результати синоптики аналізують і складають остаточний прогноз. Машина обчислює конкретні характеристики, а узагальнити їх може тільки людина. Синоптики роблять прогнози там, де є відповідальність і де технології не здатні передбачити деякі погодні явища на місцевості, такі як туман і ожеледь.

7) AWIPS (вдосконалена система обробки інформації про погоду) — це комп'ютерна система обробки, яка об'єднує дані з усіх інструментів у графічний інтерфейс, який синоптики використовують для аналізу даних, підготовки та видачі прогнозів, спостережень, попереджень. Ця система використовує суперкомп'ютери для обробки даних з доплерівського радара, радіозондів, метеорологічних супутників та інших джерел, використовуючи моделі та продукти прогнозування. Після того, як метеорологи підготують прогнози, AWIPS генерує графіки погоди, а також спостереження за небезпечною погодою та попередження. Все це допомагає метеорологам створювати більш точні прогнози і швидше, ніж будь-коли раніше.

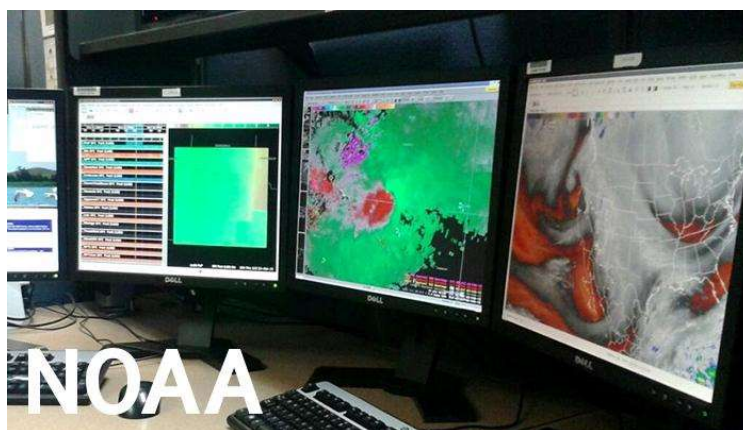


Рисунок 1.5 – Робоча станція AWIPS, Лубок, штат Техас

1.1.2 Методи прогнозування погоди

Звісно, для того, щоб прогнозування погоди, повинні існувати методи, за допомогою яких це робиться.

Основні методи:

1) Прогнозування постійності — являється найпростішим методом прогнозу погоди. Його суть полягає в тому, що він спирається на сьогоднішні погодні умови коли вона знаходиться в стійкому стані, для прогнозування погоди. Даний метод прогнозування дуже сильно залежить від наявності погоди, яка протягом тривалого часу не змінюється. Він використовується як у короткострокових, так і в довгострокових прогнозах. Прогнози постійності використовуються місцевими синоптиками при визначенні часу приходу грози в дану місцевість.

2) Кліматологічне прогнозування. Хоча прогнозування сталості є найбільш точним протягом коротких періодів (до того, як фактори зміни встигнуть спрацювати), найкращою оцінкою погоди на тривалий період вперед є середнє значення минулих вимірювань у цей час доби та року. Прогноз кліматології ґрунтується на спостереженні, що погода на певний день в певному місці не сильно змінюється з року в рік. Як результат, довгострокове середнє значення погоди в певний день або місяць має бути хорошим припущенням про погоду на цей день або місяць.

3) Спостереження за небом. Стан неба, так само як тиск, є одним з найбільш важливих параметрів погоди, які використовуються для прогнозу погоди, особливо в гірських районах. Згущення хмар вказує на те, що в найближчому майбутньому буде дощ. На гарну погоду вказує ранковий туман, тому що дощовим умовам передують вітер або хмари, а вони перешкоджають утворенню туману. Також на гарну погоду в найближчому часі вказує безхмарне небо.

4) Барометр. З кінця 19 століття в прогнозуванні погоди використовується атмосферний тиск та тенденції до його зміни з часом. Ймовірність дощу зростає

при зниженні тиску. Натомість підвищення атмосферного тиску означає покращення погодних умов, наприклад ясне небо.

5) Прогноз поточної погоди. Прогноз погоди на найближчі шість годин часто називають прогнозом поточної погоди. У цьому часовому діапазоні можна з високою точністю прогнозувати невеликі явища, такі як зливи, грози, а також інші явища, занадто дрібні, щоб їх можна було визначити за допомогою комп'ютерної моделі. Людина, що володіє новітніми даними радарів, супутників і спостережень, зможе краще проаналізувати наявні дрібномасштабні об'єкти і таким чином, зможе зробити більш точний прогноз на наступні кілька годин. Суворі погода, як правило, триває недовго (менше двох годин), і через її мезомасштабний характер (менше ста кілометрів) вона впливає на регіональні райони, вимагаючи прогнозів для конкретного об'єкта. У цю категорію входять грози, поривчасті фронти, торнадо, сильні вітри, особливо вздовж узбереж, над озерами і горами, сильний сніг. Розвиток радіолокаційних мереж, нових приладів і високошвидкісних ліній зв'язку забезпечило засоби видачі попереджень про такі явища. Методи прогнозування поточної погоди використовують високоавтоматизовані комп'ютери та системи аналізу зображень для швидкої інтеграції даних з різних джерел. Інтерпретація відображених даних вимагає кваліфікованого персоналу та широкого програмного забезпечення для надання відповідної інформації. Оперативне прогнозування небезпеки вітру та зливових дощів в аеропортах є одним із прикладів важливості процедур прогнозування погоди.

6) Використання моделей прогнозування. У минулому люди складали повний прогноз погоди на основі наявних спостережень. Сьогодні, як правило, робота людини обмежується вибором моделі на основі різних параметрів, таких як похибки моделі та продуктивність. Використання одночасно кількох різних моделей може зменшити похибку прогнозу погоди.

7) Аналоговий метод — даний метод прогнозування погоди є доволі складним. Синоптик має запам'ятовувати попереднє погодне явище, яке, як очікується, буде імітовано майбутньою подією. Завдання аналогового синоптика полягає в тому, щоб знайти дату в історії, коли погода ідеально відповідає або

аналогічна сьогоднішній погоді. Тоді прогноз на завтра простий — що б не трапилося на наступний день після аналога, це буде погода на завтра. Прогноз на післязавтра — це те, що сталося на другий день після аналога, і так далі. Що робить цей метод складним у використанні, так це те, що рідко існує ідеальний аналог для події в майбутньому [1].

8) Ансамблеві прогнози. Усі математичні моделі прогнозування погоди мають обмежені можливості. Вони не можуть розрахувати метеорологічні параметри в абсолютно кожній точці простору в абсолютно кожен момент часу. Такі фізичні процеси, як тумани і ожеледь, в силу локальності і складності природи, важко описати за допомогою математики. До того ж задані параметри про поточний стан погоди не можуть бути абсолютно точними. Тому з'явилися сучасні методи прогнозування — «ансамблеві». Розрахунок прогнозу запускається не один, а кілька разів, зі злегка різними вхідними даними. Ансамблеві прогнози дозволяють розрахувати ймовірність явища. Наприклад, ймовірність опадів становить 80%. Це означає, що з 50 членів ансамблю 40 (абсолютна більшість) прогнозують дощ. Разом з тим, є 10 членів, які виключають опади.

9) Прогноз погоди від нейромережі. З розквітом нейромереж їх стали активно застосовувати в прогнозуванні погоди. Основний плюс — не потрібно розв'язувати складні фізичні рівняння і зберігати величезні обсяги інформації. Ви збираєте деякий архів даних, а потім нейромережа самостійно аналізує його і виділяє закономірності. Алгоритми машинного навчання застосовує наприклад, " «Google.Погода», використовуючи систему Meteum. Нейромережа бере прогнози, розраховані американською, канадською, японською та європейською моделями, і рахує свій за моделлю WRF. Ці прогнози звіряються з реальними спостереженнями в декількох точках міста, зібраних по метеостанціях і супутниках. Потім вона знаходить повторювані закономірності і видає прогноз [3].

1.1.3 Сфери використання

Важливість точних прогнозів погоди важко переоцінити, оскільки потреба в них завжди затребувана практично у всіх аспектах життя. Ці прогнози можуть бути застосовані в наступних областях:

1) Попередження про суворі погодні умови є основною частиною сучасного прогнозування погоди. Метеорологічні служби у випадку небезпечної та суворої погоди видають попередження та рекомендації для захисту життя і майна людей. Попередження про торнадо та грози являються найбільш відомими попередженнями про небезпечну погоду. Також попередженнями про сувору погоду можуть бути сильний вітер, повені, туман, зимова погода тощо. Засоби масової інформації, радіо, а іноді в екстренних випадках навіть аварійні системи оповіщення населення повинні транслювати населенню ці попередження.

2) Повітряний рух. Авіаційна промисловість дуже чутлива до погодних умов, тому особливо важливо точно прогнозувати погоду, враховуючи той факт, що велике число авіакатастроф, зареєстрованих по всьому світу, викликане погодними явищами. Серйозною проблемою для літальних апаратів є грози, оскільки вони викликають сильну турбулентність, сильні опади призводять до обмерзання. Також серйозної шкоди повітряному судну у польоті можуть завдати великий град, сильний вітер і блискавки. Авіалайнери направляються так, щоб використовувати переваги попутного вітру для підвищення паливної економічності. Екіпажі літаків перед зльотом проходять інструктаж про погодні умови в дорозі і пункті призначення. Крім того, для того, щоб скористатися перевагами напрямку вітру, аеропорти часто змінюють злітно-посадкову смугу, це зменшує відстань, необхідну для зльоту і посадки.

3) Морський рух. Напрямок вітру та його швидкість, висота хвиль, опади можуть обмежити використання водних шляхів як комерційними, так і рекреаційними суднами. Всі ці фактори суттєво впливають на безпеку морського

транспорту. Для передачі прогнозів погоди морським суднам були встановлені спеціальні коди, такі як MAJOR. (Морський прогноз).

4) У сільських господарствах, для того, щоб вирішити, яку роботу їм виконувати в той чи інший конкретний день, фермерам необхідний прогноз погоди. Довготривалі посухи можуть погубити посіви бавовни, пшениці та кукурудзи, натомість в таку погоду можна проводити сушку сіна, а залишки висушених посівів можна використовувати, як корм для худоби. Заморозки завдають шкоди посівам як навесні, так і восени. Наприклад, через весняні заморозки персикове дерево може втратити свій урожай персиків. Апельсинові гаї також можуть значно постраждати під час заморозків.

5) Комунальні компанії. На попит споживачів енергоресурсами в першу чергу впливає погода. Тому електроенергетичним та газовим компаніям необхідний детальний довгостроковий прогноз погоди. Використовується спеціальна величина, так званий градус-доба, вона визначає наскільки інтенсивно споживачі будуть використовувати опалення або охолодження. Більш низькі температури призводять до збільшення кількості днів нагрівання, тоді як більш високі температури призводять до збільшення кількості днів охолодження. Взимку сильні холоди можуть викликати різке зростання попиту, оскільки люди включають опалення. Так само влітку або в сухий сезон зростання попиту може бути пов'язане із збільшенням використання систем кондиціонування повітря в жарку погоду. Комунальні компанії передбачаючи різке зростання попиту можуть додатково поставляти електроенергію або природний газ до підвищення цін, або, в деяких випадках, поставки обмежуються через використання аварійних відключень.

6) Військове застосування. Військові синоптики повідомляють бійцями про погодні умови на полі бою. Інформація про погоду є вкрай необхідною для авіації, пілотам повідомляють передпольотні звіти про погодні умови. Також така інформація є корисною для захисту військових об'єктів.

7) Приватний сектор. Багатьом приватним компаніям необхідний детальний прогноз погоди, адаптований до їхніх потреб, для того, щоб уникнути втрат, або

щоб збільшити свій прибуток. При зміні погодних умов, споживачі можуть змінювати свої звички, тому мережі супермаркетів можуть змінювати свій асортимент. Насамперед прогноз погоди необхідний для звичайного населення, щоб знати, що їм одягати [7].

1.2 Параметри навколишнього середовища

Параметри навколишнього середовища — зовнішні кліматичні фактори, що об'єктивно впливають і можуть вказувати на зміну погоди в короткострокових, середньострокових та довгострокових прогнозах. Це температура, атмосферний тиск, вологість, напрямок вітру, хмарність, опади тощо. Вимірюються за допомогою спеціальних інструментів, таких як барометри, термометри, метеозонди, метеосупутники і т. п.

1.2.1 Температура

Температура — одна з фундаментальних фізичних величин в термодинаміці. Температура пов'язана із середньою кінетичною енергією руху та коливань усіх молекул, що складають дану систему, і є мірою цієї енергії. Температура може бути строго визначена тільки для станів термодинамічної рівноваги, оскільки з термодинамічної точки зору вона являє собою величину, що представляє загальну властивість двох систем, що знаходяться в рівновазі один з одним. Температура визначає поняття тепла і холоду. Температура є мірою теплового стану даного тіла. Якщо два тіла мають однакову температуру, то при безпосередньому контакті вони не передають тепло один одному, а коли температура обох тіл різна, то відбувається

передача тепла від тіла з більш високою температурою до тіла з більш низькою – до тих пір, поки температура обох тіл не вирівняється [8].

Основні шкали вимірювання температури:

1) Кельвін (K) — одиниця вимірювання температури в системі СІ, що позначається символом K. Шкала Кельвіна (абсолютна шкала) є термометричною абсолютною шкалою, тобто нуль в цій шкалі означає найнижчу теоретично можливу температуру, яку може мати тіло. Це температура, при якій (згідно з класичною фізикою) будь-які коливання молекул припинилися. Однак ця температура не може бути досягнута — вона була розрахована за функцією, яка змушує температуру залежати від кінетичної енергії в ідеальних газах. Ця функція була розроблена Вільямом Томсоном, лордом Кельвіном, на честь якого були названі шкала та одиниця вимірювання температури [9].

2) Градус Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) — названий на честь шведського вченого Андерса Цельсія, який запропонував його в 1742 році. В якості контрольних точок ця шкала приймає температури, при яких тане лід і кипить вода при нормальному тиску. Цим точкам Цельсій присвоїв значення, рівні 100° і 0° відповідно. Побудована таким чином шкала була не дуже зручною, так як інтуїція підказує, що збільшення відчуття тепла повинно відповідати збільшенню значення температури. Таким чином, шкала Цельсія була „перевернута”, і в даний час в нормальних умовах лід тане при 0°C , а вода кипить при 100°C . Дана шкала температур є найбільш поширеною в Європі [10].

3) Фаренгейт ($^{\circ}\text{F}$) — шкала вимірювання температури, запропонована в 1724 році і названа на честь її творця Даніеля Габріеля Фаренгейта. Використовується в США, Кайманових островах, Багамах і Белізі. У Канаді він існує як додаткова шкала. 32°F відповідають температурі плавлення льоду, а 212°F — температурі кипіння води при нормальному тиску. Порівнюючи цю шкалу зі шкалою Цельсія, можна побачити, що зміна температури на 180°F відповідає зміні температури на 100°C . Таким чином, ці дві шкали не рівномірно градуйовані. Зміна температури на 1°C відповідає зміні температури на $9/5^{\circ}\text{F}$. Щоб перетворити значення

температури, виражене в градусах Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$), в шкалу Цельсія ($^{\circ}\text{C}$), необхідно використовувати наступну формулу: $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \cdot (^{\circ}\text{F} - 32)$ [11].

4) Шкала Ранкіна ($^{\circ}\text{Ra}$) — це абсолютна шкала, тобто нуль в цій шкалі означає мінімально можливу температуру, яку може мати ідеальний кристал, при якій будь-які коливання молекул припинилися (абсолютний нуль). Ця температура була розрахована на основі функції, яка залежала від температури від кінетичної енергії коливань молекул в ідеальному кристалі. Це еквівалент шкали Кельвіна для градусів за Фаренгейтом. Формула: $^{\circ}\text{Ra} = ^{\circ}\text{F} + 459,76$ [12].

Існують ще інші шкали вимірювання, які рідко використовуються, такі як є шкала Реоюра, шкала Ремера, шкала Дізеля, шкала Ньютона.

Відчувальна температура — стан, що визначає, яке теплове відчуття буде відбуватися при даних погодних умовах. Він розраховується залежно від прийнятої моделі на основі таких параметрів, як температура повітря, сила вітру, вологість і опади. Вперше поняття відчутної температури було введено Чарльзом Пасселем в 1940-х роках. XX ст. Це було результатом його спостережень, що стосуються замерзання води в посудині під час наукових досліджень в Антарктиді. Це спостереження показало, що час замерзання води залежить від її початкової температури, температури навколишнього середовища та швидкості вітру. Існує кілька моделей, що дозволяють розрахувати відчувальну температуру, однак жодна з них не дає ідеальних результатів у всьому діапазоні мінливості атмосферних умов. Відповідно до моделі, запропонованої в 2001 році Американським інститутом національної метеорологічної служби, дана формула:

$$T_{\omega c} = 13,12 + 0,6215T_{\alpha} - 11,37V^{0,16} + 0,3965T_{\alpha}V^{0,16} \quad (1.1)$$

де $T_{\omega c}$ — відчувальна температура [$^{\circ}\text{C}$];

T_{α} — температура повітря [$^{\circ}\text{C}$];

V — швидкість вітру [km/h] [13].

Таблиця 1.2 — Основні температури

	Градус Цельсія, °C
Абсолютний нуль	-273.15
Нормальна температура людського тіла	36.6
Температура кипіння води	99.983
Температура кипіння рідкого азоту	-195.8
Температура плавлення льоду	-0.0001

Вимірювання температури може здійснюватися декількома способами. Залежно від взаємодії досліджуваного вимірювального об'єкта і вимірювального датчика можна розрізнити:

- тактильне вимірювання (контактне вимірювання) — датчик (термометр) контактує з об'єктом, температуру якого ми вимірюємо;
- безконтактне вимірювання — шляхом вимірювання параметрів електромагнітного випромінювання, що випускається нагрітим тілом (теплове випромінювання), наприклад, довжини хвилі, кількості випромінюваної енергії об'єктом [14].

Термометр — прилад, який використовується для вимірювання температури непрямим методом. Його принцип дії полягає на тому, що під впливом температури змінюються властивості термометричного тіла, використовуваного в термометрі. Термометр можна використовувати для вимірювання будь-якої температури в певному діапазоні.

Контактне вимірювання:

1) Рідинний термометр — термометр, в якому вимірювання температури проводиться шляхом вимірювання об'єму рідини (рис. 1.6). Він складається з резервуара з рідиною, який з'єднаний зі скляним капіляром, всередині якого над рідиною знаходиться інертний газ. Шкала, розташована вздовж капіляра, дозволяє зчитувати температуру. Термометричною рідиною найчастіше була ртуть, на сьогоднішній день це спирт [15].

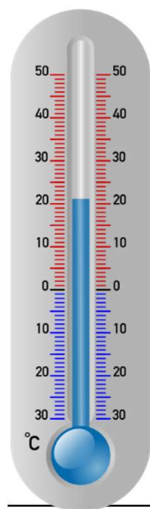


Рисунок 1.6 – Рідинний термометр

2) Газовий термометр (газовий термометр тиску) — прилад, який використовується для вимірювання температури, принцип дії якого заснований на використанні явища теплового розширення газу. Вимірювання температури здійснюється за допомогою датчика, який складається з заповненої газом капсули (1), капіляра (2) і пружного елемента, так званої трубки Бурдона (3) (рис. 1.7). Зміна температури середовища створює внутрішній тиск, який вимірюється системою з трубкою Бурдона. Зміни температури навколишнього середовища вирівнюються за допомогою біметалічної системи, розташованої всередині термометра [16].

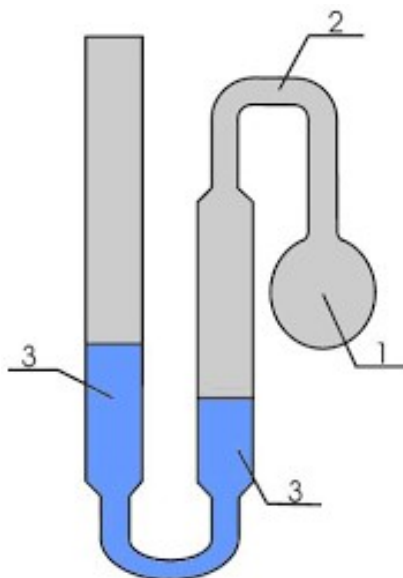


Рисунок 1.7 – Газовий термометр

3) Біметалічний термометр — термометр, в якому вимірювання температури здійснюється за допомогою біметалічної системи всередині термометричного датчика (рис. 1.8). Біметалічний елемент — це дві нерозривно з'єднані смуги різних металів. Кожен з металів має різний коефіцієнт теплового розширення, так що елемент змінює кривизну при зміні його температури. Сама біметалічна система складається з біметалічної смуги, спірально або спірально намотаної в залежності від розміру датчика і вимірюваної температури [17].

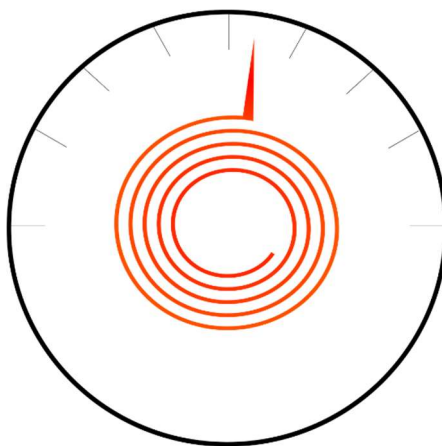


Рисунок 1.8 – Біметалічний термометр

4) Термометр опору — вимірювальний прилад, який використовується для вимірювання температури з використанням зміни опору, що супроводжує зміни температури (рис. 1.9). Вимірювання проводиться непрямым шляхом. Електричний опір відповідного вимірювального елемента (резистора) вимірюється за допомогою омметра, який градуйований в одиницях температури. Електричний опір металів в певному діапазоні лінійно збільшується з підвищенням температури. Це дозволяє використовувати це явище в термометрах. Платинові та нікелеві резистори використовуються через високу температуру плавлення та корозійну стійкість [18].



Рисунок 1.9 – Термометр опору

5) Термоелектричний термометр — прилад, що реагує на зміну температури зміною термоелектричної сили вбудованої в нього термопари (рис. 1.10). У захисному кожусі, крім термопари, є зовнішні клеми для підключення електричних вимірювальних приладів. Вони можуть включати монтажне обладнання або з'єднувальні головки [19].



Рисунок 1.10 – Термоелектричний термометр

Термопара — елемент електричного кола, що складається з двох різних провідників, що використовують ефект Зеєбека, який відбувається на їх контакті. Термопара використовується як датчик температури, рідше як джерело живлення з дуже низькою напругою та відносно високим струмом. Термопари відрізняються високою точністю і гнучкістю конструкції, що дозволяє застосовувати їх в різних умовах. Недоліком є механічна мінливість вимірювального роз'єму і можливість протікання струму поза електричним колом термопари, коли роз'єм не ізолюваний. Ізоляція збільшує час реакції термопари на зміну температури. Тому в вимірах з високою динамікою змін використовуються термопари без ізоляції.

Термопара складається з пари різних металів, як правило, у вигляді проводів, скріплених на обох кінцях. Одне з'єднання поміщається в місце вимірювання, а інше підтримується при постійній контрольній температурі. Коли не потрібна висока точність (допустима похибка порядку декількох градусів), в якості контрольної температури розглядається, наприклад, температура всередині шафи управління промислової машини, яка вимірюється за допомогою іншого датчика (це так званий штучний нуль). Під впливом різниці температур між переходами (вимірювальним і еталонним) утворюється різниця потенціалів (електрорушійна

сила), звана в даному випадку термоелектричної силою, пропорційної різниці температур [20].

Безконтактне вимірювання:

1) Пірометр — вимірювальний прилад, який використовується для безконтактного вимірювання температури (рис. 1.11). Він працює на основі аналізу теплового випромінювання, що випускається досліджуваними тілами. Усі тіла з температурою вище абсолютного нуля випромінюють теплове випромінювання з подібною характеристикою, яка називається випромінюванням чорного тіла. Прості пірометри вимірюють кількість енергії, що випромінюється шляхом вимірювання температури елемента, на який падає випромінювання. Для вимірювання температури вище 600 °C використовуються оптичні пірометри, в яких яскравість світіння досліджуваного об'єкта порівнюється з яскравістю еталонного об'єкта (наприклад, нитки розжарення) [21].



Рисунок 1.11 – Пірометр

2) Тепловізор — пристрій, який аналізує температурне інфрачервоне випромінювання. Існує в спостережних і вимірювальних версіях. На Заході ці пристрої зустрічаються в основному під назвами, еквівалентними назвам: теплова, термографічна або інфрачервона камера, особливо коли з контексту видно, що її діапазон спектральної чутливості охоплює смуги 3-5 або 8-13 мікрометрів. Ці смуги збігаються з областями високої проникності атмосфери для інфрачервоного випромінювання [22]. Зображення тепловізора показано на рисунку 1.12.



Рисунок 1.12 – Термограма паровоза зроблена камерою високої роздільної здатності

1.2.2 Атмосферний тиск

Тиск — скалярна величина, що визначається як величина сили, що діє перпендикулярно поверхні, поділена на поверхню, на яку вона діє, що являє собою залежність:

$$p = \frac{F_n}{S} \quad (1.2)$$

де p – тиск [Па];

F_n – сила, перпендикулярна поверхні [N];

S – площа [м²] [23].

Атмосферний тиск — тиск в атмосфері Землі та інших планет. Тиск залежить від висоти над рівнем моря, широти, температури повітря.

Паскаль (Па) — одиниця тиску в системі СІ. Часто зустрічається аббревіатура кПа, що означає кілопаскаль (10^3 па), МПа означає мегапаскаль (10^6 па), ГПа означає гігапаскаль (10^9 Па), а гПа – гектопаскаль (100 Па). Гектопаскаль зазвичай використовується для атмосферного тиску, оскільки він точно дорівнює широко

використовуваному до 1960-х років в метеорології в системі CGS і MKSA одиниці мілібар: $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар}$.

Бар — позасистемна одиниця вимірювання тиску, в метеорології для вимірювання атмосферного тиску часто застосовується одиниця мілібар (мбар), рівна 0,001 бар [24].

Технічна атмосфера — позасистемна одиниця вимірювання тиску, яка зазвичай використовується в техніці. Це відповідає тиску, викликаному одним кілограмом сили (1 кг), що розкладається на один квадратний сантиметр (1 см^2);

Фізична атмосфера — позасистемна одиниця вимірювання тиску, що дорівнює тиску 760 міліметрів ртутного стовпа (мм рт.ст.) при температурі 273,15 К (0°C). Фізична атмосфера відповідає середньому атмосферному тиску на рівні моря на Землі. Фізична атмосфера, останнім часом майже не використовується.

Міліметр ртутного стовпа — позасистемна одиниця вимірювання тиску, що дорівнює 133,322387415 Па. Раніше дана одиниця вимірювання визначалася як тиск, що чиниться одним міліметром ртутного стовпа (з щільністю $13,5951 \text{ г/см}^3$ при прискоренні землі $9,80665 \text{ м/с}^2$), звідси і його назва.

Міліметр водяного стовпчика — позасистемна одиниця вимірювання тиску дорівнює тиску водяного стовпа висотою один міліметр при температурі 273,16 К (0°C) при нормальному прискоренні землі.

Фунт на квадратний дюйм (англ. pound-force per square inch, psi) — позасистемна одиниця виміру тиску. В основному вживається в США [25].

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Па} &= 10^{-5} \text{ бар;} \\
 &= 1,019716 \cdot 10^{-5} \text{ технічна атмосфера;} \\
 &= 0,98692326671 \cdot 10^{-5} \text{ фізична атмосфера;} \\
 &= 0,0075006167382112 \text{ мм рт. ст.} \\
 &= 0,1019716212977928 \text{ мм вод. ст.} \\
 &= 1,450377 \cdot 10^{-4} \text{ psi.}
 \end{aligned}$$

Тенденція атмосферного тиску — це зміна тиску з часом. На синоптичних картах наноситься тенденція тиску графічно. Значення тенденції тиску описується

на синоптичній карті в гПа за останні 6 годин з точністю до 0.1 гПа у вигляді стрілки, що складається з двох прямих. Перша пряма (ліва) являє собою тенденцію 6-3 години тому, друга (права) - за останні 3 години [26].

Барометр — це прилад, який використовується для вимірювання поточного значення атмосферного тиску. В старих барометрах була вбудована невелика металева банка, яка роздавлювалася під дією тиску повітря. Чим більше сила тиску, тим сильніше була її деформація, що призводило до більшого відхилення прикріпленого наконечника. Ці типи барометрів були присутні як на метеостанціях, так і в простих приладах, що висять на стіні в квартирі.

У таких приладів було багато недоліків, наприклад, вони також реагували на зміну температури. Сьогодні в цій ролі використовуються цифрові датчики, наприклад, виготовлені за технологією MEMS. Вони працюють за аналогічним принципом, але вимірювання деформації проводиться набагато точніше. Крім того, для розрахунку тиску також враховується температура, яку найчастіше вимірює той же датчик.

Потім інформація надається в цифровій формі, тобто просто обробляється будь-якою мікросхемою, наприклад мікроконтролером. Калібрування не потрібно, оскільки це було зроблено виробником самого датчика.

Електронні системи для вимірювання атмосферного тиску набагато менші, легші і зручніші у використанні, ніж їх традиційні, старі аналоги. Єдиним їх недоліком є необхідність живлення, але енергоспоживання дійсно невелике.

Одним із прикладів такого датчика є чіп Freescale MPL115A1 (рис. 1.13). За тією ж технологією виготовлені мікросхеми Bosch BMP180 і BMP280, доступні на готових платах. Завдяки цьому їх легко підключити до Arduino або іншого мікроконтролера [27].

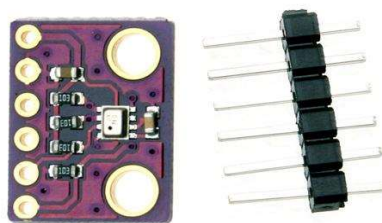


Рисунок 1.13 – Датчик тиску MPL115A1

Манометр — прилад для вимірювання тиску по відношенню до тиску навколишнього середовища (це відрізняє його від барометра), зазвичай атмосферного тиску (рис. 1.14). Через відносний тиск прилади вимірювання поділяються на:

- абсолютне — позначає абсолютний тиск, тобто по відношенню до вакууму;
- диференціальні — вказують на різницю тисків;
- відносні (манометри) — вказують тиск щодо тиску навколишнього середовища (відносне) і більше його;
- вакуумметри — вказують відносний тиск, але менше, ніж тиск навколишнього середовища [28].



Рисунок 1.14 – Манометр

1.2.3 Вологість

Вологість повітря — вміст водяної пари в повітрі. Вологість характеризується по-різному. Найбільш популярними є:

- абсолютна вологість — маса водяної пари, виражена в грамах, що міститься в 1 м³ повітря;
- питома вологість — маса водяної пари, виражена в грамах на 1 кг повітря (повітря, зваженого разом з водяною парою);

- відносна вологість — виражене у відсотках відношення парціального тиску водяної пари, що міститься в повітрі, до тиску насиченої водяної пари над плоскою поверхнею чистої води при тій же температурі;

- тиск водяної пари — парціальний тиск, що чиниться водяною парою в повітрі;

- температура точки роси — при такій температурі відбувається конденсація водяної пари, що міститься в повітрі [29].

Вологість повітря відноситься до основних показників погоди і клімату. Водяна пара, що міститься в повітрі, грає важливу роль, вона вказує на ймовірність випадання опадів, роси, туману, заморозків. Більш висока вологість знижує ефективність охолодження тіла потовиділенням, знижуючи швидкість випаровування води зі шкіри. Перевищення максимальної вологості, наприклад, в результаті зниження температури повітря нижче точки роси, викликає конденсацію водяної пари. Нагріте днем повітря може містити багато водяної пари. Коли настає ніч, поверхня землі і повітря охолоджуються, в результаті чого зменшується максимальна кількість водяної пари, який може міститися в ньому. Надлишок водяної пари конденсується в повітрі на ядрах конденсації або на холодних поверхнях, утворюючи краплі роси на поверхні Землі.

Гігрометр — прилад, який використовується для визначення вологості. Особливою групою гігрометрів є психметри, тобто прилади, засновані на вимірюванні сухим і вологим термометром. Сучасні гігрометри часто є електронними приладами, які також вимірюють температуру, тиск або температуру точки роси.

Існує багато типів гігрометрів і психметрів, однак найбільш поширеними сьогодні є:

1) Волосяні — традиційний, найдавніший тип гігрометра. Конструкція пристрою заснована на специфічних властивостях людського або кінського волоса. В даний час також використовуються синтетичні або бавовняні волокна. Ці волокна під впливом вологи змінюють свою довжину. Наконечник, що показує на градуванні показання, з'єднується з волоском або волокном і реагує на зміну його

довжини. Безперечною перевагою гігрометра цього типу є проста і дешева конструкція, яка, крім того, стійка до пошкоджень. Ці гігрометри характеризуються досить великою похибкою, яка може досягати 7%.

2) Конденсаційні — гігрометри цього типу мають форму металевої або скляної посудини. Ця посудина охолоджується. Вологість повітря в конденсаційних гігрометрах розраховується виходячи з температури, при якій водяна пара конденсується на елементах приладу. Маючи дані про температуру точки роси, атмосферному тиску і використовуючи таблицю, можна розрахувати вологість повітря. Для розрахунків можна використовувати спеціально створені для цього онлайн калькулятори.

3) Електролітичні — в даний час найбільш часто використовувана група приладів для вимірювання вологості. Електролітичні гігрометри точні та прості у використанні. Таким чином, вони часто використовуються у всіх видах зволожувачів, систем опалення та кондиціонування повітря. Ці пристрої дуже точно визначають вологість повітря на основі спеціального датчика, який вловлює зміни опору і провідності. В якості електронних датчиків використовуються ємнісні та резистивні датчики (рис.1.15).



Рисунок 1.15 – Ємнісний датчик вологості

4) Психрометри — конструкція цього типу пристрою заснована на двох термометрах (так званих "сухих" і "вологих"). Вологий термометр має резервуар для ртуті, покритий легко вбирає вологу матеріалом. Він використовує явище

гальмування випаровування вологим повітрям і прискорення його сухим повітрям. Чим вище вологість повітря, тим нижче температура, зазначена вологим термометром. Сухий термометр показує температуру навколишнього середовища. За різницею температур можна розрахувати вологість повітря [30].

1.2.4 Напрямок вітру

Вітер — горизонтальний або майже горизонтальний рух повітря відносно поверхні Землі. Вітер викликаний різницею тиску та різницею у формі поверхні. Термін вітер використовується в метеорології майже виключно для позначення горизонтальної складової вітру. Однак існує вертикальна складова вітру. Вітер може дути з областей більш високого тиску в області більш низького тиску. Вітер є однією зі складових погоди, для цього задається швидкість вітру (в м/с, км/год або в вузлах) і напрямок, з якого дме. Слід зазначити, що метеорологи під назвою (наприклад) західний вітер розуміють вітер, що дме із Заходу, а Західна океанське течія - це течія, що йде на захід.

Для вимірювання вітру використовується анемометр. Вітер також можна виміряти за допомогою супутникових методів (дистанційного зондування) за допомогою скейтерометрів, що використовують явище капілярних хвиль на воді (відбиття сонця), за допомогою акустичних методів дистанційного зондування, за допомогою спостережень за рухомими хмарами, за допомогою радара, за допомогою метеорологічних зондів та інших методів [31].

Атмосферна скейтерометрія — це метод дистанційного зондування, який використовується для оцінки швидкості та напрямку вітру з відбиття мікрохвильових променів від поверхні океану. Мікрохвильові скейтметри працюють за принципом активного радара, посилаючи до океану мікрохвильові хвилі і вловлюючи їх відображення від поверхні океану. При аналізі відбиття хвиль

для різних кутів падіння мікрохвильового випромінювання розраховується висота хвилі на воді і напрямок хвиль [32].

Анемометр — прилад, який використовується для вимірювання швидкості руху газів і рідин, особливо вітру (рис. 1.16). Деякі анемометри також вказують напрямок руху. Анемометр, який графічно фіксує швидкість або напрямок вітру, називається анемографом. Сьогодні анемографи все частіше підтримуються комп'ютерним записом даних. Існують різні типи анемометрів:

- поворотні — мають рухливий елемент, що приводиться в рух вітром;
- похилі — вітер, що дме відхиляє прямокутну пластину від вертикалі;
- тискові — вони використовують зміну тиску в рухомій рідині;
- теплові (електричні) — вони використовують зміну тепла від електричної нагрівальної пластини, вимірюваної величиною може бути електричний опір нагрівального елемента;
- доплерівські (ультразвукові) — вимірюють частоту звуку (ультразвуку), що поширюється по повітрю, яка змінюється при русі середовища щодо спостерігача (ефект Доплера), і таким чином визначають швидкість середовища [33].



Рисунок 1.16 – Анемометр

1.2.5 Хмарність

Хмарність — ступінь покриття неба хмарами. Для його визначення використовується октанова шкала від 0 до 8 (8-повна хмарність, 0-Ні). При визначенні ступеня хмарності також вказується тип і вид хмар. Більша хмарність зазвичай відбувається над океанами, ніж над сушею (виняток становить Екваторіальна зона).

Залежно від висоти нижньої межі хмар можна розділити хмарність на 3 яруси: нижній, середній і верхній. До нижнього ярусу відноситься (приблизно до висоти 2 км):

- шарувата (можуть випадати опади);
- шарувато-дощова (обкладні опади);
- шарувато-купчаста хмарність.

Середній ярус (приблизно від 2 км до 4-6 км):

- високо-шарувата;
- високо-кучова хмарність.

Верхній ярус:

- перистий;
- перисто-кучова;
- перисто-шарувата хмарність [34].

Нефоскоп — метеорологічний прилад для вимірювання швидкості і напрямку руху хмар (рис. 1.17). Промінь світла відомої швидкості випромінюється нефоскопом і потрапляє в основу цільової Хмари. Час проходження зворотного сигналу використовується для оцінки відстані до хмари [35].



Рисунок 1.17 – Нефоскоп

Нефометр — метеорологічний прилад для вимірювання ступеня хмарності. Вимірювання є більш точним, ніж неозброєним оком, оскільки вся блакитна півсфера відбивається в дзеркалі, розділеному на сектори, в яких окремо оцінюється ступінь хмарності і потім визначається сумарна величина для всього неба.

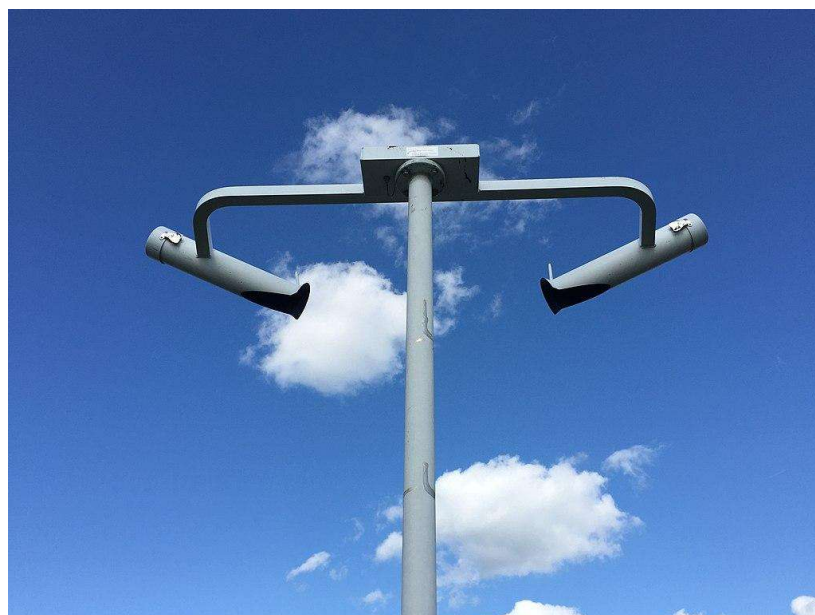


Рисунок 1.18 – Нефометр

1.2.6 Атмосферні опади

Атмосферні опади — сукупність рідких або твердих продуктів конденсації водяної пари, що падають з хмар на поверхню Землі, плаваючих в повітрі і осідають на поверхні Землі і предметів. Опади діляться на: осідаючі опади, плаваючі в повітрі і падаючі на поверхню Землі. До опадів, що падають на поверхню землі, відносяться: дощ, мряка, сніг, крупи і град. Осад, який не досягає поверхні Землі, називається вірга.

Величина опадів вказується в міліметрах водяного стовпа або літрах води на квадратний метр (л/ м^2) площі на добу. Іншими словами, 1 мм опадів відповідає 1 л води, пролитої на поверхні 1 м^2 . Для снігу це відповідає воді, що утворилася після його танення.

Для вимірювання висоти опадів використовується опадомір. Для безперервного запису рідких опадів і оцінки їх інтенсивності на різних часових відрізках використовується плювіограф.

Дощомір — прилад для вимірювання кількості атмосферних опадів (рис. 1.19). Найбільш широко використовувані дощоміри Hellmann - це посудини з гострими краями, що розміщуються на висоті 1 м над землею, якщо прилад встановлений на висоті 500 м над рівнем моря і 1,5 м на висоті понад 500 м над рівнем моря. Для автоматичних безперервних вимірювань використовуються плювіографи, що записують кількість, тривалість та інтенсивність опадів на смузі, розташованій на барабані годинника; для віддаленої передачі результатів використовуються телеплювіографи. В даний час введені автоматичні лічильники дощу вимірюють висоту опадів (наприклад, кожні 0,1 мм) і записують цю інформацію в електронну пам'ять, а потім передають її до центрів збору даних. Вважається, що це найстаріший вимірювальний прилад у метеорології [36].



Рисунок 1.19 – Найпростіший дощомір

Плювіограф — прилад для автоматичного безперервного вимірювання опадів, що записує їх кількість, тривалість та інтенсивність (рис. 1.20). Розрізняють плювіографи: поплавковий, в якому в посудині знаходиться поплавок, який вказує стан заповнення, і самоскидний. Будова плювіографа:

- поверхня збору опадів;
- воронка з трубкою для зливу води в поплавкову камеру;
- поплавкова камера з поплавком всередині;
- водовідвідний важіль в контрольний посудину;
- поплавковий стрижень з ручкою та ручкою;
- реєстраційний барабан з накладеною паперовою смугою;
- контрольний посудину для дощової води;
- кожух.

Також використовуються електронні плювіографи для підрахунку електричних імпульсів, що генеруються водою, яка надходить в плювіограф [37].



Рисунок 1.20 – Електронний плювіограф

1.3 Чисельне передбачення погоди

Чисельний прогноз погоди — оцінка стану атмосфери в майбутньому на основі знання початкових умов і сил, що діють на повітря. Чисельний прогноз погоди заснований на розв’язанні рівнянь руху повітря шляхом їх дискретизації і використання для розрахунків математичних машин.

Маніпулювання величезними наборами даних та виконання складних обчислень, необхідних для прогнозу погоди, з достатньою роздільною здатністю, щоб результат був корисним, вимагає використання найпотужніших суперкомп’ютерів. Проблема запису рівнянь та граничних умов у відповідній формі, а потім їх розв’язання за допомогою високошвидкісних цифрових комп’ютерів відоме як чисельне моделювання. Порівнюючи поведінку моделі з поведінкою реальної атмосфери, перевіряється достовірність процедур, використовуваних моделлю. Найбільш важливим застосуванням чисельного моделювання є розробка методів, достатньо надійних і досить швидких для використання в звичайному прогнозуванні погоди [1].

Початковий стан атмосфери визначається на основі одночасних вимірювань по всій земній кулі. Рівняння руху частинок повітря вводяться, припускаючи, що повітря є рідиною. Ці рівняння не можуть бути розв'язані простим способом. Однак ключовим спрощенням, що вимагає використання комп'ютерів, є припущення, що атмосферу можна приблизно описати як безліч дискретних елементів, на які впливають різні фізичні процеси. Комп'ютери використовуються для обчислення змін у часі температури, тиску, вологості, швидкості потоку та інших величин, що описують елемент повітря. Зміни цих фізичних властивостей викликані різними видами процесів, такими як теплообмін і маса, опади, рух над горами, тертя повітря, конвекція, вплив сонячної радіації і вплив взаємодії з іншими частинками повітря. Комп'ютерні розрахунки за всіма елементами атмосфери дають стан атмосфери в майбутньому, тобто прогноз погоди.

При дискретизації рівнянь руху повітря використовуються чисельні методи рівнянь — звідси і назва чисельного прогнозу погоди.

1.4 Висновки до розділу 1

Прогнозування погоди — це складна наука, яка залежить від ефективної взаємодії спостережень за погодою, аналізу даних метеорологами і комп'ютерами, а також систем швидкого зв'язку. Метеорологи досягли дуже респектабельного рівня майстерності в області короткострокового прогнозування погоди. Очікується подальше вдосконалення шляхом створення більш щільних мереж спостережень за поверхнею та верхніми шарами атмосфери, більш точних чисельних моделей атмосфери, більших, швидших комп'ютерів тощо.

Однак продовження міжнародного співробітництва має важливе значення, оскільки атмосфера — це безперервний потік, який не знає політичних кордонів. До цих пір точність довгострокового прогнозування була мінімальною, але

короткострокове прогнозування зробило величезну допомогу і перевагу світу в цілому сьогодні.

Основними параметрами погоди є температура, атмосферний тиск, вологість, напрямок вітру, хмарність та атмосферні опади. Для кожного з цих параметрів є свій метод вимірювання, які з часом вдосконалюються. Найкращими методами є звісно електронні методи, тобто за допомогою електронних датчиків, де вплив людини мінімальний. Отримувана інформація з датчиків обробляється зазвичай мікроконтролерами, і за допомогою різних чисельних методів прогнозування погоди, система видає прогноз погоди на майбутнє.

Разом з тим у побуті часто потрібні надкороткострокові локальні прогнози, для власних потреб людей (який одягатися, купатися, чи не купатися тощо), які не надаються метеослужбами, але для яких цілком вистачить простих моделей, придатних для реалізації на малопотужних обчислювальних засобах.

2 ДОМАШНЯ СИСТЕМА КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

Домашня система короткострокового прогнозування погоди (також звана метеостанцією) — це невеликий пристрій, він оснащений внутрішніми і зовнішніми датчиками і базою з дисплеєм (рис. 2.1). Функція датчиків - збирати дані про атмосферні умови зовні будинку (іноді і всередині). Дані між датчиками можуть передаватися за допомогою кабельного з'єднання або по бездротовій мережі. Метеостанція являє собою невелику плоску коробку з дисплеєм зверху. Він може бути закріплений на стіні або встановлений на полиці, стільниці, комоді. Варто пам'ятати, що вона не повинна піддаватися впливу прямих сонячних променів.



Рисунок 2.1 – Приклад дисплея метеостанції

Більш просунуті метеостанції аналізують зібрану інформацію про температуру, тиск і вологість повітря, а також про напрямок вітру. Ці дані також можуть бути заархівовані, щоб їх можна було використовувати в довгостроковій перспективі. Маючи дані про найважливіші метеорологічні фактори, метеостанція готує прогноз на найближчі кілька годин, деякі - навіть кілька днів. Прогноз відображається на дисплеї приладу. Обробкою інформації займається мікроконтролер.

Сучасні метеостанції оснащені модулем Wi-Fi, який дозволяє підключатися до Інтернету і отримувати інформацію з найближчої професійної метеостанції. Метеостанція також може збирати та аналізувати дані за кілька днів і краще прогнозувати погоду.

Спеціальні погодні станції також можуть бути пов'язані з іншими пристроями в системі розумного будинку і використовуватися для кращого і більш енергоефективного управління. Наприклад, інформація про температуру зовнішнього повітря може запустити роботу котла для опалення будинку. Датчик сонячного світла, в свою чергу, зробить зовнішні жалюзі розгорнутими. Однак це дуже високотехнологічні пристрої і набагато дорожчі, ніж метеостанція для домашнього використання. Вони можуть коштувати навіть кілька тисяч доларів [38].

2.1 Фактори вимірювання

Обсяг інформації, зібраної метеостанцією, може бути дуже широким. Він варіюється залежно від моделі та її ціни. Можна знайти метеостанції менш ніж за 500 гривень і такі за 10000 гривень. Перш за все, метеостанція вимірює температуру всередині будинку та/або зовні. Інформація про тиск повітря буде корисна тим, хто чутливий до його змін. Вимірюючи швидкість вітру і визначаючи його напрямок, люди, які планують заходи на свіжому повітрі, наприклад, біг в парку. Для фермерів і садівників інформація про появу опадів може бути важливою. Метеостанція також забезпечує зручне вимірювання вологості повітря не тільки на вулиці, але і в приміщенні, коли вона занадто мала, може бути підказкою для запуску зволожувача повітря. Завдяки цьому в квартирі буде створений кращий мікроклімат, сприятливий для домочадців, рослин і тварин. У свою чергу, інформація про занадто високу вологість повітря змусить нас почати провітрювання, щоб не було появи грибка в будинку.

Важливо правильно розташувати зовнішній датчик метеостанції, щоб не порушувати, спотворювати зібрані дані. Датчик не повинен піддаватися впливу екстремальних умов, наприклад, сонячних променів. Також немає сенсу розміщувати його на постійно затіненій ділянці фасаду. Щоб вимірювання швидкості вітру відповідало реальним умовам, датчик не повинен бути захищений за шторкою, чи стіною, що захищає від вітрів, що дмуть найчастіше в даній місцевості. Значення, що інформують про погоду, повинні бути усереднені для даного місця розташування. Добре прикріпити датчик на фасаді, наприклад, біля вікна, з південного сходу або південного заходу, де вітер може вільно циркулювати по будинку. Датчик також може бути встановлений на альтанці або навісі альтанки в центрі саду, але краще захистити його від прямих сонячних променів. Виробники найскладніших датчиків рекомендують встановлювати їх на опорі на певній відстані, наприклад, 15 м, від будь-яких споруд і на висоті не менше 1,5 м від Землі [38].

Основні фактори, які дозволяють нам легко прогнозувати погоду:

1) Вітер — спостерігаючи тільки за вітром, ми можемо багато чого дізнатися про те, як може змінитися погода в найближчі кілька хвилин або навіть - кілька годин. Тому, коли в негоду дме незмінний західний вітер, ми можемо розраховувати на збереження такої погоди. Але якщо протягом тривалого часу йшов дощ, і швидкість вітру помітно збільшується, це означає, що дощ буде зникати.

Зростаючий вечірній вітер дуже часто є ознакою погіршення погоди так само, як вітер, який протягом багатьох днів дув з одного напрямку і який різко повернув, в цьому випадку, також передбачаються опади з сильними поривами вітру.

2) Температура — термометр разом з барометром і гігрометром (вимірює вологість повітря) створюють потужні можливості для самостійного прогнозування погоди. Якщо ми спостерігаємо аномальне підвищення температури ввечері або вночі, ми можемо бути впевнені в погіршенні погоди.

3) Колір неба — може дати нам багато цікавої та корисної інформації. Таким чином, якщо в денний час небо білувате це означає, що в найближчому часі будуть

опади. Червоне небо на світанку також віщує прихід опадів, які будуть супроводжуватися сильним вітром. Про погіршення погоди повідомляє нам оранжево-червоне небо після заходу сонця. Однак, якщо небо також має золотистий колір після заходу сонця, ми можемо очікувати гарну погоду.

4) Атмосферний тиск — якщо на барометрі ми помічаємо, що тиск знижується, це інформація для нас, що насувається теплий фронт, а разом з ним опади і сильний вітер. Регулярні, чіткі добові коливання тиску, записані нашим вимірювальним приладом, свідчать про збереження гарної погоди. Навпаки, систематичне підвищення тиску після дощової погоди з сильним вітром є ознакою поліпшення погоди. Коли під час туману ми спостерігаємо підвищення тиску, це ознака того, що він зникне. Падіння тиску на 2-4 гПа протягом трьох годин означає, що ми повинні очікувати збільшення швидкості вітру. Навпаки, підвищення тиску більш ніж на 4 гПа за три години означає проходження холодного фронту і, як і раніше, збільшення швидкості вітру.

Якщо на гігрометрі ми бачимо значне збільшення вологості повітря при постійному падінні атмосферного тиску, це означає, що насувається шторм. Спостережуване нами швидке підвищення вологості повітря з одночасним зниженням температури є для нас сигналом про те, що скоро утвориться туман. Навпаки, швидке підвищення вологості повітря при одночасному підвищенні температури і падінні тиску є ознакою того, що наближаються дощі, а влітку – гроза [39].

2.2 Мікроконтролери

Автоматизація — істотне обмеження або заміщення людської фізичної і розумової праці роботою машин, що працюють за принципом саморегуляції і виконують певні дії без участі людини. Також використання машин для роботи, неможливої в іншому випадку. Автоматизація — це наступний етап після

механізації, де пряма робота людини необхідна для виробництва кінцевого продукту.

Мікроконтролер — інтегральна мікропроцесорна система, реалізована у вигляді єдиної інтегральної схеми, що містить центральний процесор (CPU), оперативну пам'ять і великі мікросхеми вводу-виводу і, як правило, програмну пам'ять як FRAM, MRAM, ROM або Flash.

Термін мікроконтролер походить від основної області його застосування, яка полягає в управлінні електронними пристроями, такими як: офісна техніка, медичні прилади (включаючи імплантати), пульт дистанційного керування, електричні інструменти, системи управління автомобільними двигунами і навіть іграшки та інші вбудовані системи.

Мікроконтролер являє собою корисну і повністю автономну мікропроцесорну систему, що не вимагає використання додаткових компонентів, необхідних для роботи традиційного мікропроцесора. В іншому мікроконтролери призначені для безпосередньої взаємодії з різними зовнішніми пристроями, в тому числі з тими, для роботи яких традиційний мікропроцесор зажадає використання додаткових периферійних мікросхем.

Мікроконтролери широко використовуються в побутовій техніці, контрольно-вимірювальних системах, промислових системах автоматизації, телекомунікаціях, компонентах та пристроях, що підключаються до комп'ютерів тощо [40].

2.2.1 Будова мікроконтролера

Серед вбудованих в типовий мікроконтролер функціональних блоків можна виділити:

- 1) Центральний процесор — це пристрій, який керує всім чіпом за допомогою комп'ютерної програми (у формі команд), зазвичай записаної у flash пам'яті. Одна

команда містить інформацію про тип операції та аргументи. Процесор являє собою як цифровий, так і послідовний і синхронний чіп, тому він характеризується досить високим ступенем складності. Цифровий чіп означає, що на відміну від аналогового, процесор розрізняє лише протилежні стани напруги (низький або високий). Процесор CPU виконує математичні команди, такі як додавання, віднімання, множення і побітові операції, і складається з декількох елементів, які працюють один від одного в залежності.

2) Пам'ять — поділяється на:

а) пам'ять даних — фізично або логічно відокремлена область оперативної пам'яті (RAM), призначена для зберігання даних (на відміну від пам'яті, в якій зберігається програмний код). RAM (англ. Random Access Memory) — це енергозалежна пам'ять, тобто зберігає інформацію тільки під час роботи системи, тому при відключенні живлення від чіпа пам'ять повністю очищається. Оперативна пам'ять характеризується дуже коротким часом доступу до даних і відсутністю обмежень на запис. RAM поділяється на:

- SRAM (англ. Static Random Access Memory) — статична оперативна пам'ять;

- DRAM (англ. Dynamic Random Access Memory) — динамічна оперативна пам'ять.

б) пам'ять інструкцій — комірки пам'яті, в якій зберігається сама програма. Являється енергонезалежною пам'яттю. Основні види це:

- Flash — тут ми знаходимо збережені завдання, які не видаляються з неї при відключенні живлення, що є однією з багатьох відмінностей від оперативної пам'яті. Іншим є той факт, що процесор не може записувати дані на Flash пам'ять, а лише читати їх, що призводить до того, що ця пам'ять використовується в основному для зберігання програм та фіксованих масивів та іншої інформації;

- ROM (англ. read-only memory) — пам'ять, дані з якої можуть бути тільки прочитані, в той час як запис неможлива або вимагає додаткових дій або обладнання (наприклад, програматора). У пам'яті цього типу зберігаються дані, які необхідно зберегти при відключенні пристрою від живлення;

- EEPROM (англ. electrically erasable programmable read-only memory) — використовується для зберігання невеликої кількості даних, завданням яких є виживання при відключенні живлення. Крім того, це дозволяє мікропроцесору записувати та стирати дані, однак це займає набагато більше часу, ніж оперативна пам'ять, а сам доступ до EPROM є більш складним.

3) Порти вводу/виводу — вводяться на ніжки мікросхеми мікроконтролера. Вони використовуються для зв'язку із зовнішнім світом, тому до портів можуть бути підключені різні типи пристроїв. Цікаво, що вони можуть працювати двонаправлено, що означає два способи роботи – порти можуть виводити інформацію, введену в них мікропроцесором, або зчитувати дані, що з'являються на лінії порту із зовнішнього боку. Звичайно, освоєння всього спектру роботи портів вводу/виводу, а також всіх основ, пов'язаних з їх роботою, забезпечить успіх в правильному програмуванні мікроконтролера, тому варто особливо зосередитися на цих знаннях, щоб засвоїти з них якомога більше інформації. За допомогою портів вводу/виводу можна підключати периферійні пристрої до мікроконтролера. Найчастіше це інтерфейси зв'язку [41].

Інтерфейс зв'язку — дозволяє взаємодіяти мікроконтролеру з іншими блоками, наприклад з іншими мікроконтролерами, комп'ютером, тощо. Основні інтерфейси зв'язку:

- UART (англ. Universal Asynchronous Receiver Transmitter) — інтегральна схема, яка використовується для асинхронної передачі та прийому інформації через послідовний порт;

- SPI (англ. Serial Peripheral Interface) — послідовний інтерфейс периферійних пристроїв. Один з найбільш часто використовуваних інтерфейсів зв'язку між мікропроцесорними системами та периферійними системами;

- I2C (англ. Inter Integrated Circuit) — послідовна двонаправлена шина, яка використовується для передачі даних в електронних пристроях. Вона була розроблена компанією Philips на початку 80-х років.

- USB (англ. Universal Serial Bus) — універсальний комунікаційний порт, який замінює старі послідовні порти і паралельні порти [40].

2.2.2 Архітектура пам'яті мікроконтролерів

1) Архітектура фон Неймана — тип комп'ютерної архітектури, де дані зберігаються разом з програмним кодом. Програма та дані зберігаються однаково. Процесор отримує доступ до даних та інструкцій через одну шину (рис. 2.2).

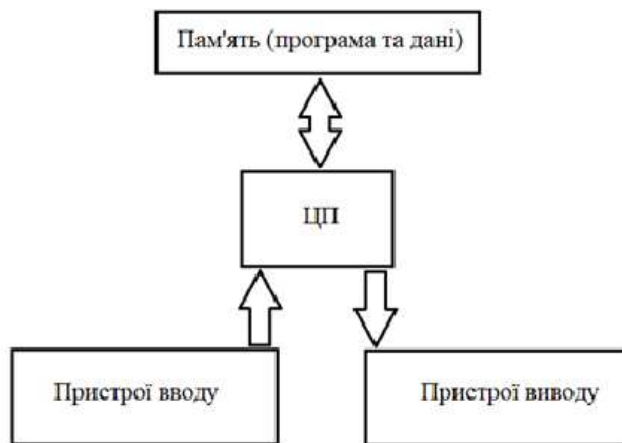


Рисунок 2.2 — Схема принципова архітектури фон Неймана

2) Гарвардська архітектура — на відміну від архітектури фон Неймана, пам'ять програмних даних відокремлена від пам'яті інструкцій (рис. 2.3). Більш проста (в порівнянні з архітектурою фон Неймана) конструкція призводить до більшої швидкості роботи, цей тип архітектури використовується в сигнальних процесорах і при доступі процесора до cache пам'яті. Відокремлення пам'яті даних від пам'яті інструкцій робить Гарвардську архітектуру використовуваною в одночипових мікрокомп'ютерах, вона дає можливість одночасного та незалежного доступу до пам'яті даних та інструкцій [42].

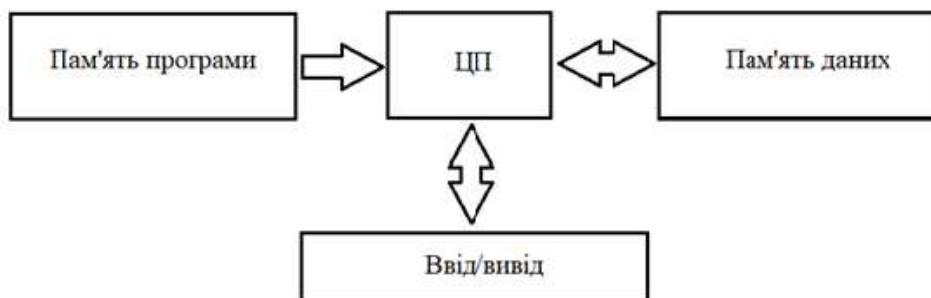


Рисунок 2.3 — Схема принципова гарвардської архітектури

2.2.3 Розрядність мікроконтролерів

Машинне слово — основна частина інформації, на якій працює комп'ютерна система. Слово, в разі машин, що працюють з двійковою арифметикою, складається з заданого зверху числа бітів, яке називається довжиною або шириною слова і найчастіше є ступенем числа 2. Зазвичай довжина слова в даній архітектурі комп'ютера визначає розмір шини даних і регістрів процесора. Мікроконтролери за розрядністю поділяються на:

1) 4 бітний — машинне слово поміщається в максимум у 4 біти пам'яті. Вона використовується в дуже простих пристроях як калькулятори.

2) 8 бітний — машинне слово поміщається в максимум у 8 біт пам'яті. Використовуються в вбудованих системах.

3) 16 бітний — машинне слово поміщається в максимум у 16 біти пам'яті. Використовуються в промислових мікроконтролерах та вбудованих системах.

4) 32 бітний — машинне слово поміщається в максимум у 32 біти пам'яті. Використовується для складних систем, такі як персональні комп'ютери.

5) 64 бітний — машинне слово поміщається в максимум у 64 біти пам'яті. Раніше використовувалась у суперкомп'ютерах, сьогодні використовується у персональних комп'ютерах та смартфонах.

2.2.3 Програмування мікроконтролерів

В якості мов програмування мікроконтролерів найбільш часто використовуються асемблер, мова C і спрощені мови, такі як BASIC. Асемблер дозволяє краще використовувати можливості мікроконтролера (в тому числі і обмежені ресурси пам'яті), проте, як правило, вимагає великих зусиль програміста. Мова C для програмування набагато простіша. Існують також спеціалізовані

інструменти, що дозволяють програмувати мікроконтролер на основі блок-схеми алгоритму, схеми кінцевого автомата або схеми з'єднань операційних блоків [40].

2.3 Алгоритм обробки даних

В домашніх метеостанціях, які працюють за допомогою мікроконтролерів, роль приладів для вимірювання факторів навколишнього середовища будуть відігравати електронні датчики. Датчики — фізичний інструмент, який найчастіше є складовим елементом більшої системи, завданням якої є сприймати вхідні сигнали з навколишнього середовища, розпізнати їх (наприклад тиск, температура, вологість тощо) та перетворити їх у величину, яка зручна для передачі, зберігання в контролері. Сенсор обов'язково має містити чутливий елемент та перетворювач (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 — Схема роботи електронного датчика

За методом вимірювання сенсори поділяються на:

- 1) Активні — перетворюють неелектричні величини в електричний сигнал.
- 2) Пасивні — зміна вхідної величини датчика викликає зміну параметра самого датчика.

Найпростіша домашня система короткострокового прогнозування погоди базується на зміні атмосферного тиску. При тенденції збільшення тиску, погода

буде сонячною, натомість тенденція зменшення атмосферного тиску означає наближення дощової погоди. Система буде показувати зміну тиску по часу:

$$\Delta P = \frac{P - P_{\text{попереднє}}}{t} \quad (2.1)$$

де: ΔP – похідна атмосферного тиску по часу [гПа/год];

P – атмосферний тиск на даний момент [гПа];

$P_{\text{попереднє}}$ – атмосферний тиск годину тому [гПа];

t – час [год].

Для вимірювання атмосферного тиску буде використовуватись електронний датчик тиску. Датчиком тиску тензодатчик, він буває:

1) П'єзоелектричний (напівпровідниковий) — у цьому типі тензодатчиків вплив механічних сил на напівпровідникову структуру викликає деформацію кристалічних решіток і, отже, зміну питомого опору.

П'єзорезистори — це напівпровідникові компоненти, в яких переважаючим явищем є зміна питомого опору через зміни механічних напруг (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 — П'єзоелектричний датчик

2) Тезнорезистивний (резистивний) — принцип роботи такого датчика тиску дуже простий. Він перетворює значення механічного тиску в пропорційний електричний сигнал. Зазвичай датчик складається зі стабільного корпусу і тонкої мембрани. Діафрагма є найважливішим вимірювальним елементом і оснащена резистивним елементом конструкції, чутливим до напруги та тиску, так званим тензодатчиком (рис. 2.6).

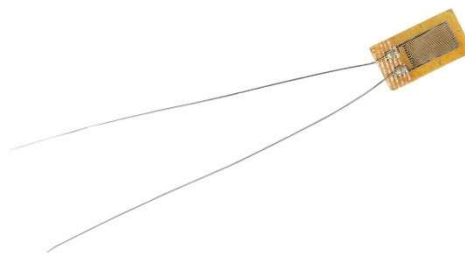


Рисунок 2.6 — Тензорезистивний датчик

Під дією тиску мембрана прогинається, а прикріплений до неї тензодатчик розтягується або стискається і змінюється його електричний опір. Зазначена зміна опору прямо пропорційна тиску.

В тензорезисторах використовується явище зміни електричного опору провідника, обумовленого його подовженням або укороченням. Залежність описує формула:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

де: R – тензоопір [Ом];

ρ – питомий опір матеріалу провідника [Ом];

L – довжина провідника [мм];

A – площа поперечного перерізу [мм²].

Існують ще ємнісні датчики тиску — вони засновані на мембранній конструкції, яка разом з тонкоплівковим металевим електродом утворює повітряний конденсатор. Зміни тиску викликають деформацію мембрани, що призводить до зміни її ємності. Потім ці зміни перетворюються на зміни тиску. Однак такі датчики використовуються при дуже низких тисках [43].

2.4 Висновки до розділу 2

Домашня система короткострокового прогнозування погоди є дешевою метеостанцією, яка оснащена електронними датчиками для вимірювання параметрів середовища. Інформація обробляється мікроконтролером. Погоду можна прогнозувати за допомогою різних факторів середовища, наприклад вологості, температури, тиску тощо. Підвищення атмосферного тиску означає хорошу погоду, а пониження тиску означає дощову погоду.

Також було розглянуто, що таке мікроконтролер. Він є невід'ємною частиною автоматизованих систем, складається з CPU, пам'яті, яка поділяється на пам'ять даних та пам'ять інструкцій, а також порти вводу/виводу. За допомогою портів вводу/виводу підключаються периферійні пристрої, такі як інтерфейси зв'язку UART, SPI, I2C, USB.

В мікроконтролерах існують дві архітектури по пам'яті: це архітектура фон Неймана та гарвардська архітектура. Сучасні мікроконтролери використовують гарвардську архітектуру. Дана архітектура пам'яті дає одночасний незалежний доступ до даних та програми, це збільшує швидкодію.

По розрядності мікроконтролери поділяються на 4, 8, 16, 32 та 64 бітні. Бітність означає у максимально скільки біт поміщається машинне слово. Мікроконтролери найчастіше програмуються на мові асемблер або C.

Для дипломної роботи було обрано, як фактор вимірювання атмосферний тиск, за допомогою його зміни можемо зпрогнозувати стан погоди (дощова чи сонячна). Електронні датчики тиску базуються на зміні електричного опору при зміні атмосферного тиску.

3 ПІДБІР КОМПОНЕНТІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ МАКЕТУ

Для того, щоб показати як дана система буде працювати на практиці, для дипломної роботи було розроблено макет домашньої системи короткострокового прогнозування погоди на базі мікроконтролера та датчика атмосферного тиску. Підбір компонентів було проведено так, щоб система була енергоощадною та коштувала якнайменше. Дана система буде дуже корисною, за її допомогою можливо передбачити погодні умови на конкретний день, підібрати потрібний одяг, розуміти, коли необхідно включати систему опалення в домі тощо. На рис. 3.1 зображено блок-схему роботи системи електронного прогнозування погоди.

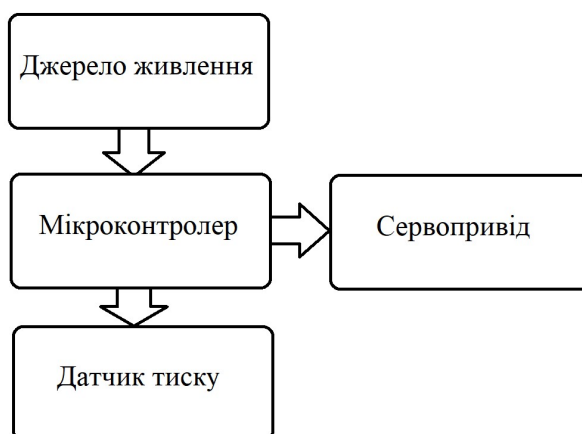


Рисунок 3.1 – Блок-схема макета домашньої метеостанції

3.1 Барометр

В якості барометра було обрано електронний датчик атмосферного тиску BMP 280 (рис. 3.2). Його найближчим конкурентом є датчик MS5611, діапазон його вимірювання від 10 гПа до 1200 гПа. Працює від живлення 1.8 В. Однак він коштує набагато дорожче, та був не доступний в магазині.

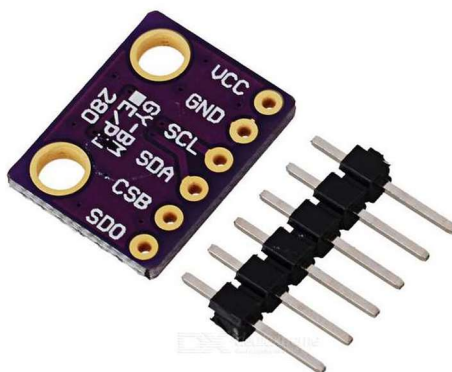


Рисунок 3.2 – Датчик BME 280

Він коштує недорого, його ціна 50 гривень. В якості інтерфейсу зв'язку використовує I2C або SPI. Діапазон вимірюваного тиску від 300 гПа до 1100 гПа з похибкою вимірювання 1 гПа. Датчик працює від живлення 3.3 В. Великим плюсом є те, що даний датчик має вбудований термометр, отже він є одночасно і датчиком тиску і датчиком температури, тож систему можна вдосконалити в майбутньому, щоб вона також показувала температуру повітря. Діапазон вимірюваної температури від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ [44].

BME280 це датчик абсолютного барометричного тиску, спеціально розроблений для мобільних додатків. Це резистивний датчик, він працює за формулою (2.2). Модуль датчика розміщений в надзвичайно компактному 6-контактному корпусі з металевою кришкою, що займає площу всього $2,0 \times 2,5\text{ мм}$ х $0,95\text{ мм}$. Його невеликі розміри і низьке енергоспоживання в $2.7\mu\text{A}$ дозволяють використовувати в пристроях з батарейним живленням, таких як мобільні телефони, GPS-модулі, годинник тощо. Він енергоощадний, може переходити в режим сну [45].

3.2 Сервопривід

Сервопривід використовується до обертання стрілки нашої домашньої метеостанції, яка вказує на стан погоди. Була обрана китайська копія класичного сервопривід SG90, а саме MG90S (рис. 3.3). Він важить всього 9 г, але володіє великою силою і швидкістю. Цей сервопривід ідеально підходить для всіх невеликих моделей, де кожен грам ваги має значення. Він відомий своєю надійністю і точністю, користується чималою популярністю і довірою багатьох модельєрів, які використовують саме цей сервопривід в своїх моделях [46].



Рисунок 3.3 – Сервопривід MG90S

Завдяки управлінню через ШІМ, сервоприводом можна управляти через мікроконтролер, наприклад Arduino. Таким чином, можна використовувати саме цей сервопривід в проектах на основі мікроконтролерів. ШІМ — метод регулювання струму або напруги, з постійною амплітудою і частотою, що полягає в зміні заповнення сигналу, який використовується в імпульсних джерелах живлення, імпульсних підсилювачах і системах управління роботою електродвигунів. ШІМ-чіп живить пристрій безпосередньо або через фільтр нижніх частот, що згладжує зміни сили електричного струму і напруги. Даний сервопривід найдешевший серед конкурентів. Наприклад сервопривід MG995, володіє аналогічними характеристиками, но коштує в два рази дорожче.

3.3 Мосфет модуль

Мосфет модуль буде використаний для того, щоб знизити енергоспоживання системи. Було обрано модуль MOSFET IRF520. Він обраний серед конкурентів через його доступність.

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця MOSFET модулів

Маркування	Опір, мОм	Струм через MOSFET при 3 В	Струм через MOSFET при 5 В
IRF3704ZPBF	7,9	10	120
IRLB8743PBF	3,2	20	>100
IRLB8748PBF	4,8	10	>100
IRL8113PBF	6	40	>100
IRLB3813PBF	1,95	20	>100
IRF520332C	1,7	>100	>100
IRF3711ZPBF	6	20	>100

Він потребує робочу напругу від 0 В до 24 В при споживанні струму до 5 А. Програмовані плати управління часто мають обмеження, пов'язані з напругою і максимальним робочим струмом. Це призводить до неможливості прямого підключення пристроїв з більш високим енергоспоживанням. Наприклад, коли ми хочемо підключити світлодіодну стрічку + 12 В до Arduino, ми не можемо зробити це безпосередньо через обмеження робочої напруги та струму мікроконтролера. В цьому випадку для управління використовуються виконавчі системи з силовим транзистором. Даний продукт сумісний з Arduino.

Розміри самого модуля це 34 x 26 мм. Напруга живлення модуля: від 3,3 В до 5 В. Робоча напруга від 0 до 24 В. Мосфет модуль IRF520 зображений на рис. 3.4 [47].

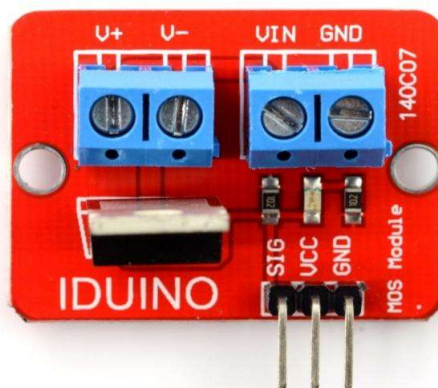


Рисунок 3.4– Мосфет модуль IRF520

Для системи візьмемо транзистор з MOSFET модуля IRF520 (рис.3.5). Це транзистор з ізольованим затвором, n-канальний. Має велике значення швидкості перемикання і високу провідність відкритого каналу.

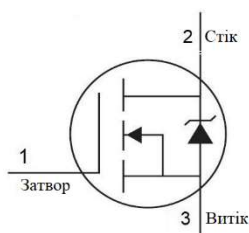


Рисунок 3.5– Схема транзистора IRF520

3.4 Мікроконтролер

Існує дуже багато виробників мікроконтролерів у світі, основні це Texas Instruments, Hitachi, Arduino та інші. Основні мікроконтролери для початківців це Atmega328P, Atmega32u4, Intel Curie. На базі цих мікроконтролерів побудовані плати Arduino Nano, Arduino Leonardo та Arduino 101.

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця різних плат від Arduino

Параметри	Arduino Nano	Arduino Leonardo	Arduinio 101
Мікроконтролер	Atmega328P	Atmega32u4	Intel Curie
Робоча напруга	5 В	5 В	3.3 В
Вхідна напруга	7 – 12 В	7 – 12 В	7 — 12 В
Постійний струм на I/O пін	20 мА	40 мА	20 мА
Постійний струм на 3.3 В пин	50 мА	40 мА	20 мА
Флеш пам'ять	32 КБ	32 КБ	196 КБ
SRAM	2 КБ	2.5 КБ	24 КБ
EEPROM	1 КБ	1 КБ	—
Тактова частота	16 МГц	16 МГц	32 МГц

Для домашньої системи прогнозування погоди було обрано мікроконтролер АТmega328Р (рис. 3.6), через найменший розмір плати серед конкурентів та низьку ціну. Даний мікроконтролер належить до сімейства AVR. Це високошвидкісні мікроконтролери побудовані на гарвардській архітектурі. Це 8-бітний мікроконтролер. Архітектура команд RISC, це означає, він має спрощений набір команд, має високу швидкодію та низьке енергоспоживання.

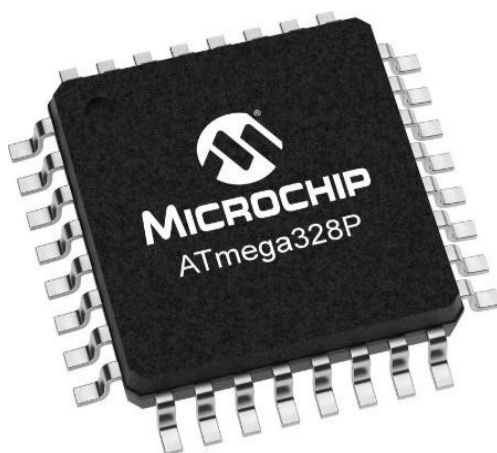


Рисунок 3.6 – Мікроконтролер АТmega328Р

Специфікація мікроконтролера:

- Живлення: 1.8 В-5.5 В;
- Тактова частота: до 20 МГц;
- Флеш-пам'ять: 32 КБ;
- Два 8-бітних лічильника;
- Один 16-бітний лічильник;
- 6 каналів ШІМ;
- Апаратні комунікаційні інтерфейси: USART, SPI, I2C [48].

Мікросхема Atmega328P використовується в вибраному мною модулі Arduino Nano (рис. 3.7). Дана плата дуже компактна та дешева. Її виміри 45 x 18 мм. Має багато контактів, за допомогою яких можна підключати периферії, наприклад датчиків. Плати серії Arduino є одним з найпопулярніших рішень, що використовуються при прототипуванні апаратних і програмних додатків, таких як контролери електродвигунів і освітлення, інтерфейси з дисплеями і кнопками, схеми вимірювання фізичних величин і багато іншого. Arduino Nano підключивши до комп'ютера можна програмувати. Модуль оснащений роз'ємом micro USB, додатковий програматор не потрібно [49].

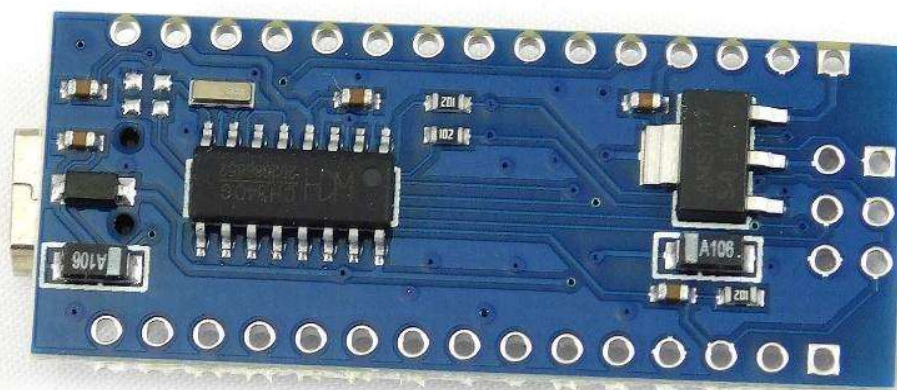


Рисунок 3.7 – Плата Arduino Nano

3.5 Проектування макету

Домашня система короткострокового прогнозування дає можливість швидко спрогнозувати наближення опадів (гроза, циклон), ґрунтуючись на зміні атмосферного тиску за часом. При запуску показує рівень заряду акумулятора (шкала від 0 до 100%). Кожні 10 хвилин система пробуджується, робить розрахунки, якщо є зміни – підключає сервопривід і повертає стрілку. У схемі використовується режим глибокого енергозбереження, що дозволяє працювати дуже довгий час на одному заряді акумулятора. Транзистор з мосфет модулю під'єднаний до мікроконтролера, сервопривода та живлення через 1 резистор на 10к Ом та 1 резистор на 100 Ом, щоб обмежити максимальний струм, який подається на модуль. Робоча схема макета зображена на рис. 3.8.

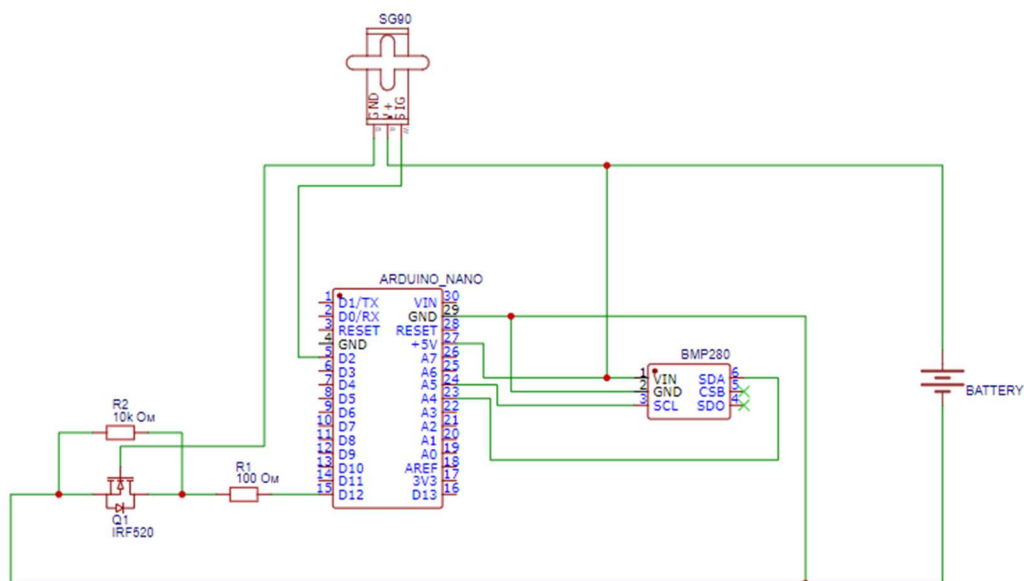


Рисунок 3.8 – Робоча схема макету домашньої системи короткострокового прогнозування погоди

Система буде працювати за таким принципом:

- 1) Пробудження;
- 2) Виміряти тиск;
- 3) Знайти різницю;

- 4) Запам'ятати поточне;
- 5) Повернути стрілку;
- 6) Спати 10 хвилин.

Опитування датчика буде проводитись за формулою (2.1), тобто в гПа/год. Поточне вимірювання буде порівнюватись з виміром годину тому, формула має наступний вигляд: $\Delta P = \frac{P_{\text{поточне}} - P_{\text{годину тому}}}{\text{година}}$. Це зроблено для того, щоб похибку вимірювання. Загальний вигляд макета зображений на рис. 3.9.

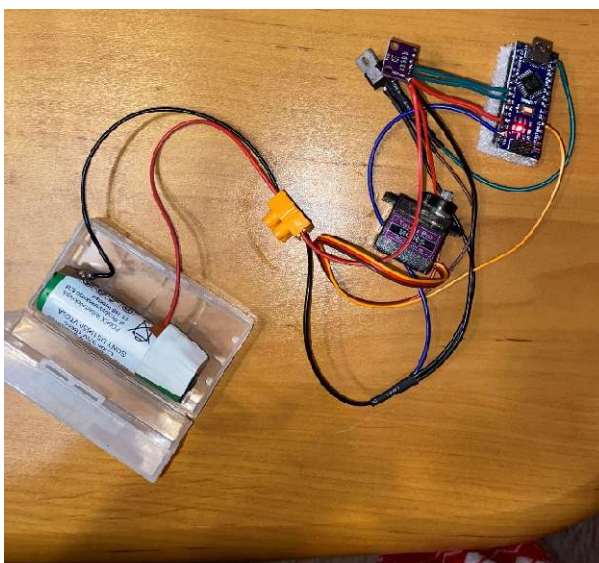


Рисунок 3.9 –Макет системи прогнозування погоди в розібраному виді

Готовий зібраний макет домашньої системи прогнозування погоди зображений на рис. 3.10.

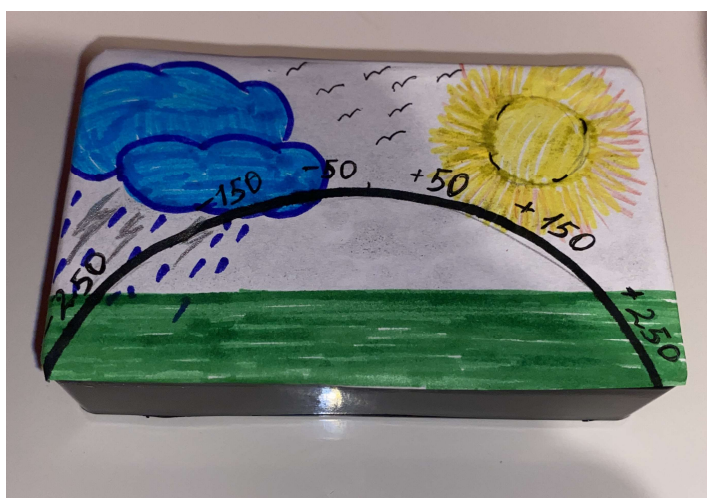


Рисунок 3.10 – Готовий макет системи прогнозування погоди

Після повної зборки макета, було написано та встановлено на плату Arduino Nano прошивку, за допомогою програми Arduino IDE (рис. 3.11-3.13).

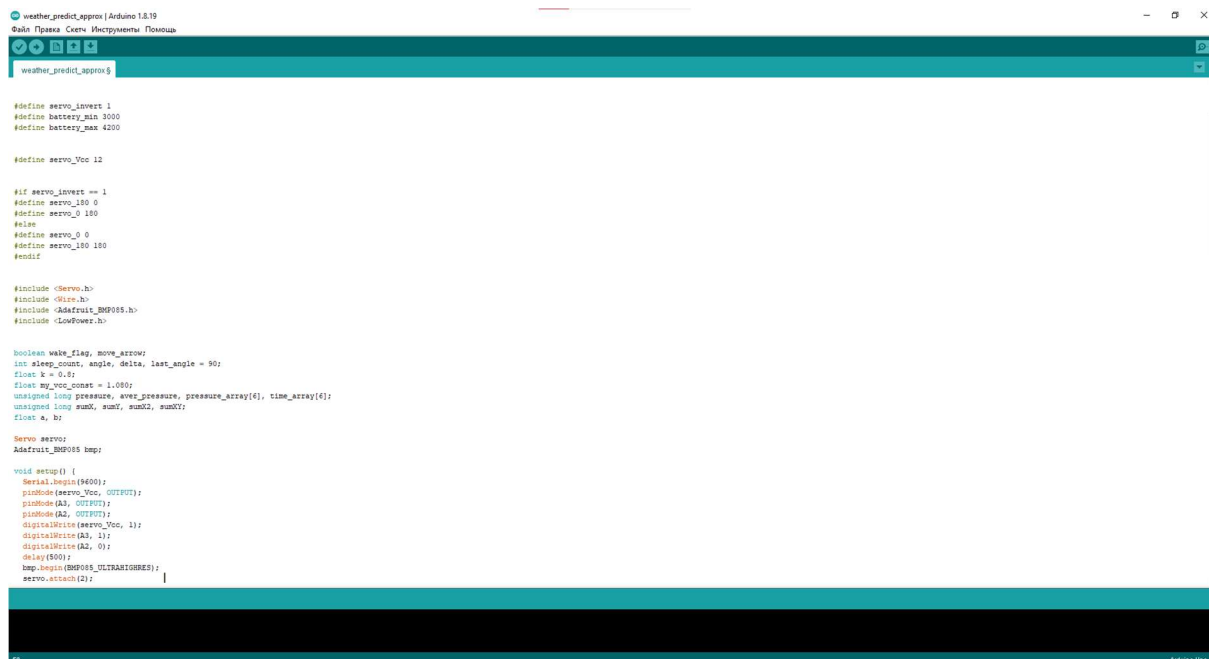


Рисунок 3.11 – Вікно Arduino IDE з робочим кодом

```

Servo servo;
Adafruit_BMP085 bmp;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(servo_Vcc, OUTPUT);
  pinMode(A3, OUTPUT);
  pinMode(A2, OUTPUT);
  digitalWrite(servo_Vcc, 1);
  digitalWrite(A3, 1);
  digitalWrite(A2, 0);
  delay(500);
  bmp.begin(BMP085_ULTRAHIGHRES);
  servo.attach(2);
  servo.write(servo_0);
  delay(1000);
  int voltage = readVcc();

  voltage = map(voltage, battery_min, battery_max, servo_0, servo_180);
  voltage = constrain(voltage, 0, 180);
  servo.write(voltage);
  delay(3000);
  servo.write(90);
  delay(2000);
  digitalWrite(servo_Vcc, 0);
  pressure = aver_sens();
  for (byte i = 0; i < 6; i++) {
    pressure_array[i] = pressure;
    time_array[i] = i;
  }
}

```

Рисунок 3.12 – Вікно Arduino IDE з робочим кодом

```

LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF);
sleep_count++;
if (sleep_count >= 70) {
    wake_flag = 1;
    sleep_count = 0;
    delay(2);
}
}

long aver_sens() {
    pressure = 0;
    for (byte i = 0; i < 10; i++) {
        pressure += bmp.readPressure();
    }
    aver_pressure = pressure / 10;
    return aver_pressure;
}

```

Рисунок 3.13 – Вікно Arduino IDE з робочим кодом

Система працює таким чином, вона пробуджується, проводить вимірювання та розрахунки, знаходить різницю з попереднім вимірюванням, засинає, і так кожні 10 хвилин. Значення атмосферного тиску дуже сильно скаче протягом дня, тому, якщо проводити вимірювання кожні 10 хвилин, можна потрапити на випадковий пік, та отримати дуже велику похибку. Тому, алгоритм був розроблений таким чином, кожні 10 хвилин знаходимо різницю між поточним тиском, та тиском годину тому. За годину ми маємо 6 вимірювань, і через постійну зміну атмосферного тиску, можемо отримати похибку в 10-15 одиниць за нашою шкалою. Дана похибка є невеликою та допустимою. Шкала на екрані метеостанції означає зміну атмосферного тиску. При включені системи, буде показуватись заряд аккумулятора від 0 до 100%. Якщо стрілка коливається між значеннями -50 та + 50 то це означає, що погода змінюватись не буде. Стрілка на -150 означає циклон, погода буде погіршуватись, а стрілка на +150 означає антициклон, погода буде покращуватись. У випадку, якщо стрілка показує на -250, то наближається дуже погана погода, і краще не виходити на вулицю, при значенні +250 навпаки, буде дуже гарна погода, і можна наприклад запланувати поїздку на море. На практиці, дана система дуже гарно спрацювала, правильно спрогнозувала атмосферні опади, та потепління. Також прогноз погоди, за допомогою домашньої метеостанції перекликається з прогнозом погоди метеослужб.

3.6 Висновки до розділу 3

В даному розділі було розглянуто роботу макету домашньої системи прогнозування погоди. Було підібрано всі компоненти, а саме барометр, мікроконтролер, мосфет модуль та сервопривід. В якості живлення використовується звичайна батарейка.

Мікроконтролер Atmega328P є чудовим вибором. Це 8-бітний мікроконтролер сімейства AVR. Він дешевий та енергоощадний, що є головним для нашої системи. Було обрано модуль Arduino Nano, побудований на базі даного мікроконтролера. Він має компактний розмір 45 x 18 мм. Є можливість його програмувати та підключати периферії.

В якості барометра було обрано електронний датчик BMP280. В якості інтерфейсу зв'язку він використовує I2C або SPI. Має низьку похибку вимірювання, та діапазон вимірювання від 300 гПа до 1100 гПа.

Мосфет модуль доданий до схеми задля того, щоб знизити енергоспоживання системи до мінімуму. Було обрано модуль MOSFET IRF520, через його низьку ціну.

Сервопривід буде повертати стрілку, яка показує стан погоди. Було обрано сервопривід MG90S, через його низьке енергоспоживання, доступність на ринку та низьку ціну.

Після складання макету на мікроконтролер було завантажено прошивку, написану в програмі Arduino IDE.

Домашня метеостанція розроблена для дипломної роботи дає короткостроковий прогноз. Результати перекликаються з прогнозом від метеослужб та дала змогу передбачити погоду на найближчий день. Дана система буде дуже корисною в домашньому використанні, дасть змогу запланувати запланувати цілий день та одяг.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було розроблено електронну систему прогнозування погоди. Було проаналізовано основні підходи прогнозування погоди, інструменти до прогнозування та сфери використання. Було описано параметри навколишнього середовища та методи їх вимірювання, а саме температура, атмосферний тиск, вологість, напрямок вітру, хмарність та атмосферні опади. Саме значення атмосферного тиску дає найбільше інформації про зміну погоди, тому для домашньої електронної системи прогнозування погоди був обраний саме цей параметр, а вимірювання буде проводитись резистивним датчиком тиску.

Електронна система прогнозування погоди — це невеликий пристрій, він оснащений внутрішніми і зовнішніми датчиками і базою з дисплеєм. Функція датчиків - збирати дані про атмосферні умови зовні або всередині будинку.

Було описано основні види датчиків тиску, які використовуються в метеостанціях. Такими датчиками є п'єзоелектричні та тензорезистивні датчики тиску. Для обробки інформації використовується мікроконтролер. Було розглянуто будову мікроконтролера та основні класифікації мікроконтролерів, по розрядності та архітектурі пам'яті.

В якості керуючої плати було обрано плату розробки Arduino nano з мікроконтролером ATmega328P. Дана плата є недорогою, компактною і енергоощадною. В якості датчика тиску був обраний датчик BMP280, а в якості сервопривода SG90. Прошивку на мікроконтролер було завантажено прошивку, написану в програмі Arduino IDE.

Електронна система прогнозування погоди дає короткостроковий прогноз. Її прогноз перекликаються з прогнозом від метеослужб та дає змогу передбачити погоду на найближчий день. Дана система буде дуже корисною в домашньому використанні, дасть змогу запланувати запланувати цілий день та одяг.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Weather Forecasting Models.

Доступ до ресурсу: <https://www.ijert.org/research/weather-forecasting-models-methods-and-applications-IJERTV2IS120198.pdf>

2. Forecasting the Weather. Доступ до ресурсу: <https://study.com/learn/lesson/weather-forecasting-types-tools.html>

3. Почему так трудно предсказать погоду?

Доступ до ресурсу: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/62fbb00c9a79476b8c626b15>

4. 6 tools our meteorologists use to forecast the weather. Доступ до ресурсу: <https://www.noaa.gov/stories/6-tools-our-meteorologists-use-to-forecast-weather>

5. Meteo stacja.

Доступ до ресурсу: <https://www.test-therm.pl/katalog-produktow/153-stacje-meteo#:~:text=Stacja%20meteo%20to%20niedu%C5%BCe%20urz%C4%85dzenie,a%20tak%C5%BCe%20wysoko%C5%9Bci%20ci%C5%9Bnienia%20atmosferycznego.>

6. Balon stratosferyczny.

Доступ до ресурсу: <https://mlodytechnik.pl/zrob-to-sam/30546-balon-stratosferyczny-czyli-jak-poleciec-prawie-w-kosmos-domowym-sposobem>

7. Прогнозування погоди.

Доступ до ресурсу: https://uk.zahn-info-portal.de/wiki/Weather_forecasting

8. Znaczenie Temperatura. Доступ до ресурсу: <https://znaczenia.com.pl/znaczenie-temperatura-co-to-jest-pojecie-i-definicja-znaczenia/>

9. Working together to promote and advance the global comparability of measurements.

Доступ до ресурсу: <https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm/26-2018>

10. Skala Celsjusza.

Доступ до ресурсу: <https://eszkola.pl/fizyka/skala-celsjusza-4006.html>

11. Skala Fahrenheita.

Доступ до ресурсу: <https://eszkola.pl/fizyka/skala-fahrenheita-4007.html>

12. Rankine temperature scale.

Доступ до ресурсы: <https://www.britannica.com/science/Rankine-temperature-scale>

13. Co to jest temperatura odczuwalna i jak ją zmierzyć? Доступ до ресурсы: <http://e-thermo.pl/co-to-jest-temperatura-odczuwalna-i-jak-ja-zmierzyc/>

14. Metody pomiaru i sensory temperatury. Доступ до ресурсы: <https://axiomet.eu/pl/pl/page/2096/Metody-pomiaru-i-sensory-temperatury/>

15. Termometry szklane cieczowe.

Доступ до ресурсы: https://www.inig.pl/magazyn/nafta-gaz/Nafta-Gaz_2019-08_6.pdf

16. Termometry gazowe.

Доступ до ресурсы: <https://www.automatyka24.pl/pl/katalog/termometry-gazowe>

17. Jak działa termometr bimetaliczny? Доступ до ресурсы: https://www.wikapolska.pl/landingpage_bimetal_thermometer_pl_pl.WIKA

18. Termometr rezystancyjny. Доступ до ресурсы: <https://www.automation24.pl/termometr-rezystancyjny-pt1000-wika-tr36-14488864>

19. Pomiar temperatury. Доступ до ресурсы: http://lumen.iee.put.poznan.pl/studenci/elektrotermia/Pomiar_temperatury.pdf

20. Termopara. Доступ до ресурсы: <https://strefainzyniera.pl/artikul/11744/czym-jest-termopara-i-jakie-jest-jej-zastosowania>

21. Pirometr.

Доступ до ресурсы: <https://promil-lab.pl/pirometr-co-to-jest-do-czego-sluzyc>

22. Termowizor.

Доступ до ресурсы: <http://www.mrugala.com.pl/czym-jest-termowizor/>

23. What is pressure? Доступ до ресурсы: <https://www.toppr.com/guides/physics/force-and-pressure/introduction-to-pressure>

24. Бар. Доступ до ресурсы: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/22444>

25. Paskal. Доступ до ресурсы: <https://www.szkolnictwo.pl/szukaj,Paskal>

26. Baryczna tendencja.

Доступ до ресурсы: [https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/baryczna-tendencja;3874797.html#:~:text=baryczna%20tendencja%2C%20tendencja%20ci%C5%9Bnienia%2C,w%20ci%C4%85gu%203%20h\)%3B](https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/baryczna-tendencja;3874797.html#:~:text=baryczna%20tendencja%2C%20tendencja%20ci%C5%9Bnienia%2C,w%20ci%C4%85gu%203%20h)%3B)

27. Co to jest barometr?

Доступ до pecypcy: <https://sklep.avt.pl/blog/co-to-jest-barometr-i-jak-dziala>

28. Mapa pogodowa. Доступ до pecypcy:

https://www.imgw.pl/?option=com_content&view=article&id=226&Itemid=259

29. Wilgotność.

Доступ до pecypcy: https://pl.wikipedia.org/wiki/Wilgotność_powietrza

30. Higrometr. Доступ до pecypcy: [https://www.conrad.pl/pl/guides/technika-](https://www.conrad.pl/pl/guides/technika-pomiarowa-i-zasilanie/higrometry-zasada-dzialania-i-wykorzystanie.html#:~:text=Wykorzystuje%20on%20zjawisko%20hamowania%20parowania,temperatur%20mo%20C5%BCna%20wyliczy%20C4%87%20wilgotno%20C5%9B%20C4%87%20powietrza.)

[pomiarowa-i-zasilanie/higrometry-zasada-dzialania-i-wykorzystanie.html#:~:text=Wykorzystuje%20on%20zjawisko%20hamowania%20parowania,temperatur%20mo%20C5%BCna%20wyliczy%20C4%87%20wilgotno%20C5%9B%20C4%87%20powietrza.](https://www.conrad.pl/pl/guides/technika-pomiarowa-i-zasilanie/higrometry-zasada-dzialania-i-wykorzystanie.html#:~:text=Wykorzystuje%20on%20zjawisko%20hamowania%20parowania,temperatur%20mo%20C5%BCna%20wyliczy%20C4%87%20wilgotno%20C5%9B%20C4%87%20powietrza.)

31. Wiatr. Доступ до pecypcy: <https://zpe.gov.pl/a/skad-sie-bierze-wiatr/DzvgBEdHa>

32. Skaterometria.

Доступ до pecypcy: https://www.xn--meh.pisz.pl/Skaterometria_atmosfery

33. Anemometr. Доступ до pecypcy: <https://benetech-poland.pl/blog/artykuly-tematyczne-i-branzowe/anemometr-co-to-jest>

34. Zachmurzenie.

Доступ до pecypcy: <https://www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/zachmurzenie>

35. Нефоскоп. Доступ до pecypcy: <https://wiki5.ru/wiki/Nephoscope>

36. Deszczomierz.

Доступ до pecypcy: <https://www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/deszczomierz>

37. Pluviograf. Доступ до pecypcy: <https://www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/pluviograf>

38. Stacja pogodowa. Доступ до pecypcy: <https://muratordom.pl/instalacje/inteligentny-dom/stacja-pogodowa-elektroniczny-gadzet-czy-przydatne-urzadzenie-aa-tbNr-4amr-2mCS.html>

39. Jak samemu prognozować pogodę. Доступ до pecypcy: <https://naszemiasto.pl/bez-zaskoczenia-czyli-jak-samemu-prognozowac-pogode-czesc/ar/c11-4419376>

40. Wszystko o mikrokontrolerach. Доступ до pecypcy: <http://mikrokontrolery.net/>
41. Mikrokontroler – Jak to działa?
Доступ до pecypcy: <https://botland.com.pl/blog/mikrokontroler-jak-to-dziala/>
42. Architektura harwardzka.
Доступ до pecypcy: https://lo1.lebork.pl/doc/budowa_komputera_v1.pdf
43. Jaka jest zasada działania rezystancyjnego przetwornika ciśnienia?
Доступ до pecypcy: https://blog.wikapolska.pl/knowhow/jaka-jest-zasada-dzialania-rezystancyjnego-przetwornika-cisnienia/?doing_wp_cron=1670319901.6357901096343994140625#:~:text=Pod%20wp%20C5%82ywem%20ci%20C5%9Bnienia%20membrana%20ugina,jest%20wprost%20proporcjonalna%20do%20ci%20C5%9Bnienia.
44. BMP280 Czujnik ciśnienia i temperatury. Доступ до pecypcy: <https://allegro.pl/oferta/bmp280-czujnik-cisnienia-i-temperatury-arduino-7005524228>
45. BMP280 Datasheet (PDF). Доступ до pecypcy: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132069/BOSCH/BMP280.html>
46. TowerPro MicroServo 9G. Доступ до pecypcy: <https://allegro.pl/oferta/serwo-tower-pro-sg90-9g-180-1-8kg-arduino>
47. Moduł wykonawczy MOSFET IRF520 24V/5A - Iduino ST1168. Доступ до pecypcy: https://botland.com.pl/przelaczniki-elektroniczne-i-cyfrowe/8236-modul-wykonawczy-mosfet-irf520-24v-5a-iduino-st1168-5903351241212.html?cd=15425572033&ad=125523543810&kd=&gclid=CjwKCAiAhKycBhAQEiwAgf19ej9c4DvdpCrHthqXBZzq_R8rntEeuJF-swP9EP61cCOIXfHrPMYfLxoCzD0QAvD_BwE
48. Mikrokontroler AVR - ATmega328P-U DIP. Доступ до pecypcy: <https://botland.com.pl/avr-w-obudowie-tht/1264-mikrokontroler-avr-atmega328p-u-dip-5903351249928.html>
49. Arduino Nano. Доступ до pecypcy: <https://botland.com.pl/arduino-seria-nano-oryginalne-plytki/12960-arduino-nano-a000005-7630049200173.html>