



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 ЗИПЦ 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 шлетя 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 CO₂, 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.

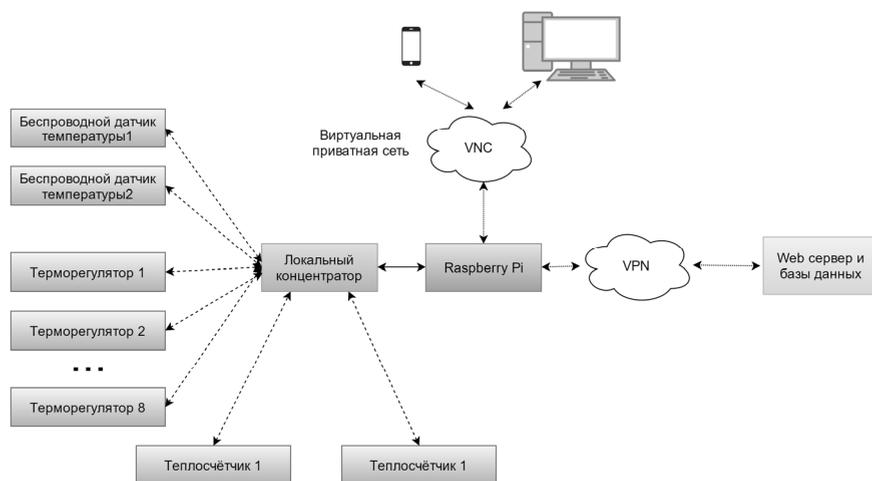
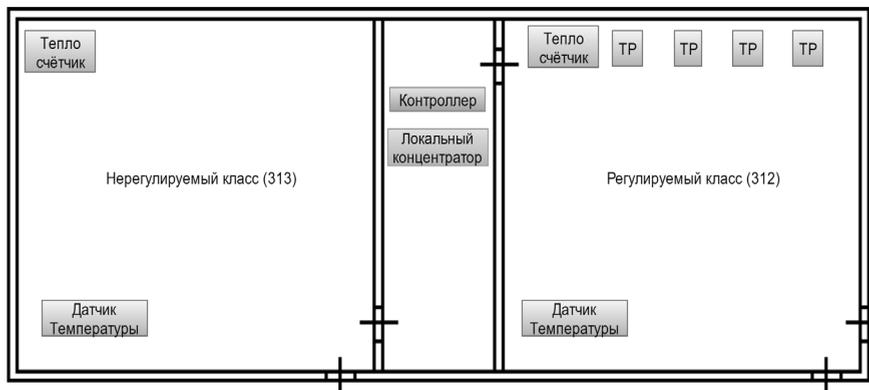


Рис. 1. Общая схема работы

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).



47

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).

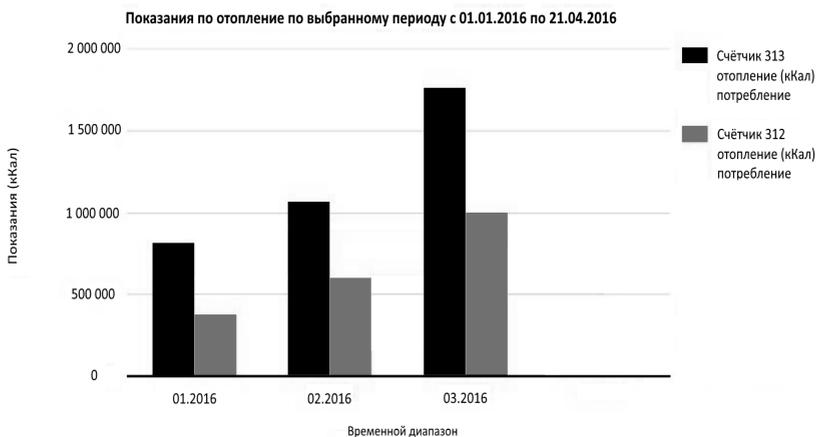


Рис 3. Месячное потребление тепловой энергии: счетчик 313 – помещение без регулирования потребления тепла; счетчик 312 – помещение с регулированием потребления тепла



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