

РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОВТ

УДК 621.315.592

В.В. Атаманюк

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗБОРУ МЕТЕОДАНИХ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

Проведені дослідження можливості створення компактного універсального модуля для збору, обробки та передачі інформації про метеопараметри атмосфери на основі сучасних мікропроцесорних систем і комплекту відповідних сенсорів. Створено макет портативної метеостанції, проведено експериментальне дослідження системи вимірювання швидкості та напрямку повітряного потоку. Показано, що використання сенсора тиску у схемі диференціального манометра та системи його обертання дозволяє забезпечити вимірювання швидкості та напрямку повітряного потоку у практичних метеосистемах.

Ключові слова: метеостанція, метеопараметри, вимірювальні сенсори, мікропроцесор, швидкість повітряного потоку.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність стрільби артилерійських підрозділів залежить від точності метеорологічної підготовки, тобто від точності визначення метеопараметрів, які впливають на балістичний об'єкт у польоті: тиску, температури, вологості повітря, а також швидкості та напрямку його руху. Неврахування метеоумов може призвести до значного відхилення об'єктів від цілі, тому організація метеорологічної підготовки є визначальним фактором при підготовці до бойових дій. Крім того, від метеоумов залежать також виконання робіт топогеодезичної та інженерної підготовки, можливості зв'язку, експлуатація ракетно-артилерійського озброєння (РАО), маневреність, прихованість пересування та зосередження підрозділів.

Одним із інструментів для визначення метеопараметрів, які знаходяться на озброєнні, є десантний метеорологічний комплект (ДМК) або польовий метеорологічний комплект, призначений для вимірювання в польових умовах швидкості та напрямку вітру, температури, відносної вологості повітря, атмосферного тиску.

В основу роботи комплексу покладений принцип перетворення фізичних величин (температури, вологості, швидкості і напрямку вітру) сенсорами в сигнали вимірювальної інформації, які по з'єднувальному кабелю надходять на покажчик метеопараметрів.

Недоліки такого комплексу: застаріла громізка конструкція, недостатня точність та енергетична автономність, непередбачена реєстрація та дистанційна передача метеопараметрів.

Спроби модернізації ДМК не усунули його основних вад.

На озброєнні метеорологічних підрозділів ракетних військ і артилерії стоять метеорологічні комплекси, які призначені для здійснення наземних метеорологічних вимірів, комплексного зондування атмосфери, складення та передачі метеорологічних бюлетенів. В основі способу визначення вітру в атмосфері комплексами лежить метод шар-пілотів (вимірювання координат випущеної у вільний політ кулі, наповненої воднем), а в основі способу визначення температури, вологості та тиску – метод радіозондів (радіозонд, який підіймається за допомогою кулі, вимірює температуру повітря та передає результати вимірювання у вигляді кодованих радіосигналів).

Ці комплекси є застарілими, складними та ненадійними в експлуатації.

Тому **актуальним** є створення нових пристроїв для вимірювання, обробки, реєстрації інформації про метеопараметри на основі сучасних досягнень техніки вимірювання фізичних величин та комп'ютерних пристроїв.

Перспективним є підхід, що полягає у створенні єдиного стандартизованого модуля для збору, обробки та передачі метеоданих, який може бути розміщений на різноманітних платформах (повітряна куля, БПЛА, тринога тощо). Це дозволить знизити вартість розробки різних метеосистем, зменшити складність обслуговування та ремонту.

Тому метою роботи було дослідження можливості створення компактного універсального модуля для збору, обробки та передачі метеопараметрів на основі сучасних мікропроцесорних систем та комплекту відповідних сенсорів.

Виклад основного матеріалу

Використовуючи можливості бурхливого розвитку комп'ютерних технологій, розглянемо **цифрові метеостанції** – універсальні портативні пристрої, в основу роботи яких покладені цифрові давачі (сенсори) та пристрої обробки даних. Саме за їх допомогою можна проводити точні вимірювання метеопараметрів, а також здійснювати прогноз погоди, переносити дані на комп'ютер та обробляти їх за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке входить в комплект таких пристроїв.

Їх основою є оброблювальний пристрій на базі мікроконтролера та сенсорів, які перетворюють значення фізичної величини (температури, тиску, вологості) в електричну (аналогову або цифрову код).

Типовий мікроконтролер поєднує на одному кристалі функції процесора, периферійних пристроїв, містить запам'ятовувальні пристрої і являє собою однокристалний комп'ютер. Використання в сучасному мікроконтролері досить потужного обчислювального пристрою з широкими можливостями, побудованого на одній мікросхемі замість цілого набору, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість побудованих на його базі пристроїв.

На сьогодні існує багато модифікацій мікроконтролерів, які випускаються десятками компаній. Популярністю користуються 8-розрядні мікроконтролери PIC (компанія Microchip Technology), AVR (Atmel), 16-розрядні MSP430 (Texas Instruments), а також 32-розрядні мікроконтролери архітектури ARM, яку розробляє компанія ARM Limited і інші.

При проектуванні пристроїв, які використовують мікроконтролери, доводиться дотримувати баланс між розмірами і вартістю, з одного боку, та гнучкістю і продуктивністю – з іншого. Для різних застосувань оптимальне співвідношення цих і інших параметрів може значно розрізнятися. Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу і т. д.

Параметрами при виборі мікроконтролера для створення системи збору метеоданих є: вартість, доступність, наявність ряду сенсорів для вимірювання фізичних величин, низьке енергоспоживання.

Як обчислювальну платформу для практичної реалізації цифрової метеостанції обрано мікроконтролерну плату Arduino Uno. Її основою є мікроконтролер Atmega 328P компанії Atmel.

Arduino застосовується для створення електронних пристроїв з можливістю прийому сигналів від різних цифрових і аналогових сенсорів, які можуть бути підключені до неї, та управління різними виконавчими пристроями. Проекти пристроїв, заснованих на Arduino, можуть працювати самостійно або

взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп'ютері (наприклад, Flash, Processing, MaxMSP). Її вибір пояснюється низькою вартістю, функціональними можливостями, а також поширенням Arduino.

Основні характеристики:

Мікроконтролер – ATmega168 або ATmega328;
Напруга живлення – 3.35–12 В (для моделі 3.3В) або 5–12 В (для моделі 5 В);

Цифрові входи/виходи – 14;

Аналогові входи – 8;

Максимальний струм одного виводу – 40 мА;

Flash-пам'ять – 16 КБ (з яких 2 КБ використовуються завантажувачем);

SRAM – 1 кБ;

EEPROM – 512 байт;

Тактова частота – 8 МГц (для моделі 3.3 В) або 16 МГц (для моделі 5 В).

Габаритні розміри друкованої плати Arduino Pro Mini: 1.8 см x 3.3 см (рис. 1).

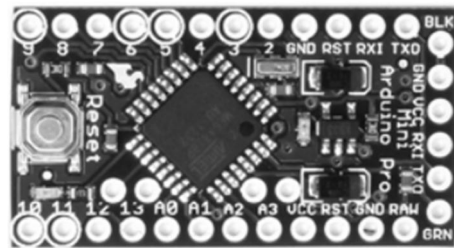


Рис. 1. Плата Arduino Pro Mini

Вимірювальні сенсори (давачі) метеопараметрів для платформи Arduino являють собою окремі пристрої, які здатні вимірювати певну фізичну величину і поставляти інформацію про це у вигляді електричного сигналу.

В якості вимірювальних сенсорів (температури, вологості, тиску) та пристроїв передачі інформації використані стандартні набори давачів та модулів інтерфейсів для цієї платформи.

Цифрові напівпровідникові сенсори температури являють собою інтегральну мікросхему, що містить в собі чутливий елемент і перетворювач аналогового сигналу в цифровий (рис. 2). Інформація передається по одному сигнальному провіднику. Комунікація двонапрямлена і здійснюється по власному протоколу.

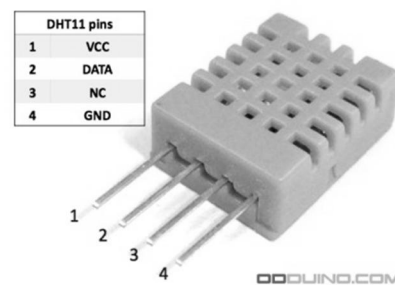


Рис. 2. Цифрові напівпровідникові сенсори температури DHT11

Основні переваги цих датчиків: зручна схема підключення (не вимагає прокладки індивідуальної кабельної лінії безпосередньо до датчика, датчик підключається на одну загальну лінію), цифровий сигнал, що дозволяє уникнути застосування різних перетворювачів для побудови вимірювальної ланцюга, і невисока ціна. Недоліками цих датчиків є слабка заводська стійкість і невисока точність (всього лише $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

У розробленій метеостанції використовується суміщений сенсор, який вимірює відносну вологість та температуру повітря у діапазонах:

- діапазон вимірювання вологості: $0 \sim 100\% \text{ RH} \pm 2\%$;
- діапазон вимірювання температури: $-40 \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- напруга живлення: $3,3\text{--}6\text{ В}$.

Для визначення орієнтації метеостанції відносно магнітного полюса використовується **тривісний магнетометр (електронний компас)** на основі датчика HMC5883L, який вимірює напруженість магнітного поля вздовж усіх трьох осей (рис. 3).



Рис. 3. Тривісний магнетометр (електронний компас)

Модуль підходить для створення 3D-компаса, який може служити датчиком орієнтування пристрою в просторі по всіх трьох кутах.

Для вимірювання тиску повітря використовується мініатюрний барометричний датчик атмосферного тиску BMP180 з функцією вимірювання температури для Arduino (рис. 4). Крім традиційного використання, датчик може бути використаний для вимірювання висоти знаходження приладу над рівнем моря.



Рис. 4. Барометричний сенсор атмосферного тиску

Поставляється повністю каліброваним та готовим до використання.

Характеристики датчика:

- напруга живлення – $1,8\text{ В}$ до $3,6$;
- низьке енергоспоживання – $0,5\text{ }\mu\text{A}$ на 1 Гц ;
- інтерфейс – I2C;
- макс. швидкість інтерфейсу – I2C: $3,5\text{ МГц}$;
- рівень шуму – до $0,02\text{ hPa}$ (17 см);
- діапазон вимірювання тиску: 300 hPa до 1100 hPa ($+9000\text{ м}$ до -500 м);
- розміри: $21 \times 18\text{ мм}$.

Для визначення місцезнаходження метеостанції можна використати GPS модуль GY-NEO6MV2 (рис. 5).



Рис. 5. GPS модуль GY-NEO6MV2

Для реалізації процесу обміну інформацією існує ряд модулів зв'язку на частотах 433 МГц або $2,4\text{ ГГц}$ (рис. 6).

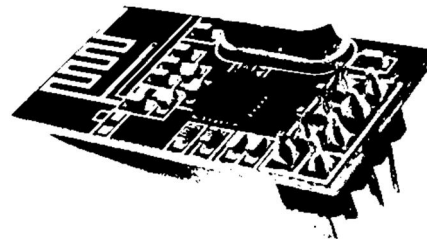


Рис. 6. Модуль безпроводового зв'язку nRF24L01

Модуль безпроводового зв'язку nRF24L01+ працює на частоті $2,4\text{ ГГц}$ і виконаний на базі мікросхеми nRF24L01+. Модуль підтримує роботу зі швидкістю 250 Кбіт/с , 1 Мбіт/с або 2 Мбіт/с і може працювати на 126 незалежних каналах.

При конструюванні метеостанцій виникає питання: який прилад використовувати для вимірювання такого важливого для артилерії параметра повітряного потоку, як його швидкість? Існує велика кількість приладів з різними принципами дії: крильчасті анемометри з різними діаметрами крильчаток, термоанемометри, диференціальні манометри з різними пневмометричними (напірними) трубками, комбіновані прилади та ін.

Оскільки у комплекті сенсорів для Arduino можливе під'єднання декількох точних вимірювачів тиску, доцільно розглянути їх використання у схемі диференціального манометра для вимірювання швидкості повітряного потоку.

Диференціальні манометри з пневмометричною трубкою використовуються при високих

температурах ($> 80\text{ }^{\circ}\text{C}$) та / чи швидкостях більше 2 м/с . Прилади можна умовно розділити на дві групи: одні вимірюють тільки перепад тисків (динамічний напір), інші ще мають функцію усереднення і розраховують швидкість потоку й об'ємну витрату. У пневмометричних трубках, як і у воронках, є коефіцієнти, які також попередньо необхідно ввести в прилад. Крім того, в прилад також треба вводити площу перерізу повітроводу і температуру потоку. Можна використовувати дифманометри з автоматичним каналом введення температури і пневмометричні трубки з вбудованою термопарою для спрощення обчислень.

Для дифманометрів, які не мають функції розрахунку швидкості потоку і об'ємної витрати, спрощені формули для розрахунку шуканих значень наведені нижче.

Динамічний напір, який вимірюється приладом, обчислюють за формулою

$$P_d = P_t - P_s \text{ [Па або мм вод.ст.]},$$

де P_t – повний тиск; P_s – статичний тиск.

Швидкість потоку в точці вимірювання:

$$v_i = 0,07523 \sqrt{P_{di} (T_p + 273) K_r} \text{ м/с для } P_{di} \text{ в [Па]}$$

і

$$v_i = 0,2356 \sqrt{P_{di} (T_p + 273) K_r} \text{ м/с для } P_{di} \text{ в [мм вод. ст.]},$$

де P_{di} – динамічний напір в точці вимірювання; T_p [$^{\circ}\text{C}$] – температура середовища; K_r – коефіцієнт пневмометричної трубки.

Згідно з вищесказаним був реалізований макет портативної метеостанції з виведенням інформації на персональний комп'ютер.

Для вимірювання швидкості та напрямку вітру розроблена оригінальна система на базі давача тиску, компаса та обертового пристрою на кроковому двигуні. Суть її полягає у вимірюванні метеопараметрів у кожному дискретному азимутальному положенні давача тиску, яке задається кроковим двигуном.

На рис. 7.1–7.2 показані зовнішній вигляд макета портативної метеостанції, а на рис. 7.3 – вигляд виведеної інформації на екрані ПК.



Рис. 7.1. Зовнішній вигляд макета портативної метеостанції

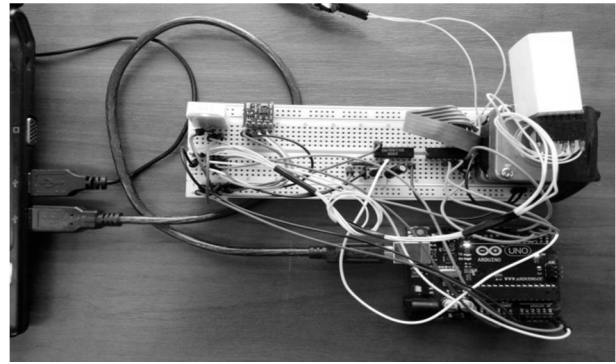


Рис. 7.2. Зовнішній вигляд макета блока давачів та мікроконтролера портативної метеостанції

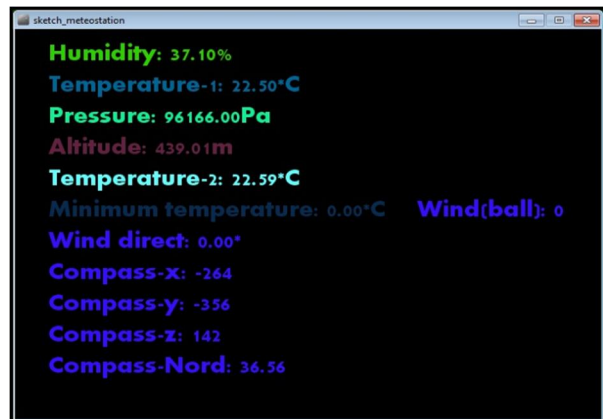


Рис. 7.3. Вигляд виведеної інформації на екран персонального комп'ютера

На рис. 7.4 показані зовнішній вигляд розміщення пристроїв макета портативної метеостанції, при вимірюванні швидкості повітряного потоку, яка регулюється керуванням швидкості обертання лопатей вентилятора.

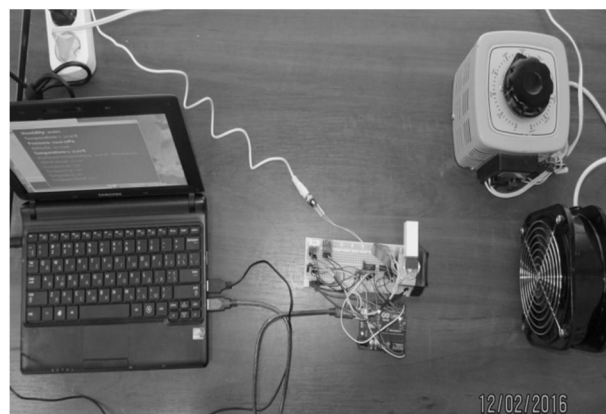


Рис. 7.4. Вимірювання швидкості повітряного потоку

На рис. 7.5 показано масив інформації про метеопараметри (вологість, температура, тиск) для дискретних положень крокового двигуна.

№	Повітря	Висота	Тиск	Температура	Вологість	Швидкість	Напрямок
1	35.00K	Temperature: 24.30C	Pressure: 96513.00Pa	Altitude: 397.82m	Temperature: 24.77C	Wind speed: 0.00Cm/s	dir: 4.4
2	35.00K	Temperature: 24.30C	Pressure: 96543.00Pa	Altitude: 397.31m	Temperature: 24.75C	Wind speed: 14.40Cm/s	dir: 1
3	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96540.00Pa	Altitude: 397.57m	Temperature: 24.74C	Wind speed: 21.40Cm/s	dir: 1
4	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96544.00Pa	Altitude: 397.74m	Temperature: 24.74C	Wind speed: 21.40Cm/s	dir: 1
5	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96539.00Pa	Altitude: 397.45m	Temperature: 24.72C	Wind speed: 41.20Cm/s	dir: 1
6	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96547.00Pa	Altitude: 397.21m	Temperature: 24.69C	Wind speed: 50.40Cm/s	dir: 1
7	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96539.00Pa	Altitude: 397.45m	Temperature: 24.72C	Wind speed: 64.40Cm/s	dir: 1
8	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96540.00Pa	Altitude: 397.57m	Temperature: 24.68C	Wind speed: 72.00Cm/s	dir: 1
9	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96545.00Pa	Altitude: 396.28m	Temperature: 24.67C	Wind speed: 84.40Cm/s	dir: 1
10	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96545.00Pa	Altitude: 396.28m	Temperature: 24.67C	Wind speed: 78.20Cm/s	dir: 1
11	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96539.00Pa	Altitude: 397.45m	Temperature: 24.57C	Wind speed: 86.40Cm/s	dir: 1
12	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96539.00Pa	Altitude: 397.45m	Temperature: 24.59C	Wind speed: 91.60Cm/s	dir: 1
13	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96576.00Pa	Altitude: 394.45m	Temperature: 24.56C	Wind speed: 108.80Cm/s	dir: 1
14	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96570.00Pa	Altitude: 394.54m	Temperature: 24.54C	Wind speed: 115.20Cm/s	dir: 1
15	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96570.00Pa	Altitude: 394.54m	Temperature: 24.52C	Wind speed: 121.40Cm/s	dir: 1
16	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96577.00Pa	Altitude: 394.44m	Temperature: 24.52C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
17	34.80K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96570.00Pa	Altitude: 395.21m	Temperature: 24.52C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
18	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
19	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
20	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
21	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
22	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
23	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
24	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
25	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
26	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
27	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
28	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
29	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
30	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
31	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
32	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
33	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
34	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
35	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
36	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1
37	34.70K	Temperature: 24.40C	Pressure: 96580.00Pa	Altitude: 395.67m	Temperature: 24.51C	Wind speed: 116.80Cm/s	dir: 1

Рис. 7.5. Метеопараметри (вологість, температура, тиск) для дискретних положень крокового двигуна

Видно, що відносна зміна тиску (відношення $\Delta P/P_{\max}$) дуже мала – 0,000414 навіть при високій швидкості руху повітря. Однак і ця невелика зміна дає можливість вимірювання напрямку і швидкості повітряного потоку. На рис. 7.6 показана залежність величини повітряного напору від напрямку, отримана вимірюваннями величини тиску при відкритому давачеві тиску (без використання напірної трубки) для різних азимутальних положень.

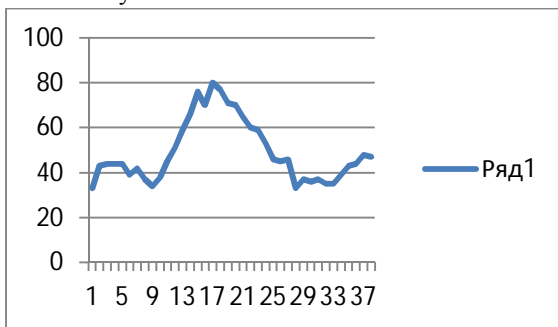


Рис. 7.6. Залежність величини повітряного напору від напрямку

У подальшому для конкретних давачів тиску необхідний пошук оптимальної конструкції трубок у схемі диференціального манометра, що підвищить чутливість і розширить можливості практичного використання таких пристроїв.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження макета портагивної метеостанції на основі мікроконтролера Arduino та комплексу давачів дозволило зробити наступні висновки:

- сучасні мікропроцесорні комплекти з набором давачів до них дозволяють створювати компактні, енергоощадні системи вимірювання метеопараметрів;
- оскільки у комплекті сенсорів для Arduino можливе під'єднання декількох точних вимірювачів тиску, доцільно розглянути їх використання у схемі диференціального манометра для вимірювання швидкості повітряного потоку;
- при відкритому давачеві тиску відносна зміна тиску (відношення $\Delta P/P_{\max}$) дуже мала – 0,000414

навіть при високій швидкості руху повітря, однак, залежність зміни тиску від азимуту має чіткий максимум, що дає можливість вимірювання напрямку і швидкості повітряного потоку.

Список літератури

1. Метеорологическое обеспечение стрельбы ракетных войск и артиллерии: Учеб. пособие / Под ред. В.Я. Зверева. – М.: Воениздат, 1964. – 232 с.
2. Коваленко В.В., Шевкунов В.И. Метеорологическая подготовка стрельбы артиллерии. – Ленинград: Изд-во. ВАОЛКА им. Калинина, 1975. – 84 с.
3. Будова та застосування метеорологічного комплексу ІБ44: Навч. посібник / О.П. Красюк, І.О. Кондратюк та ін. – Львів: АСВ, 2009. – 166 с.
4. Указания по работе метеорологического поста артиллерийского дивизиона / Под ред. В.Я. Зверева. – М.: Воениздат, 1975. – 32 с.
5. Метеорология в артиллерии: Учеб. пособие / А.Г. Вороновский, И.К. Зеленой, В.В. Коваленко и др. / Под ред. Н.Л. Кондратьева. – М.: Воениздат, 1959. – 488 с.
6. Савкин Л.С., Лебедев Б.Д. Метеорология и стрельба артиллерии. – М.: Воениздат, 1974. – 144 с.
7. Метеорологическое обеспечение стрельбы ракетных войск и артиллерии: Учеб. пособие / Под ред. В.Я. Зверева. – М.: Воениздат, 1964. – 232 с.
8. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии: Учеб. пособие / Под общей редакцией доцента, кандидата военных наук генерал-майора артиллерии А.И. Аверьянова. – Ленинград: Изд-во ВАОЛКА им. М.И. Калинина, 1978. – 454 с.
9. Теоретические основы управления ракетными ударами и огнем ракетных войск и артиллерии: Учеб. пособие. – Изд-во ВАУ, 2004. – 373 с.
10. Скорочені таблиці стрільби 152-мм самохідної гаубиці 2С3 (2С3М). – Вид-во. друге. – Суми: Вид. СВАКУ ім. М.В. Фрунзе, 1995. – 30 с.
11. Tactics, techniques, and procedures for artillery meteorology. – Headquarters, department of the army, 2007. – 23 с.
12. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.: ЭКОМ, 2002. – ISBN 5-7163-0089-8.
13. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николитч. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования – Digital Integrated Circuits. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – ISBN 0-13-090996-3.
14. Renesas, Gartner, Chart created by Renesas Electronics based on Gartner data. Microcontrollers to enable Smart World (Semiconductor Applications Worldwide Annual Market Share: Database) (25 March 2010). Архивировано из первоисточника 5 февраля 2012.
15. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем / Под редакцией В.А. Шахнова. – М.: Радио и связь, 1988. – Т. 2.
16. Одноплатные микроЭВМ / Под ред. В.Г. Домрачева. – Микропроцессорные БИС и их применение. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – С. 128. – ISBN 5-283-01489-4.

Рецензент: д.т.н., проф. Я.С. Паранчук, профессор кафедры электропривода, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

Микропроцессорная система сбора метеоданных на основе платформы Arduino

В.В. Атаманюк

Проведены исследования возможности создания компактного универсального модуля для сбора, обработки и передачи информации о метеопараметрах атмосферы на основе современных микропроцессорных систем и комплекта соответствующих сенсоров. Создан макет портативной метеостанции, проведено экспериментальное исследование системы измерения скорости и направления воздушного потока. Показано, что использование сенсора давления в схеме дифференциального манометра и системы его вращения позволяет обеспечить измерение скорости и направления воздушного потока в практических метеосистемах.

Ключевые слова: метеостанция, метеопараметры, измерительные сенсоры, микропроцессор, скорость воздушного потока.

Microprocessor system for collection meteorological parameters based on Arduino platforms

V. Atamanuk

The research the possibility of creating a compact universal module for collecting, processing and transmission of meteorological parameters of the atmosphere based on modern microprocessor systems and a set of corresponding sensors. Created model of a portable weather station conducted experimental research systems measure the speed and direction of air flow. It is shown, that the use of pressure sensors in the scheme of differential pressure gauge and a system of rotation allows for measuring the speed and direction of air flow in practical meteorological systems.

In future it is planned search for the optimal design of the tubes in the scheme of differential manometer with specific pressure sensors. This will improve the sensitivity and enhance the ability of the practical use of such devices.

Key words: meteorological station, meteorological parameters, measurement sensors, microprocessor, speed of air flow.

УДК 351.746.1(477)

М.М. Дармороз

*Національна академія Державної прикордонної служби України, Хмельницький***ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

На основі аналізу нормативно-правових документів, методичних матеріалів Адміністрації Державної прикордонної служби України, наукових праць, оцінки факторів, які визначають результати оперативно-службової діяльності органів і підрозділів охорони державного кордону, оцінено роль інженерно-технічної складової охорони державного кордону України, системи інженерно-технічного контролю державного кордону України, а також її проблемні аспекти. Проаналізовано результати залучення проектів міжнародної технічної допомоги (Уряду Сполучених Штатів Америки та Європейського Союзу) Державній прикордонній службі України, а також інтелектуальні спроби вирішення проблемних питань застосування системи інженерно-технічного контролю та оцінено межі відповідних досліджень. Наведено структуру і склад системи інженерно-технічного контролю сучасної моделі охорони державного кордону України.

Здійснено аналіз факторів, які визначають складність функціонування системи інженерно-технічного контролю, та встановлено один із перспективних шляхів підвищення ефективності системи за рахунок комплексування можливостей різних технічних засобів охорони кордону як елементів системи.

Дослідження здійснене на основі застосування системного підходу та методу системного аналізу.

Ключові слова: оперативно-службова діяльність, система інженерно-технічного контролю, ефективність, технічні засоби охорони кордону.