



УДК 697.1

О. В. Толстель, А. О. Чурилов, С. В. Нестеров

## РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ

*Представлены промежуточные результаты разработки системы управления микроклиматом. Создана алгоритмическая база функционирования системы. Реализована система управления отоплением.*

*Interim results of the creation of the climate control system are presented. The algorithmic base of functioning of system is created. The control system of heating is realized.*

44

**Ключевые слова:** одноплатный компьютер, беспроводные датчики, беспроводной терморегулятор, умный дом.

**Key Words:** single board computer, wireless sensors, wireless thermostat head, smart house.

В связи с проблемой микроклимата в общеобразовательных школах, а именно с отсутствием автоматизации, и, как следствие, повышенного потреблении энергоресурсов и дискомфорта учащихся, была разработана система управления микроклиматом. Актуальность проблемы подтверждает федеральный закон 261 об «Энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», который обязывает экономить энергоресурсы. Администрация школы № 33 Калининграда любезно предложила нам провести испытание в их здании.

В итоге было разработано базовое решение для автоматизации микроклимата с возможностью расширения. На данный момент полностью реализована автоматизация отопления.

Для автоматизации отопления стояла задача поддержания комфортной температуры в классе в учебное время и поддержание минимальной температуры в неучебное. Для легкости установки и удобной эксплуатации системы было решено использовать в большей части беспроводные устройства.

Система состоит из двух основных компонентов:

- 1) контроллер с датчиками и устройствами управления;
- 2) сервер обработки данных.

**Контроллер** представляет собой одноплатный компьютер *Raspberry Pi*. Путем расширения его возможностей с помощью преобразователей интерфейсов из USB в RS485 стало доступно использование широкого круга устройств. В данном решении используются беспроводные датчики температуры и беспроводные терморегуляторы компании Зеленоградского инновационно-технологического центра (ЗИТЦ). Для связи с беспроводными устройствами используется локальный концентратор (ЛК), который представляет собой приемник/передатчик радиосигнала. Контроллер связывается с ЛК через стандарт физического



уровня RS485 при помощи особого протокола обмена данными предоставленный ЗИТЦ и может получать информацию от датчиков и производить управление терморегуляторами.

Терморегуляторы, установленные в каждом помещении на радиаторах, обеспечивает заданный температурный режим для заданного временного интервала. Регулирование осуществляется при помощи перемещения штока, который перекрывает клапан в радиаторе и препятствует потоку теплоносителя. Таким образом, производится точное регулирование теплопотребления с учетом потребности в данном месте и в данное время. Обратная связь формируется по данным беспроводного термометра на основе микроконтроллера, расположенного в помещении.

Программное обеспечение написано на языке программирования *Python 2x* с применением принципов ООП. Также имеется API для добавления новых типов устройств в систему. Поддерживается большой спектр устройств: для каждого из них может быть разработан протокол обмена данными.

Реализована в том числе возможность удаленного доступа к системе с помощью протоколов SFTP и VNC и реализован простой интерфейс, который отображает все устройства в системе и их состояния. Эти возможности позволяют:

- 1) наглядно видеть работу системы и при выходе из строя устройства оперативно произвести замену;
- 2) при необходимости управлять терморегуляторами вручную;
- 3) производить обновление программного обеспечения удаленно.

Удаленное управление возможно с большинства устройств работающих на Android, iOS, Windows.

Для повышения срока службы устройств от одного элемента питания беспроводные устройства обмениваются информацией с контроллером раз в 30 минут. Без замены элементов питания в таком случае устройства могут работать около 2 лет, после чего при помощи простых манипуляций должна быть произведена замена.

Главной задачей на начальном этапе было добиться стабильности работы системы, чтобы даже при проблемах с Интернетом или перепадами напряжения система могла самовосстановиться. Хорошим решением было создание *Watchdog* на основе *Arduino nano*, которая уберегла систему от зависания. Суть ее состоит в том, что *Raspberry* и *Arduino* связаны между собой протоколом UART, а релейные контакты *Arduino* подключены к реле, которое замыкает или замыкает питание для *Raspberry*. С *Raspberry* через равные промежутки времени шлетается пакет на *Arduino*. При зависании *Raspberry* прекращается передача пакетов, и через некоторое время *Arduino* «перезагружает» *Raspberry*. В итоге удалось достичь полной отказоустойчивости системы. За полгода отопительного сезона ни разу не приходилось вмешиваться в работу системы, после чего отопительный сезон кончился, и работа системы была приостановлена.

Поскольку для регулирования используется пока только один входной параметр – «температура в классе», то достаточно использова-

ния позиционного метода. В дальнейшем при добавлении новых типов датчиков планируется перейти на адаптивные алгоритмы управления: генетические алгоритмы и нечеткую логику, а также добавить приточно-вытяжную вентиляцию. Датчики, которые будут добавлены в систему: датчик ветра, датчик CO<sub>2</sub>, датчик солнца. Их использование необходимо для более точной оценки состояния погоды, а в итоге и более точного управления микроклиматом.

**Сервер обработки данных** представляет собой веб-сайт и базы данных, где хранится информация о параметрах автоматизируемых объектов. На сайте можно посмотреть информацию об объектах, построить графики и настроить систему автоматизации. Для системы автоматизации в школе № 33 Калининграда существует возможность устанавливать расписание работы для системы отопления.

При изменении настроек расписания на сайте на контроллер шлется пакет данных, который в зашифрованном виде содержит информацию о расписании. Контроллер его расшифровывает, применяет новое расписание и далее по необходимости дает команду беспроводным терморегуляторам на открытие или закрытие тока теплоносителя.

В подобных системах регулировка осуществляется непосредственно по команде сервера, но при неполадках с соединением система будет работать некорректно, поэтому в представленной системе в итоге решение о регулировке принимает контроллер.

Итоговая схема работы отображена на рисунке 1.

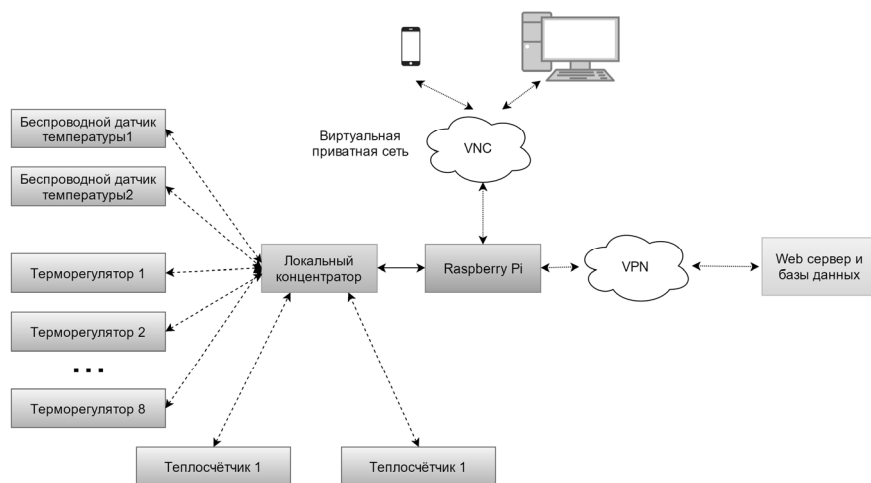


Рис. 1. Общая схема работы

При тестировании системы реализовывался анализ данных ежемесячного потребления теплоэнергии за отопительный сезон в двух идентичных помещениях площадью 40 квадратных метров, в одном из которых был установлен автоматический терморегулятор с заданными ему программами снижения потребления тепловой энергии.



Для подсчета потребления тепловой энергии в каждом классе были использованы теплосчетчики, состоящие из 2 датчиков температуры теплоносителя и 1 счетчика воды, информацию с которых тоже собирал контроллер (рис. 2).

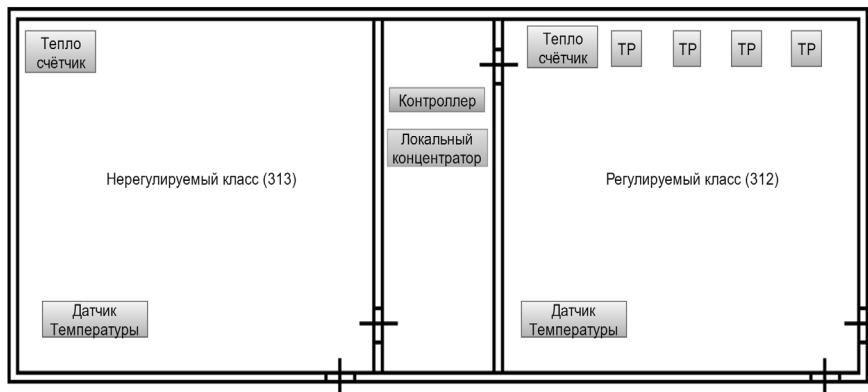


Рис. 2. Схема расположения устройств по классам

Для терморегулятора были установлены следующие программы температур:

- в интервале с 20:00 до 07:00 – + 18 градусов Цельсия;
- в интервале с 7:00 до 20:00 – + 24 градуса Цельсия.

В результате анализа показателей потребления был сделан вывод о существенном снижении потребления тепловой энергии в помещении с установленным терморегулятором. Среднемесячное потребление тепловой энергии в помещении с установленным терморегулятором составило 0,5 Гкал против 0,912 Гкал в помещении без энергосберегающих приборов (рис. 3).

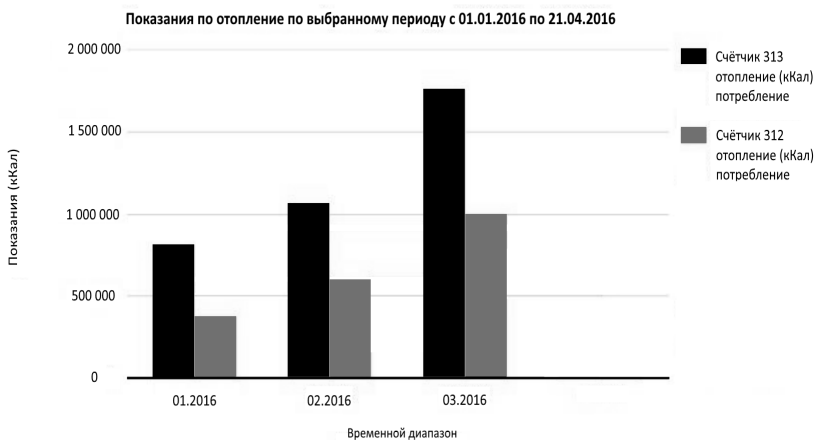


Рис 3. Месячное потребление тепловой энергии: счетчик 313 – помещение без регулирования потребления тепла; счетчик 312 – помещение с регулированием потребления тепла



### Об авторах

Олег Владимирович Толстель — канд. техн. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: tolstel.oleg@mail.ru

Артем Олегович Чурилов — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: artem\_churilov@mail.ru

Сергей Валериевич Нестеров — канд. техн. наук, Калининград.

E-mail: serg0044@mail.ru

48

### About authors

Dr Oleg Tolstel' — Ass. Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: tolstel.oleg@mail.ru

Artem Churilov — PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: artem\_churilov@mail.ru

Dr Sergei Nesterov — Kaliningrad.

E-mail: serg0044@mail.ru

УДК 532.591

*А. А. Зайцев, П. А. Кулаков*

### НОВЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О СИНУСОИДАЛЬНЫХ ВОЛНАХ НА ПОВЕРХНОСТИ ОДНОРОДНОЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

*Рассматривается новый способ решения задачи о синусоидальных волнах на поверхности однородной идеальной жидкости. Его особенность заключается в том, что вместо потенциала скорости используются исходные характеристики волнового движения: горизонтальная и вертикальная компоненты скорости, а также давление. Отмечено, что это позволит обобщить рассматриваемую задачу на случай многослойной жидкости. Полученные результаты, в том числе дисперсионное соотношение, полностью согласуются с известными. Специально рассмотрено длинноволновое приближение.*

*We consider a new way of solving the problem of the sinusoidal wave on the surface of a homogeneous perfect fluid. Its feature is used instead of the potential speed of the original characteristics of wave motion: horizontal and vertical components of the velocity and pressure. It is noted that it will generalize*