

**П. В. БОТВИНКИН**, аспирант ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия;  
**В. С. ЛУКЬЯНОВ**, д-р техн. наук, проф. ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия;  
**С. В. ШЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»

## WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Запропоновані програмна та апаратна архітектури комплексу для збору, аналізу даних і управління параметрами роботи зовнішніх пристроїв. Наведено результати серії експериментів щодо забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату житлового приміщення, що свідчать про підсумкове зниження рівня споживання електроенергії. Розроблено механізм формування розкладу роботи керуючого пристрою по рівнянню, отриманому з побудованої статистичної моделі.

Предложены программная и аппаратная архитектуры комплекса для сбора, анализа данных и управления параметрами работы внешних устройств. Приведены результаты серии экспериментов по обеспечению оптимальных параметров микроклимата жилого помещения, свидетельствующие об итоговом снижении уровня потребления электричества. Разработан механизм формирования расписания работы управляющего устройства по уравнению, полученному из построенной статистической модели.

Proposed software and hardware architectures of the complex, oriented on data collection, data analysis and control parameters of external devices. The results of a series of experiments to ensure the optimal parameters of the microclimate of the living room, indicating a final reducing of electricity consumption. Developed the mechanism of formation of the timetable to control the device by quadratic equation derived from the compiled statistical model.

**Введение.** Процессы энергосбережения представляют собой реализацию правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Энергоресурсы являются одним из основных источников жизнеобеспечения государства. Поэтому поддержка энергосберегающих стратегий для всех сфер жизни общества является важной и актуальной задачей.

Следует отметить, что в этом контексте для конечных потребителей особое значение принадлежит именно обеспечению рационального уровня потребления энергии. Поэтому представляет интерес проведение исследований и синтез решений, которые позволили бы эффективно воздействовать на уровень энергопотребления как хозяйствующих субъектов, так и жителей жилых домов. В связи с этим вопросы разработки и внедрения общедоступных программно управляемых технических решений для организации рационального уровня потребления энергетических ресурсов на основе анализа и обработки собираемых данных, простых в установке,

настройке и эксплуатации, использующих распространенные компоненты, в настоящее время приобретают важную практическую ценность.

**Целью работы** является повышение эффективности энергопотребления пользователями при условии сохранения выбранного уровня качества микроклимата в помещении путем реализации механизмов контроля и управления потреблением энергетических ресурсов с использованием программно-аппаратного комплекса, поддерживающего и реализующего соответствующие алгоритмы управления.

**Постановка задачи.** Контроль процессов, обуславливающих действия, направленные на энергосбережение, заключается в обработке дискретной информации, характеризующей состояние и уровни значений определенных параметров, организованной в некий информационный поток. Под информационным потоком понимается группа данных, рассматриваемых в процессе ее передачи, имеющих общий источник и общий приёмник. Управление включает обработку данных информационного потока, на основе которой выполняется формирование и последующая передача дискретных значений, поступающих в соответствующие заданные внешние устройства и обеспечивающих их требуемое функционирование.

Для анализа данных информационного потока и прогнозирования их значений используются статистические методы [1]. Оценка степени взаимозависимости переменных, определяющих микроклимат в помещении и, как следствие, энергопотребление, производится на основе коэффициентов корреляции. Для построения алгоритма, позволяющего достичь минимально возможное энергопотребление при заданном уровне параметров обеспечения комфортного микроклимата в помещении, использовались методы множественной регрессии. В данном исследовании изучались связи между температурой и влажностью окружающей среды, температурой и влажностью в помещении, временем работы исполнительных устройств, обеспечивающих заданный микроклимат, и суммарным энергопотреблением.

В ходе исследования для решения рассматриваемой задачи была предложена Web-ориентированная система управления, ее программная и аппаратная архитектуры [2].

На основе представленных архитектур была разработана установка, используемая для проведения экспериментов, в ходе которых производился сбор следующих параметров с интервалом в 15 минут:

- температура воздуха в помещении;
- температура воздуха на улице;
- относительная влажность воздуха в помещении;
- относительная влажность воздуха на улице;
- уровень потребления электроэнергии.

Аппаратная архитектура системы контроля и управления микроклиматом представлена на рис. 1.

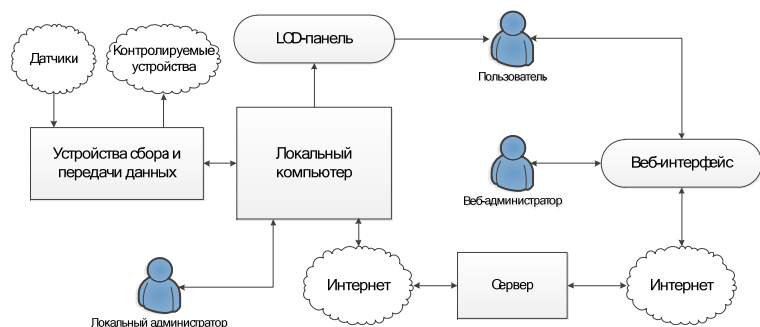


Рис. 1 – Аппаратная архитектура системы

Программная архитектура системы контроля и управления микроклиматом представлена на рис.2

В качестве устройства сбора и передачи данных было использовано устройство сбора и передачи данных (УСПД) «Advantech ADAM-6050», имеющее 12 цифровых входов, 6 цифровых выходов, работающее в сетях Ethernet и поддерживающее управление данными по протоколу Modbus TCP/IP.

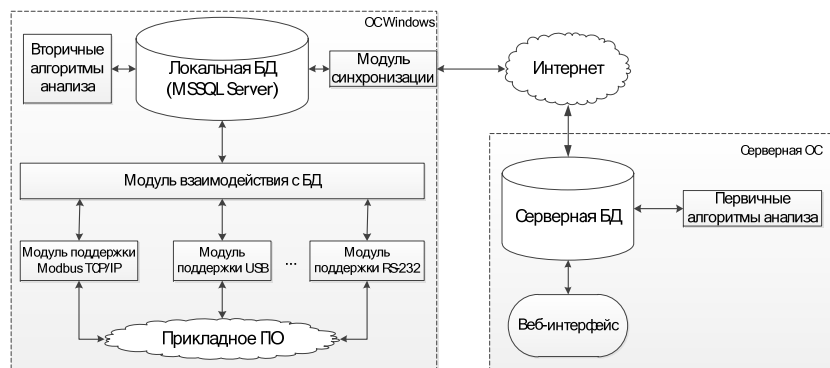


Рис. 2 – Программная архитектура системы

В качестве управляющего компьютера, объединяющего функции и клиентской, и серверной части, был применён нетбук «Asus Eee PC 701» мощностью 24 Вт под управлением ОС Windows XP.

Для нагревания использовался тепловентилятор «AEG HS 203». Так как тепловентиляторы обладают малой тепловой инерционностью, его применение позволяет изменять температуру в помещении в широких пределах за малый промежуток времени. В процессе исследований установленная мощность тепловентилятора равна 1000 Вт·час.

Для снижения влажности воздуха использовалась сплит-система Akai с включенной функцией «dry» — «снижение влажности воздуха».

Для повышения относительной влажности воздуха применялся увлажнитель воздуха «Bonico 7131».

Измерение температуры и влажности воздуха в помещении и на улице осуществилось термометрами-влажномерами «Brando TEMPer Hum» с диапазоном измерения температуры от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$  и диапазоном измерения относительной влажности воздуха от 0% до 100%, подключаемыми к компьютеру посредством интерфейса USB.

Для получения данных об электропотреблении использовался «Матрица № 515» — двухтарифный счётчик электроэнергии, работающий в импульсном режиме (1 Втг-час/импульс).

Суммарная стоимость оборудования, предназначенного для сбора и управления, составила 10800 рублей. Стоимости тепловентилятора, сплит-системы и увлажнителя воздуха не учитываются, так как это оборудование принято вспомогательным.

Программное обеспечение для этого комплекса было разработано в соответствии с предложенной программной архитектурой (см. рис. 2) на языке C#. В качестве СУБД была использована MSSQL Server 2008 Express.

Было проведено три эксперимента:

1. Исследование данных, собранных без учёта комфортных параметров микроклимата (с 15.03.2011 по 31.03.2011).
2. Исследование данных, собранных с учётом контроля комфортных параметров микроклимата с помощью простого алгоритма (с 01.04.2011 по 15.04.2011).
3. Исследование данных, собранных с учётом контроля комфортных параметров микроклимата с помощью полученной статистической модели (с 17.04.2011 по 30.04.2011).

Контролируемыми параметрами микроклимата являлись температура и влажность воздуха в жилом помещении. Управление этими параметрами происходило при помощи включения и выключения тепловентилятора, увлажнителя воздуха и кондиционера в режиме просушки воздуха.

Принятые комфортные параметры микроклимата жилого помещения, применяемые в рамках проведения эксперимента, указаны в таблице.

Принятые комфортные параметры микроклимата

Время суток	Временной период	Температура воздуха	Относительная влажность воздуха
дневное	с 8:00 до 20:00	23°C	50%
ночное	с 20:00 до 8:00	19°C	35%

Под простым алгоритмом управления в рамках данной работы подразумевается поддержание режима «включено» для соответствующего устройства до момента достижения необходимого значения параметра микроклимата, после чего происходит выключение устройства.

В ходе первого эксперимента были получены данные, свидетельствующие об отсутствии корреляции между значениями собираемых параметров.

По результатам второго эксперимента был получен ряд корреляционных зависимостей, на основании которых с использованием методов регрессионного анализа построены модели энергопотребления в зависимости от времени работы тепловентилятора и температуры в помещении следующего вида

$$E = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3tT + b_4T^2,$$

где  $E$  - величина энергопотребления, Вт·ч;

$b_i$  - коэффициенты регрессии,  $i \in \overline{0,3}$ ;

$t$  - температура воздуха в помещении,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T$  - продолжительность работы тепловентилятора, мин.

Очевидно, при заданной температуре в помещении  $t$  зависимость  $E = E(t, T)$  имеет минимальное значение в точке, соответствующей корню квадратного уравнения

$$b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3tT + b_4T^2 - E = 0$$

Тогда можно использовать следующую схему формирования расписания работы управляющего устройства, рис. 3.

Для проведения третьего эксперимента была применена модель энергопотребления, полученная по результатам второго эксперимента. Для управления параметрами работы тепловентилятора был использован разработанный механизм.



Рис. 3 – Схема формирования расписания работы устройства

По данным экспериментов была установлено, что среднесуточная экономия электроэнергии при контроле параметров работы тепловентилятора, основываясь на полученной модели энергопотребления, составляет 5,22 рубля в сутки при цене 2,53 рубля за Киловатт-час.

Исходя из расчёта затрат на покупку аппаратуры и сбора экспериментальной установки, срок окупаемости проекта для России на текущее время составляет около 5,7 лет.

**Выводы.** Для осуществления действий, связанных со сбережением энергии в различных сферах ее потребления, необходимо контролировать данные, определяющие внешние и внутренние параметры окружающей среды и управляемых устройств, и обеспечивать управление их состоянием в соответствии с целями управления.

Проведённые в рамках работы эксперименты показали, что при использовании статистической модели энергопотребления для управления потребляемыми энергией устройствами, используя разработанные механизмы, можно добиться снижения уровня энергопотребления. Это снижение будет тем значительнее, чем для большего числа устройств будет обеспечен автоматический контроль и управление.

Предлагаемые подходы к построению систем управления процессами энергопотребления обеспечивают повышение эффективности использования энергоресурсов и могут быть применены в организации энергопотребления различными потребителями.

**Список литературы:** 1. Шевченко С. В. Распределение объемов производства и поставок электроэнергии с учетом состояния субъектов энергосистемы // Открытое образование. – 2011. – № 2 (85). Ч. 2. – С. 234–235. 2. Ботвинкин П. В., Лукьянов В. С. Автоматизированное управление параметрами производства и потребления энергетических ресурсов / П. В. Ботвинкин, В. С. Лукьянов // Открытое образование. – 2011. – Ч. 2. № 2 (85). – С. 109–111.

Надійшла до редколегії 09.06.2011