Научная статья
Original article
УДК 621.316

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА СБОРА МЕТЕОДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

MICROPROCESSOR-BASED WEATHER DATA COLLECTION SYSTEM BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

Бикбулатов Радмир Ильдарович, студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань

Тазеев Нияз Фанисович, студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань

Bikbulatov Radmir Ildarovich, 2nd year student, Faculty of Automation of Technological Processes and Productions, Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan

Tazeev Niyaz Fanisovich, 2nd year student, Faculty of Automation of Technological Processes and Productions, Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan

Аннотация: 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. Для

осуществления мониторинга атмосферы разработаны различные автоматизированные информационные системы, многие из которых используются различными службами и предприятиями. Приведен обзор наиболее известных автоматизированных систем мониторинга, выявлены их достоинства и недостатки. 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 измерениях.

Annotation: The possibility of creating a compact universal module for collecting, processing and transmitting information about atmospheric meteorological parameters based on modern microprocessor systems and a set of appropriate sensors has been investigated. Various automated information systems have been developed to monitor the atmosphere, many of which are used by various services and enterprises. An overview of the most well-known automated monitoring systems is given, their advantages and disadvantages are revealed. A model of a portable weather station was created, an experimental study of the system for measuring the speed and direction of the air flow was carried out. It is shown that the use of a pressure sensor in the circuit of a differential pressure gauge and its rotation system makes it possible to measure the velocity and direction of the air flow in practical measurements.

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

Keywords: weather station, meteorological parameters, measuring sensors, microprocessor, air flow velocity.

Вступление

Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций. Эффективность стрельбы артиллерийских подразделений зависит от точности

метеорологической подготовки, то есть от точности определения метеопараметров, которые влияют на баллистический объект в полете: давления, температуры, влажности воздуха, а также скорости и направления его движения. Не учёт метеоусловий может привести к значительному отклонению объектов от цели, поэтому организация метеорологической подготовки является определяющим фактором при подготовке к боевым действиям. Кроме того, от метеоусловий зависят также выполнение работ топогеодезической и инженерной подготовки, возможности связи, эксплуатация ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ), маневренность, скрытность передвижения и сосредоточение подразделений.

Одним из инструментов для определения метеопараметров, которые находятся на вооружении, есть десантный метеорологический комплект (ДМК) или полевой метеорологический комплект, предназначен для измерения в полевых условиях скорости и направлении ветра, температуры, относительной влажности воздуха, атмосферного давления.

В основу работы комплекта положен принцип преобразования физических величин (температуры, влажности, скорости и направлении ветра датчиками в сигналы измерительной информации, которые по соединительному кабелю поступают на указатель метеопараметров.

Недостатки такого комплекта: устаревшая громоздкая конструкция, недостаточная точность и энергетическая автономность, непредвиденная регистрация и дистанционная передача метеопараметров.

Попытки модернизации ДМК не устранили его основных пороков.

На вооружении метеорологических подразделений ракетных войск и артиллерии стоят метеорологические комплексы, которые предназначены для осуществления наземных метеорологических измерений, комплексного зондирования атмосферы, составления и передачи метеорологических бюллетеней. В основе способа определения ветра в атмосфере комплексами лежит метод слой-пилотов (измерения координат выпущенной в свободный полет шара, наполненного водородом), а в основе способа определения

температуры, влажности и давления - метод радиозондов (радиозонд, который поднимается при помощи шара, измеряет температуру воздуха и передает результаты измерений в виде кодированных радиосигналов).

Эти комплексы являются устаревшими, сложными и ненадежными в эксплуатации.

Поэтому актуальным является создание новых устройств для измерения, обработки, регистрации информации о метеопараметрах на основе современных достижений техники измерения физических величин и компьютерных устройств.

Перспективным является подход, заключающийся в создании единого стандартизированного модуля для сбора, обработки и передачи метеоданных, который может быть размещен на различных платформах (воздушный шар, БПЛА, тренога и т. п). Это позволит снизить стоимость разработки различных метеосистем, уменьшить сложность обслуживания и ремонта.

Поэтому целью работы было исследование возможности создания компактного универсального модуля для сбора, обработки и передачи метеопараметров на основе современных микропроцессорных систем и комплекта соответствующих сенсоров.

Изложение основного материала

Используя возможности бурного развития компьютерных технологий, рассмотрим цифровые метеостанции - универсальные портативные устройства, в основу работы которых положены цифровые датчики (сенсоры) и устройства обработки данных. Именно с их помощью можно проводить точные измерения метеопараметров, а также осуществлять прогноз погоды, переносить данные на компьютер и обрабатывать их с помощью специализированного программного обеспечения, которое входит в комплект таких устройств.

Их основой является обрабатывающий устройство на базе микроконтроллера и сенсоров, которые превращают значение физической

величины (температуры, давления, влажности) в электрическую (аналоговой или цифровой код).

Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит запоминающие устройства и представляет собой однокристальный компьютер. Использование в современном микроконтроллере достаточно мощного вычислительного устройства с широкими возможностями, построенного на одной микросхеме вместо целого набора, значительно снижает размеры, энергопотребление и стоимость построенных на его базе устройств.

На сегодня существует много модификаций микроконтроллеров, которые выпускаются десятками компаний. Популярностью пользуются 8-разрядные микроконтроллеры PIC (компания Microchip Technology), AVR (Atmel), 16-разрядные MSP430 (Texas Instruments), а также 32-разрядные микроконтроллеры архитектуры ARM, которую разрабатывает компания ARM Limited и другие.

При проектировании устройств, которые используют микроконтроллеры, приходится соблюдать баланс между размерами и стоимостью с одной стороны и гибкостью, и производительностью с другой. Для различных применений оптимальное соотношение этих и других параметров может значительно различаться. Поэтому существует огромное количество типов микроконтроллеров, отличающихся архитектурой процессорного модуля, размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д.

Параметрами при выборе микроконтроллера для создания системы сбора метеоданных являются: стоимость, доступность, наличие ряда сенсоров для измерения физических величин, низкое энергопотребление.

В качестве вычислительной платформы для практической реализации цифровой метеостанции выбрана микроконтроллерная плата Arduino Uno. Ее основой является микроконтроллер Atmega 328P компании Atmel.

Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанных на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (например, Flash, Processing, MaxM8P). Ее выбор объясняется низкой стоимостью, функциональными возможностями, а также распространением Arduino.

Основные характеристики:

Микроконтроллер - ATmeда168 или ATmeда328;

Напряжение питания - 3.35-12 В (для модели 3.3 В) или 5-12 В (для модели 5 В);

Цифровые входы/выходы 14;

Аналоговые входы-8;

Максимальный ток одного вывода 40 мА;

Flash-память - 16 КБ (из которых 2 КБ используются загрузчиком);

SKAM - 1 кБ;

EEPKOM - 512 байт;

Тактовая частота-8 МГц (для модели 3.3 В) или 16 МГ ц (для модели 5 В).

Габаритные размеры печатной платы Arduino Pro Mini: 1.8 см 3.3 см (рис. 1).

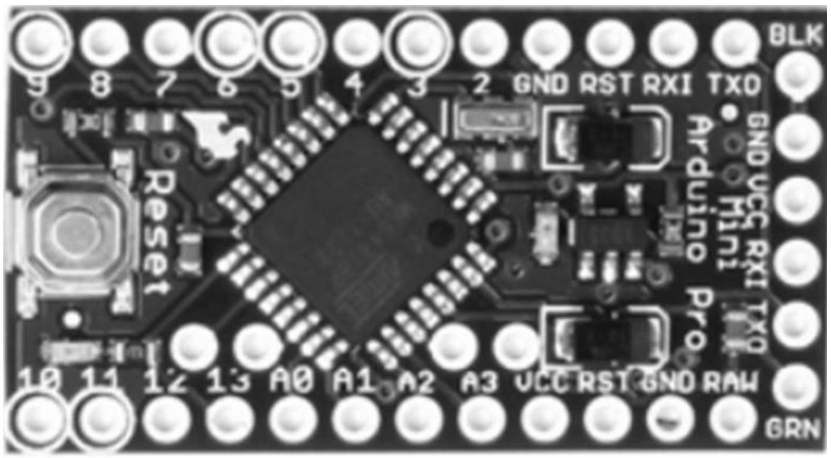


Рис. 1. Плата Arduino Pro Mini

Измерительные сенсоры (датчики) метеопараметров для платформы Arduino представляют собой отдельные устройства, которые способны измерять определенную физическую величину и поставлять информацию об этом в виде электрического сигнала.

В качестве измерительных датчиков (температуры, влажности, давления) и устройств передачи информации использованы стандартные наборы датчиков и модулей интерфейсов для этой платформы.

Цифровые полупроводниковые сенсоры температуры представляют собой интегральную микросхему, содержащую в себе чувствительный элемент и преобразователь аналогового сигнала в цифровой (рис. 2). Информация передается по одному сигнальному проводнику. Коммуникация двунаправленная и осуществляется по собственному протоколу.

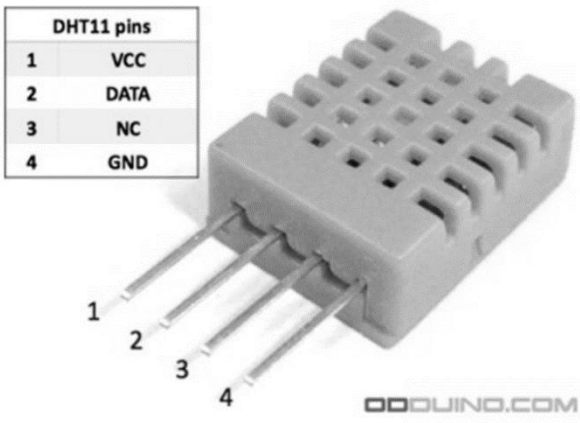


Рис 2. Цифровые полупроводниковые сенсоры температуры DHT11

Основные преимущества этих датчиков: удобная схема подключения (не требует индивидуальной прокладки кабельной линии напрямую к датчику, датчики подключаются на одну общую линию), цифровой сигнал, что позволяет избежать применения различных преобразователей для построения

измерительной цепи, и невысокая цена. Недостатками этих датчиков являются слабая помехоустойчивость и невысокая точность (всего лишь 0,5 °c).

В разработанной метеостанции используется совмещенный сенсор, который измеряет относительную влажность и температуру воздуха в диапазонах:

- диапазон измерения влажности: 0 ~ 100% РН ± 2%;
- диапазон измерения температуры: -40 ~ 125 °C ± 0,5 °C;
- напряжение питания: 3,3-6 В.

Для определения ориентации метеостанции относительно магнитного полюса используется трехосный магнитометр (электронный компас) на основе датчика HMC5883Ь, который измеряет напряженность магнитного поля вдоль всех трех осей (рис. 3).

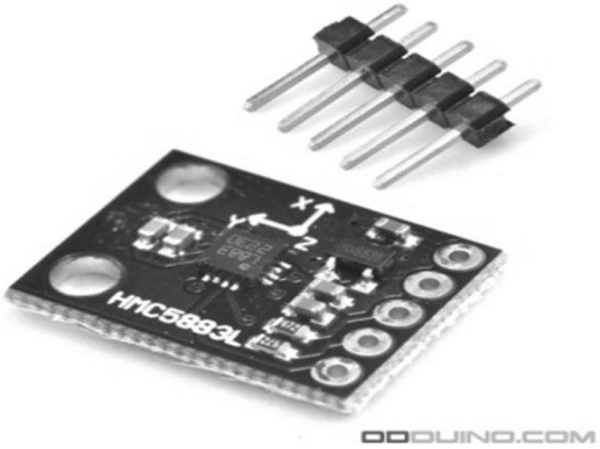


Рис 3. Трехосный магнитометр (электронный компас).

Модуль подходит для создания 3D-компаса, который может служить датчиком ориентации устройства в пространстве по всем трем углам.

Для измерения давления воздуха используется миниатюрный барометрический датчик атмосферного давления BMP180 с функцией измерения температуры для Arduino (рис. 4). Кроме традиционного использования, датчик может быть использован для измерения высоты нахождения прибора над уровнем моря.

Поставляется полностью калиброванным и готовым к использованию.



Рис. 4. Барометрический сенсор атмосферного давления

Характеристики датчика:

- напряжение питания - 1,8 В до 3,6;
- низкое энергопотребление-0.5 uA на 1 Гц;
- интерфейс-I2C;
- Макс. скорость интернета-I2 C: 3.5 MHz;
- уровень шума - до 0.02 hPa (17 см);
- диапазон измерения давления: 300 hPa до 1100 hPa (+9000 м до-500 м);
- размеры: 21x18 мм.

Для определения местоположения метеостанции можно использовать OP8 модуль CY-NEO6MV2 (рис. 5).



Рис. 5. CPS модуль СУ-NE06MV2

Для реализации процесса обмена информацией существует ряд модулей связи на частотах 433 МГц или 2,4 ГГц (рис. 6).

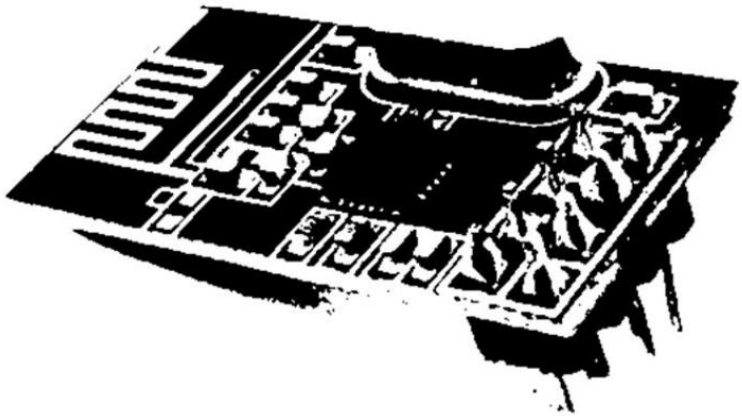


Рис. 6. Модуль беспроводной связи nRF24L01

Модуль беспроводной связи nRF24L01 + работает на частоте 2,4 ГГц выполнен на базе микросхемы nRF24L01+. Модуль поддерживает работу со скоростью 250 Кбит/с, 1 Мбит/с или 2 Мбит/с и может работать на 126 независимых каналах.

При конструировании метеостанций возникает вопрос: какой прибор использовать для измерения такого важного для артиллерии параметра воздушного потока, как его скорость? Существует большое количество приборов с разными принципами действия: крыльчатые анемометры с различными диаметрами крыльчаток, термоанемометры, дифференциальные манометры с различными пневмометрические (напорными) трубками, комбинированные приборы и др.

Поскольку в комплекте сенсоров для Arduino возможно подсоединение нескольких точных измерителей давления, целесообразно рассмотреть их использование в схеме дифференциального манометра для измерения скорости воздушного потока.

Дифференциальные манометры с пневмометрической трубкой используются при высоких температурах (> 80 °C) и / или скоростях более 2

м/с. Приборы можно условно разделить на две группы: одни измеряют только перепад давлений (динамический напор), другие еще имеют функцию усреднения и рассчитывают скорость потока и объемный расход. У пневмометрических трубок, как и у воронок, есть коэффициенты, которые также предварительно необходимо ввести в прибор. Кроме того, в прибор также надо вводить площадь сечения воздуховода и температуру потока. Можно использовать дифманометры с автоматическим каналом ввода температуры и пневмометрические трубки со встроенной термопарой для упрощения вычислений.

Для дифманометров, не имеющих функции расчета скорости потока и объемного расхода, упрощенные формулы для расчета искомых значений приведены ниже.

Динамический напор, измеряемый прибором, вычисляют по формуле

Pd = Pt – Ps [Па или мм вод.ст.], где Pt – полное давление, Ps – статическое давление.

Скорость потока в точке измерения:

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

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

где Pdi-динамический напор в точке измерения; ТР [°c] - температура среды; Кт - коэффициент пневмометрической трубки.

В связи с вышесказанным был реализован макет портативной метеостанции с выводом информации на персональный компьютер.

Для измерения скорости и направления ветра разработана оригинальная система на базе датчика давления, компаса и вращательного устройства на шаговом двигателе. Суть ее заключается в измерении метеопараметров в каждом дискретном азимутальном положении датчика давления, которое задается шаговым двигателем.

На рис. 7.1-7.2 показаны внешний вид макета портативной метеостанции, а на рис. 7.3-вид выводимой информации на экране ПК.



Рис. 7.1. Внешний вид макета портативной метеостанции

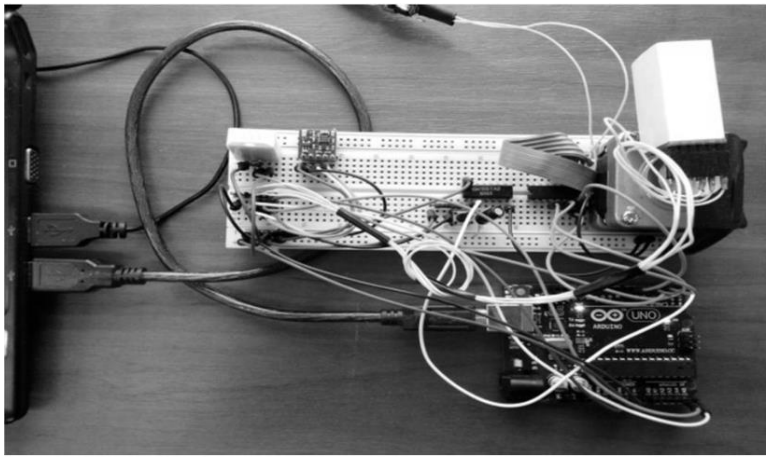


Рис. 7.2. Внешний вид макета блока датчиков и микроконтроллера портативной метеостанции

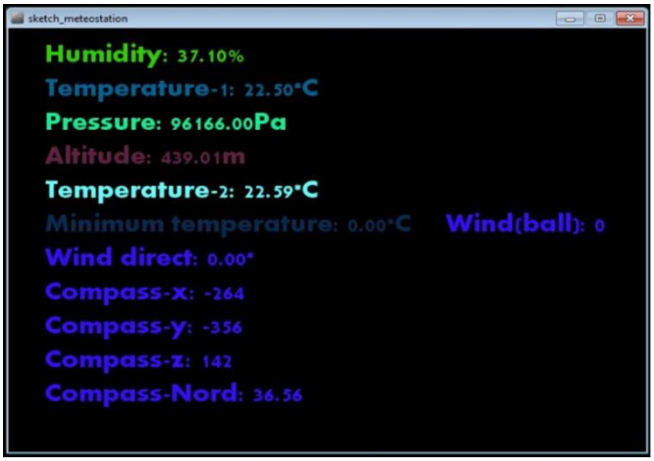


Рис. 7.3. Вид выводимой информации на экран персонального компьютера

На рис. 7.4 показаны внешний вид размещение устройств макета портативной метеостанции, при измерении скорости воздушного потока, которая регулируется управлением скорости вращения лопастей вентилятора.

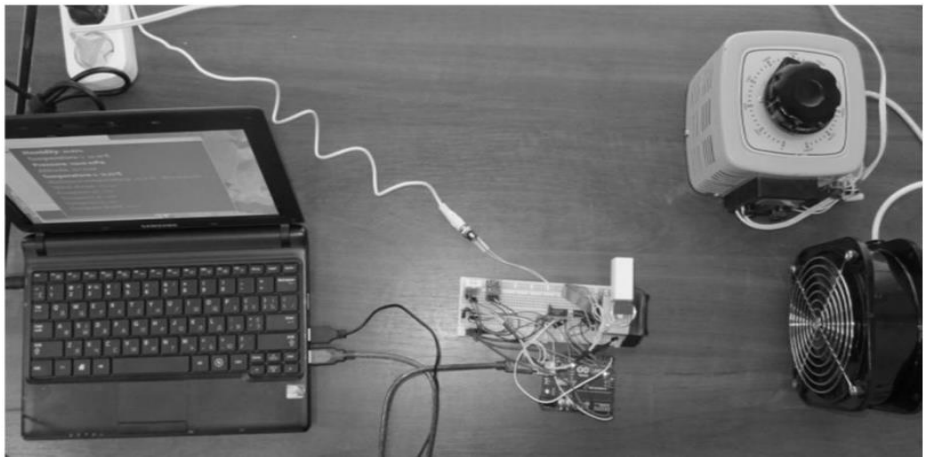


Рис. 7.4. Измерение скорости воздушного потока

На рис. 7.5 показан массив информации о метеопараметрах (влажность, температура, давление) для дискретных положений шагового двигателя.

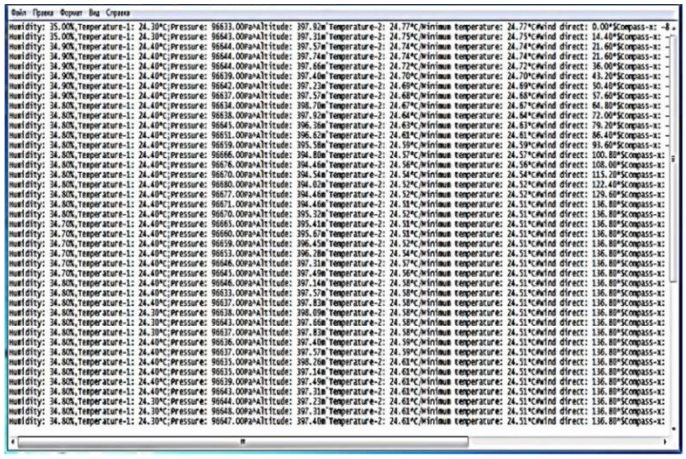


Рис. 7.5. Метеопараметры (влажность, температура, давление) для дискретных положений шагового двигателя

Видно, что относительное изменение давления (отношение ΔP / Pmax) очень мала-0,000414 даже при высокой скорости движения воздуха. Однако и

это небольшое изменение дает возможность измерения направления и скорости воздушного потока. На рис. 7.6 показана зависимость величины воздушного напора от направления, полученная измерением величины давления при открытом датчике давления (без использования напорной трубки) для различных азимутальных положений.

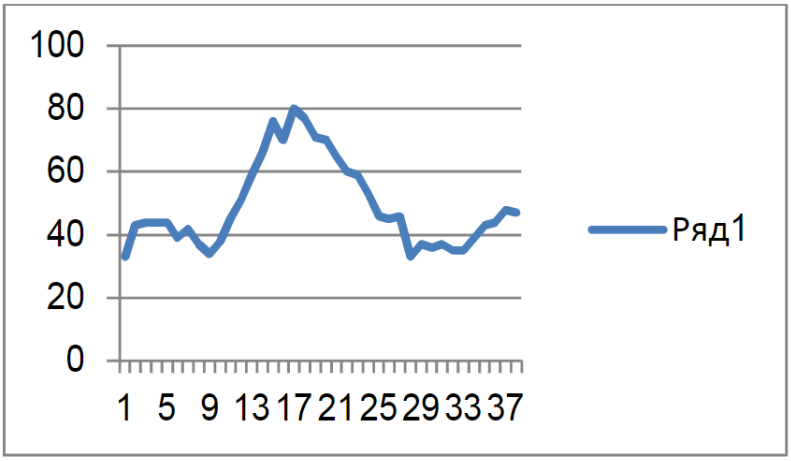


Рис. 7.6. Зависимость величины воздушного напора от направления

В дальнейшем для конкретных датчиков давления необходим поиск оптимальной конструкции трубок в схеме дифференциального манометра, что повысит чувствительность и расширит возможности практического использования таких устройств.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования макета портативной метеостанции на основе микроконтроллера Arduino и комплекта датчиков позволило сделать следующие выводы:

- современные микропроцессорные комплекты с набором датчиков к ним позволяют создавать компактные, энергосберегающие системы измерения метеопараметров;

- поскольку в комплекте сенсоров для Arduino возможно подсоединение нескольких точных измерителей давления, целесообразно рассмотреть их использование в схеме дифференциального манометра для измерения скорости воздушного потока;

- при открытом датчиков давления относительное изменение давления (отношение ΔP / Pmax) очень мала - 0,000414 даже при высокой скорости движения воздуха, однако, зависимость изменения давления от азимута имеет четкий максимум, что дает возможность измерения направления и скорости воздушного потока.

Литература

1. Островский О.А. 2017. Алгоритмы проведения осмотров цифровых носителей информации для предотвращения компьютерных преступлений. Военно-юридический журнал. 11: 3–6.
2. Островский О.А. 2017. Дефиницальный анализ корреляционной зависимости информационной модели и криминалистической характеристики преступления в сфере компьютерной информации. Евразийский юридический журнал. 7 (110): 221–225.
3. Островский О.А. 2017. Принцип объектной декомпозиции в систематизации идентификационных кодов, характеризующих преступления в сфере компьютерной информации. Полицейская деятельность. 3: 10–18.
4. Багутдинов Р.А. 2017. Принцип разработки алгоритмического обеспечения системы технического зрения роботов. Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 9.5: 66–71.
5. Багутдинов Р.А. 2018. Классификационная характеристика для задач обработки разнородных данных. International Journal of Open Information Technologies. 6. 8: 14–18.
6. Донченко В.К. Экометрия: системно-аналитический метод эколого-экономической оценки и прогнозирования потенциальной опасности техногенных воздействий на природную среду / Донченко В.К. // Инженерная экология. 1996. № 3. С.45-61.

Literature

1. Ostrovsky O.A. 2017. Algorithms for conducting inspections of digital media to prevent computer crimes. Military Law Journal. 11: 3-6.

2. Ostrovsky O.A. 2017. A definitive analysis of the correlation dependence of the information model and the criminalistic characteristics of a crime in the field of computer information. Eurasian Law Journal. 7 (110): 221-225.
3. Ostrovsky O.A. 2017. The principle of object decomposition in the systematization of identification codes characterizing crimes in the field of computer information. Police activity. 3: 10-18.
4. Bagautdinov R.A. 2017. The principle of development of algorithmic support of the robot vision system. High-tech technologies in space research of the Earth. 9.5: 66-71.
5. Bagautdinov R.A. 2018. Classification characteristic for heterogeneous data processing tasks. International Journal of Open Information Technologies. 6. 8: 14-18.
6. Donchenko V.K. Ecometrics: a system-analytical method of ecological and economic assessment and forecasting of the potential danger of man-made impacts on the natural environment / Donchenko V.K. // Engineering ecology. 1996. No. 3. pp.45-61.

© Бикбулатов Р.И., Тазеев Н.Ф. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.

Для цитирования: Бикбулатов Р.И., Тазеев Н.Ф. МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА СБОРА МЕТЕОДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №4/2022.