

Разработка системы мониторинга показателей микроклимата помещений

И.Е. Волков¹, Э.А. Чельшев², М.В. Раскатова², Д.В. Шибитов²

¹Российский новый университет, Москва

²Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

Аннотация: В статье описывается разработка системы мониторинга параметров микроклимата помещений. Разработанная система включает в себя аппаратную часть, реализованную на базе платформы Arduino UNO, и программную часть, при разработке которой использовались языки высокого уровня PHP и Python, а также система управления базами данных MySQL. Разработанная система мониторинга была протестирована. Было установлено, что точность показаний и задержки при работе системы лежат в допустимых для рассматриваемой задачи пределах.

Ключевые слова: микроклимат, температура, влажность, Arduino, Ethernet, Python, PHP, QT, Apache, MySQL, база данных.

Введение

Общеизвестно, что здоровье человека и его работоспособность, состояние ценных предметов, а также здоровье домашних растений и животных определяются в том числе условиями микроклимата помещения [1]. Обеспечение необходимых параметров микроклимата в помещении является задачей, решить которую можно с использованием современных аппаратно-программных средств.

Состояние микроклимата в некоторый момент времени определяется целым набором параметров, среди которых особенно выделяются температура и влажность воздуха, как основные параметры микроклимата помещений [2].

В данной статье рассматривается разработка системы мониторинга температуры и влажности как основных параметров микроклимата. Разработанная система мониторинга состоит из трех взаимосвязанных частей: подсистемы сбора данных, серверной и клиентской частей.

Для создания системы сбора данных использовались платформа Arduino UNO, плата расширения Ethernet Shield, позволяющая Arduino UNO

работать в локальных вычислительных сетях с использованием протокола Ethernet, а также датчик влажности и температуры воздуха DHT11 [3]. В качестве локального сервера был использован веб-сервер Apache, а в качестве системы управления базами данных использовалась MySQL [4]. Принятие данных на сервер и запись их в базу данных было реализовано через серверный сценарий, написанный на языке программирования PHP. Пользовательское настольное приложение было реализовано на языке программирования высокого уровня Python, с использованием фреймворка Qt [5]. Было проведено тестирование системы, которое подтвердило её работоспособность.

Анализ предметной области

Температура помещения – один из самых важных показателей степени комфортности для человека. Кроме того, от температуры зависит влажность воздуха и иные параметры.

Низкие температуры приводят к переохлаждению организма, что в свою очередь негативно влияет на иммунитет человека. При низких температурах некоторые растения погибают, а фотосинтез просто невозможен [6]. При высокой температуре в помещении (более 27 °C) также наблюдаются различные негативные последствия для организма.

Влажность воздуха — это количество воды, содержащееся в единице объёма воздуха.

Чем выше относительная влажность воздуха, тем быстрее происходит перегрев организма, вызванный тем, что в условиях повышенной влажности гораздо хуже происходит потоотделение [7].

При относительной влажности воздуха менее 20% наблюдается ускоренное испарение влаги со слизистых оболочек организма, которое приводит к их травмированию с возможным инфицированием [8].

Оптимальными параметрами микроклимата называется такое сочетание значений параметров микроклимата, при которых в течение длительного времени не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении, обеспечивается нормальное тепловое состояние организма при условии минимальных усилий со стороны механизмов терморегуляции организма. Диапазон допустимых параметров микроклимата шире, при таких значениях параметров микроклимата у человека может наблюдаться некоторый дискомфорт, который, впрочем, не способен привести к заболеваниям организма (ГОСТ Р 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»).

Сравнение с аналогами

Программно-аппаратные разработки в области мониторинга параметров окружающей среды имели место и ранее. Например, в работе [9] рассмотрен вопрос разработки системы измерения температуры при помощи термистора, также с использованием платформы Arduino UNO. Полученные данные затем визуализируются в программной среде LabVIEW.

В статье [10] описывается разработка программно-аппаратного комплекса сбора и хранения данных термометрии. При помощи платформы Arduino UNO и подключенного к ней датчика температуры производится сбор данных о температуре окружающей среды. Собранные данные посредством Wi-Fi передатчика передаются по сети на сервер, где сохраняются в базе данных. Данный программно-аппаратный комплекс был протестирован на теплоэлектроцентрали Московского энергетического института.

В работе [11] рассматривается разработка программно-аппаратного комплекса дистанционного управления микроклиматом теплицы. Ряд измерительных устройств, подключенных к платформе Arduino UNO

получают данные о параметрах микроклимата внутри тепличного сооружения.

В случае их отклонения от нормативных показателей приводятся в действие влияющие на микроклимат исполнительные устройства, также подключенные к платформе Arduino UNO. Для взаимодействия пользователя с системой было разработано веб-приложение.

Предлагаемая коллективом авторов разработка имеет ряд отличий от описанных выше. Во-первых, она предназначена именно для жилых и рабочих помещений. Во-вторых, помимо мониторинга температуры проводится также мониторинг влажности. Наконец, разработанная система не требует использования проприетарного программного обеспечения.

Разработка подсистемы сбора данных

Подсистема сбора данных была разработана на основе платформы Arduino UNO. Измерение значений температуры и влажности внутри помещения осуществлялось при помощи датчика температуры и влажности DHT11 (представлено на рисунке 1).

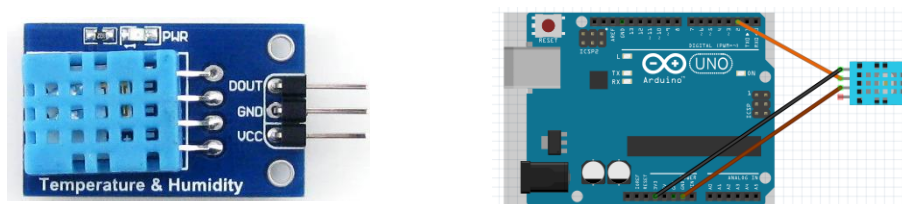


Рис. 1. – Датчик DHT11 (слева) и его подключение к плате Arduino UNO (справа)

Семейство датчиков DHT является самым популярным на данный момент среди пользователей Arduino. Семейство включает в себя три наиболее распространённые модели датчиков: DHT11, DHT22 и DHT21. Их главными достоинствами являются простота написания программного кода и

относительная дешевизна. К недостаткам датчиков данного семейства можно отнести: относительно не высокая точность в сравнении с более дорогими моделями и среднее быстродействие (данные отправляются раз в 1-2 секунды).

Датчики данного семейства состоят из термистора и емкостного датчика влажности. Кроме того, они содержат устройство, формирующее на выходах датчика цифровой сигнал.

Используемый в работе датчик DHT11 имеет следующие характеристики:

- диапазон определения влажности: 20-80%;
- диапазон определения температуры: 0 – 50 °C;
- погрешность определения влажности: $\pm 5\%$;
- погрешность определения температуры: $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Безусловно, прочие модели данного семейства датчиков при большей стоимости обладают меньшими значениями погрешности и большим диапазоном определения. Однако, учитывая специфику конкретной задачи, использование более дорогостоящего, хоть и с лучшими характеристиками, оборудования не представляется обоснованным. В помещениях температура и влажность крайне редко выходят за пределы указанных выше диапазонов, а высокая точность в данной задаче не требуется.

Датчику для питания и бесперебойной работы необходимо питание в 5В, схема подключения датчика к плате Arduino UNO представлена на рисунке 1.

Для получения, обработки и отправки собранных данных на сервер, используется плата расширения Ethernet Shield. Ethernet Shield дает возможность передавать данные по сети с использованием протокола канального уровня Ethernet [3].

Вышеописанные устройства были запрограммированы путем подключения устройства к персональному компьютеру через USB-интерфейс. К плата расширения Ethernet Shield был подключен сетевой кабель, соединяющий плату с маршрутизатором.

Разработка программной части

Для приёма и хранения данных используется веб-сервер Apache, с расположенными на нём базой данных и программным кодом сервера, написанном на языке программирования PHP.

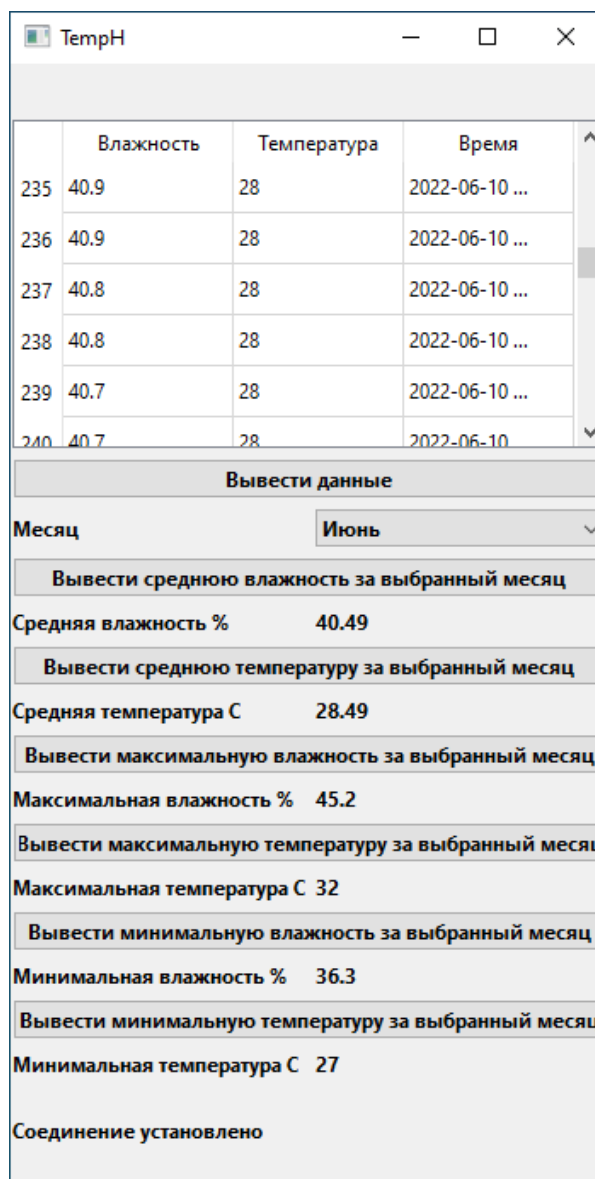
База данных была разработана при помощи системы управления базами данных MySQL [4]. В базе данных содержится таблица «temphumid», в которой и хранятся полученные с датчиков данные. Она содержит 4 столбца: «ID», в котором содержится номер записи, «humidity», хранящий полученные значение влажности, «temperature», содержащий полученные значение влажности и «time», который содержит дату и время получения записи.

Для взаимодействия с пользователем используется клиентское приложение, написанное на языке программирования высокого уровня Python с использованием фреймворка Qt. Клиентскому приложению было решено дать название «TempH».

Фреймворк Qt используется для создания визуальной части приложения, он позволяет заранее в дизайнера окна сделать заготовку, распределив на форме все необходимые компоненты, дать им названия, нанести на них надписи и настроить размер самой формы, после чего остаётся только запрограммировать рабочую часть [5].

Основной задачей приложения является обеспечение взаимодействия пользователя с базой данных, оно позволяет пользователю просматривать таблицу с полученными с датчиков данными, способно рассчитывать среднюю, максимальную и минимальную температуры за выбранный

пользователем месяц. Общий вид запущенного приложения представлен на рисунке 2.



	Влажность	Температура	Время
235	40.9	28	2022-06-10 ...
236	40.9	28	2022-06-10 ...
237	40.8	28	2022-06-10 ...
238	40.8	28	2022-06-10 ...
239	40.7	28	2022-06-10 ...
240	40.7	28	2022-06-10 ...

Вывести данные

Месяц: **Июнь**

Вывести среднюю влажность за выбранный месяц

Средняя влажность % **40.49**

Вывести среднюю температуру за выбранный месяц

Средняя температура С **28.49**

Вывести максимальную влажность за выбранный месяц

Максимальная влажность % **45.2**

Вывести максимальную температуру за выбранный месяц

Максимальная температура С **32**

Вывести минимальную влажность за выбранный месяц

Минимальная влажность % **36.3**

Вывести минимальную температуру за выбранный месяц

Минимальная температура С **27**

Соединение установлено

Рис. 2. – Общий вид приложения TempH

Тестирование системы

Разработанная система мониторинга была протестирована в жилом помещении. Сервер и база данных, а также клиентское приложение были развернуты на персональном компьютере. Аппаратная подсистема располагалась в соседнем помещении и была подключена через Ethernet-

кабель к маршрутизатору внутри локальной сети. Внутри данной локальной сети располагался также персональный компьютер.

Проведенное тестирование показало, что разработанная система мониторинга параметров микроклимата помещений работоспособна и выполняет поставленные перед ней задачи. Стоит отметить, что в процессе тестирования не были замечены погрешности измерения и задержки, которые могли бы считаться существенными с учетом специфики решаемой задачи.

Заключение

В данной работе была рассмотрена разработка системы мониторинга параметров микроклимата помещений, состоящая из аппаратной подсистемы сбора данных и программной части. Полученная система была протестирована и показала свою работоспособность при сравнительно невысокой себестоимости относительно аналогичных систем.

Собранные представленной системой данные могут служить для поддержки принятия мер по оптимизации состояния окружающей среды и защите населения в городском объекте, а также лечь в основу дальнейших исследований по характеристикам, правилам варьирования и механизмам микроклимата в помещениях.

Литература

1. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Пасяда Н. И., Денисова И. В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. Санкт-Петербург: Ассоциация "Некоммерческое партнерство по содействию в проведении научных исследований "Институт нового индустриального развития им. С.Ю. Витте", 2005. 563 с. DOI: 10.17513/np.309.

2. Гарькавый К. А., Бегдай С. Н. Анализ эффективности микроклимата помещения // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 6(44). С. 76-77.

3. Arduino Documentation. URL: docs.arduino.cc/.
4. MySQL Documentation. URL: dev.mysql.com/doc/.
5. QT Documentation. URL: doc.qt.io/.
6. Григорян М. Н., Сайбель А. В., Квартенко М. А. Экология жилых помещений // Научное обозрение. 2014. № 7-3. С. 794-797.
7. Palonen Ja., Seppanen O., Jaakkola J. J. K. The Effects of Air Temperature and Relative Humidity On Thermal Comfort In The Office Environment // Indoor Air. 1993. Vol. 3, № 4. pp. 391-397. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1993.00025.x.
8. Fang L., Clausen G., Fanger P. O. Impact of Temperature and Humidity on the Perception of Indoor Air Quality // Indoor Air. 1998. Vol. 8, № 2. pp. 80-90. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1998.t01-2-00003.x.
9. Испулов Н. А., Жумабеков А. Ж., Абдрахманов А. Б., Нургожина М. Об измерении температуры термистором с помощью микроконтроллеров Arduino // Вестник Карагандинского университета. Серия: Физика. 2017. № 1(85). С. 73-81.
10. Оцоков Ш. А., Челышев Э. А., Шибитов Д. В., Раскатова М. В. Разработка программно-аппаратного комплекса сбора и хранения данных термометрии // Инженерный вестник Дона, 2022, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7436.
11. Фейламазова С. А., Ахмедова З. Х., Абдуразакова З. Ш. Разработка аппаратно-программного комплекса дистанционного управления микроклиматом теплицы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 4. С. 68-75. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-68-75.

References

1. Asaul A. N., Kazakov YU. N., Pasyada N. I., Denisova I. V. Teoriya i praktika maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii [Theory and practice of low-rise housing construction in Russia]. Sankt-Peterburg: Associaciya

"Nekommercheskoe partnerstvo po sodejstviyu v provedenii nauchnyh issledovaniy "Institut novogo industrial'nogo razvitiya im. S.YU. Vitte", 2005. 563 p. DOI: 10.17513/np.309.

2. Gar'kavyj K. A., Begdaj S. N. Energoberezhenie i vodopodgotovka. 2006. № 6(44). pp. 76-77.

3. Arduino Documentation. URL: docs.arduino.cc/.

4. MySQL Documentation. URL: dev.mysql.com/doc/.

5. QT Documentation. URL: doc.qt.io/.

6. Grigoryan M. N., Sajbel' A. V., Kvartenko M. A. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 7-3. pp. 794-797.

7. Palonen Ja., Seppanen O., Jaakkola J. J. K. Indoor Air. 1993. Vol. 3, № 4. pp. 391-397. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1993.00025.x.

8. Fang L., Clausen G., Fanger P. O. Indoor Air. 1998. Vol. 8, № 2. pp. 80-90. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1998.t01-2-00003.x.

9. Ispulov N. A., Zhumabekov A. Zh., Abdrakhmanov A. B., Nurgozhina M. Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya: Fizika. 2017. № 1(85). pp. 73-81.

10. Otsokov SH. A., CHelyshev E. A., SHibitov D. V., Raskatova M. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7436.

11. Feylamazova S. A., Akhmedova Z. Kh., Abdurazakova Z. Sh. Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2021. № 4. pp. 68-75. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-4-68-75.