

ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УМНОГО ГОРОДА

А.Н. Виноградов (ИАПУ ДВО РАН),
Р.С. Кузнецов (ИАПУ ДВО РАН, ВГУЭС)

Рассмотрены функциональные возможности информационно-аналитических систем в теплоснабжении в рамках концепции развития «умных» городов. Приведено краткое описание программных средств мониторинга, анализа и управления системой теплоснабжения. Предложено применение новых принципов настройки регуляторов отопления в многоквартирных жилых домах. Показаны примеры мониторинга теплосчетчика и контроллера отопления, проведен сравнительный анализ режимов регулирования теплоснабжения.

Ключевые слова: умный город, теплосчетчик, контроллер отопления, теплоснабжение, мониторинг.

Введение

Реализация концепции «умного города» предполагает, в том числе внедрение информационно-телекоммуникационных технологий в системы ЖКХ и инженерные сети теплоснабжения с целью эффективного управления энергетической городской инфраструктурой на основе актуальных и оперативных данных приборного учета и регулирования. Создание телеизмерительных, информационно-аналитических и телеуправляемых систем для обеспечения качественного и надежного функционирования сетей теплоснабжения одно из приоритетных направлений исследований и разработок в ИАПУ ДВО РАН по поэтапному внедрению на практике технологий «умного города».

Для перехода к передовым цифровым технологиям необходимо:

— метрологическое обеспечение точных и адекватных телеизмерений основных параметров технологических процессов в сетях электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения;

— создание методов диагностирования измерительного, коммуникационного и технологического оборудования;

— разработка современного программного обеспечения для телеуправления процессами в умных сетях и зданиях;

— создание новых методов оценки энергоэффективности зданий и предприятий на основе фактических ретроспективных данных, накопленных в процессе эксплуатации;

— реализация научно-обоснованных подходов, направленных на обеспечение энергосбережения в ЖКХ.

Основной интеллектуальной составляющей «умного города» являются информационно-аналитические системы (ИАС), в которых в отличие от традиционных информационно-измерительных систем основной акцент делается на обработку и анализ результатов измерений как в реальном времени, так и накапливаемых за значительные периоды времени (месяцы и годы).

Информационно-аналитические системы предназначены для реализации следующих основных функций:

- считывание данных с приборов учета и регулирования с помощью современного коммуникационного оборудования;

- экспресс-анализ и верификация считанных данных;
 - своевременное выявление нештатных ситуаций и предупреждение аварий;
 - выявление утечек и несанкционированного водозабора;
 - метрологический контроль и оценка достоверности результатов измерений;
 - унификация форматов и моделей данных для организации базы данных различных объектов и приборов;
 - мониторинг параметров приборов в режиме реального времени;
 - построение и визуализация разнообразных многопараметрических графиков;
 - расчет нормативных и фактических температурных графиков с целью контроля эффективности теплового режима;
 - построение диаграмм, демонстрирующих экономический эффект применения приборного учета и регулирования энергоресурсов;
 - генерация таблиц и отчетов о потребляемых ресурсах для предоставления в теплоснабжающую организацию;
 - аналитическая обработка результатов измерений и применение регрессионного анализа для определения фактических зависимостей между основными параметрами исследуемых объектов;
 - анализ работы систем автоматического регулирования теплоснабжения и оценка эффективности их использования;
 - выдача рекомендаций по оптимизации режимов эксплуатации;
 - сокращение потерь, энергосбережение и повышение энергоэффективности;
 - поддержка управления топливно-энергетическими, инженерными и другими системами.
- В ИАПУ ДВО РАН с 2000 г. совместно с инженерными компаниями разрабатываются ИАС [1] с целью внедрения современных информационных технологий и средств автоматизации в промышленности и ЖКХ на Дальнем Востоке России. Отметим наиболее актуальные и востребованные на практике функциональные возможности, входящие в состав ИАС.

Мониторинг и контроль работы приборов учета тепловой энергии

Развитие телекоммуникационных технологий и переход на пакетную передачу данных в сетях нового поколения позволяет осуществлять одновременный доступ к GSM-модемам на гораздо более высоких скоростях. Преимущества от использования новых технологий передачи данных: параллельный сбор данных с большого числа приборов учета, скорость соединения и надежность передачи больших пакетов данных, отсутствие частых обрывов сеанса связи и быстрое автоматическое восстановление соединения при обрыве.

Перевод системы сбора на использование протокола TCP/IP позволил значительно повысить оперативность сбора данных, уменьшить расходы на GSM-связь и значительно увеличить максимальное число приборов учета, обслуживаемых сервером сбора информации [2]. Стала возможной организация мониторинга приборов учета в режиме реального времени, подключенных к сети по TCP/IP, которые могут работать одновременно (параллельный опрос данных). Разработан новый сервис опроса мгновенных показаний приборов учета в режиме реального времени, который позволяет следующее:

- подать заявку на опрос прибора учета в режиме мониторинга;
- отобразить мгновенные параметры прибора в режиме реального времени;
- просмотреть тренды, полученные в результате мониторинга на графике;
- произвести предварительный контроль считанных значений и диагностику.

Модуль «Мониторинг»¹ предоставляет пользователю возможность для выбора 1...9 приборов учета для одновременного считывания данных в режиме реального времени. Группа выбранных для мониторинга приборов учета передается на сервер мониторинга в сервис опроса, где происходит подписка на получение данных с определенной частотой в течение заданного пользователем периода времени. Полученные с прибора мгновенные и текущие итоговые показания автоматически сохраняются в базе данных по учету энергоресурсов и отображаются в главном окне модуля. Для разных приборов учета и их конфигураций определяется индивидуальная мнемосхема и набор параметров. Например, на мнемосхеме мониторинга теплосчетчика отображаются значения температуры и расхода теплоносителя, а также сигнализация об обнаруженных дефектах. По графикам можно в деталях оценить режим функционирования теплового узла и динамику изменения основных параметров теплоснабжения. Это необходимо при наладке систем регулирования, оценки пиковых значений водозабора и выявления проблем при эксплуатации теплосчетчика.

¹ Читулис В.П., Кузнецов Р.С. СКУТЕР - Мониторинг. Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». М: РОСПАТЕНТ. №10. 2017. Свидетельство № 2017661173.

Дополнительным преимуществом модуля является возможность мониторинга сразу нескольких приборов учета для получения общей картины участка теплоснабжения. Этот режим работы модуля позволяет сравнить показания с приборов учета в зданиях, расположенных рядом, или оценить ситуацию одновременно в нескольких населенных пунктах. Для визуализации мгновенных результатов измерения с теплосчетчиков на информационно-аналитическом портале [3] по учету и регулированию энергоресурсов разработан новый Web-сервис «Мониторинг». Пользователь может подать заявку на опрос, инициировав новый процесс считывания данных (соответствующая кнопка на странице сервиса). После подачи заявки на опрос информация на странице будет автоматически обновляться по технологии AJAX. Спустя некоторое время (зависит от канала связи и объема данных) процесс считывания будет завершен и все результаты отображены на странице Web-портала.

Экспресс-анализ результатов измерений

Большие объемы собираемых данных с многочисленных и разнотипных приборов учета требуют оперативной проверки достоверности результатов измерений, диагностики технического состояния оборудования и контроля соблюдения эффективных режимов энергопотребления. Программный модуль «Экспресс-анализ» [4] разработан для решения этих задач и предназначен для визуализации обнаруженных нарушений по результатам анализа измерений (рис. 1). Автоматическое считывание результатов измерений с теплосчетчиков и регуляторов систем теплоснабжения дополняется оперативным расчетом и диагностикой объектов энергоучета. Модуль «Экспресс-анализ» позволяет сразу после сбора данных автоматически провести верификацию результатов измерений за выбранные сутки по разнотипным приборам учета и регулирования. Диагностическая карта, получаемая в результате расчета статистических показателей по всем значениям параметров прибора учета, позволяет выявить нештатные ситуации и оценить эффективность функционирования теплового пункта. Для каждого параметра вычисляются граничные значения и ожидаемое (нормативное) значение. Система проверок для параметра основана на сравнении статистических показателей измеряемого параметра с его граничными и нормативными значениями. При выходе минимального, среднего или максимального значения за допустимые диапазоны (аварийный, диапазон измерения, технологический и др.) или существенном отклонении от нормы будет произведена сигнализация о нарушении в диагностической карте. Диагностическая карта для теплосчетчика содержит основные и вычисляемые параметры, а так-

Экспресс-анализ

Файл Вид Помощь

Ответственный: Виноградов Период: 01.02.2019 - 07.02.2019

Объекты	Сбор	Дата архива	1	2	3	4	5	6	7
17. Владивосток. ООО УК Артур, Постышева 27 TTR-01D [151399] Тел.: IP-адрес:192.168.102.41:32100	Синхро	07.05.19 23:00							
18. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 50 ТВ7/ТВ7М ТВ1 [15025079] Тел.:89242487560 IP-адрес:192.168.102.41:32056	Сеть	27.08.19 23:00	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
19. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 50 ТВ7/ТВ7М ТВ2 [15025079] Тел.:89242487560 IP-адрес:192.168.102.41:32056	Сеть	27.08.19 23:00	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
20. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 50 TTR-01D [150902] Тел.:89242487560 IP-адрес:192.168.102.41:32056		07.05.19 23:00							
21. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 66 ВКТ-7 ТВ1 [230774] Тел.:89140741976 IP-адрес:10.1.0.193:57777	Модем	28.08.19 9:00	▲	▲					
22. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 66 ВКТ-7 ТВ2 [230774] Тел.:89140741976 IP-адрес:10.1.0.193:57777	Модем	28.08.19 9:00	▲	▲					
23. Владивосток. ООО УК Багратиона, Русская 66 ECL310 ECL-210/310 [105288] Тел.:8000900000 IP-адрес:192.168.102.41:32045		08.05.19 11:07							

События	Дефекты	Диагностика	Отфильтрованные данные	Статистика опроса			
Параметр	Норма	Нижний	MIN	Среднее	MAX	Верхний	Количество
Tнв,°C	-13,10	-24,00	-5,93	-4,63	0,14	18,00	24
Q,МДж/ч	176,75	76,86	56,14	77,96	96,05	266,24	24
G1,м3/ч	6,00	0,10	2,97	3,74	3,89	12,00	24
G2,м3/ч	6,00	0,10	2,91	3,48	3,69	12,00	24
T1,°C	64,06	42,00	60,43	64,90	67,21	95,00	24
T2,°C	50,59	10,00	42,05	46,21	47,59	70,00	24
Н,ч	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,01	24
M1,тн/ч	6,00	0,10	2,92	3,67	3,81	12,00	24
M2,тн/ч	6,00	0,10	2,88	3,45	3,66	12,00	24

Рис. 1. Экспресс-анализ результатов измерений и диагностика теплосчетчиков

же специально разработанные методы проверок этих параметров. Контролируются следующие ситуации: превышение динамического диапазона измерения расходомера, отклонение от температурного графика, выход погрешности измерения за допускаемый диапазон, сверхнормативное потребление тепловой энергии или дефицит энергии, динамика изменения основных параметров теплоснабжения от температуры наружного воздуха, несанкционированный водозабор и утечки теплоносителя.

Телеуправление отоплением многоквартирных жилых домов

Одним из мероприятий по энергосбережению в системах теплоснабжения зданий является установка систем автоматического регулирования (САР) отопления для обеспечения энергоэффективных ре-

жимов за счет индивидуального погодного регулирования на тепловом узле. В теплоэнергетике внедрение средств автоматического погодного регулирования (в частности контроллеров отопления) происходит не так масштабно, как средств коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя. Однако с каждым годом растет число тепловых узлов потребителей, оборудованных автоматическим регулированием.

Тепловой узел, оборудованный средствами измерения и системой автоматического погодного регулирования теплоснабжения, показан на рис. 2. В состав САР входит: регулирующий клапан, циркуляционные насосы и контроллер. Контроллер предназначен для регулирования температуры в системе отопления, на него подключены контрольные датчики температуры наружного воздуха и температуры теплоносителя. Регулирование осуществляется путем изменения коэффициента смешения при помощи клапана с электроприводом, установленного на подающем трубопроводе. Регулирующий клапан (задвижка с электроприводом, РКЭ) принимает сигналы от контроллера на открытие/закрытие. При повышении температуры наружного воздуха регулирующий клапан отрабатывает прикрытие задвижки, и расход теплоносителя из теплосети уменьшается, что приводит к сокращению теплотребления здания. При похолодании происходит обратный процесс. Циркуляционные насосы поддерживают необходимый расход во внутреннем контуре системы отопления даже при полном закрытии регулирующего клапана. Контроллер осуществляет управление процессом и поддерживает температуру в системе отопления после узла смешения в соответствии с заданным температурным графиком от температуры наружного воздуха. Настройка температурного графика и коэффициентов регулирования осуществляется индивидуально для каждого объекта теплоснабжения. Оптимальная настройка системы автоматического регулирования позволяет получить наилучший эффект и обеспечить комфортный для жильцов тепловой режим при максимальном энергосбережении.

В связи с необходимостью осуществлять техническое и информационное обслуживание регуляторов, установленных на объектах теплоснабжения, разработано программное обеспечение для телеуправления. Реализованы функции диспетчеризации и удаленного управления процессами регулирования для тепловых



Рис.2. Схема автоматизированного теплового пункта

узлов, оснащенных погодными регуляторами Danfoss ECL Comfort [5]. Программное обеспечение для работы с регуляторами находится в промышленной эксплуатации на заводах «Дальприбор» и «Радиоприбор» г. Владивостока. Управление погодными регуляторами, установленными в тепловых узлах корпусов на всей территории завода, осуществляется из местного диспетчерского пункта по проводной линии RS-485. Благодаря постоянному контролю удалось настроить регуляторы максимально рационально, при этом в цехах завода поддерживается комфортная для работы и производственных процессов температура днем и приемлемо пониженная температура ночью, а также в нерабочие дни, что позволило сэкономить за отопительный сезон порядка 20% по сравнению с предыдущим отопительным сезоном. Помимо крупных промышленных объектов, данные регуляторы устанавливаются вместе с тепловычислителями в тепловых узлах жилых домов Приморского края [6].

Мониторинг температуры внутри помещений

Эффективность применения на объектах ЖКХ автоматизированных тепловых пунктов, регулирующих потребление тепловой энергии в зависимости от изменения температуры наружного воздуха, показана на многочисленных объектах [7]. Однако одним из недостатков САР (рис. 2) является отсутствие данных по температуре внутри помещений. В связи с этим настройка самой системы управления сводится к заданию в параметрах регулятора модельного температурного графика по нескольким точкам, что не всегда приводит к оптимальному режиму теплоснабжения, а в некоторых случаях и к необоснованному перерасходу тепловой энергии. Устранить данный недостаток в большой степени позволяет использование новых информационных технологий и смарт-датчиков.

В последние годы в области информационных технологий сформировалось новое направление Internet of things, которое основано на повсеместном использовании беспроводных сенсоров, сетей и облачных вычислений. Одной из самых широко распространенных и популярных беспроводных сетей, в том числе в жилых домах, является Wi-Fi. Использование существующей Wi-Fi сети позволяет сократить расходы на организацию канала для передачи данных. На основе микроконтроллера ESP8266 были созданы устройства для передачи измеренной температуры на информационно-аналитический Internet портал по учету и регулированию энергоресурсов с заданным периодом времени. Настройка «умного датчика» производится при помощи Web-интерфейса с использованием любого устройства, поддерживающего сеть Wi-Fi, в том числе с мобильного телефона. Измерение физических величин (температура внутри квартиры) выполняется выносным датчиком. Использование данных от датчиков, устанавливаемых в помещениях жилых домов, позволяет перейти к автоматической корректировке настроечных параметров САР без участия человека.

На основе измерений температуры в помещениях, получаемых от датчиков, на сервере в базе данных формируется архив, визуализация которого впоследствии доступна на Web-портале или ИАС в графическом или табличном виде для дальнейшего анализа. Для формирования полной картины теплового режима здания необходима установка датчиков во всех помещениях. Но реализация полномасштабного мониторинга в настоящее время ограничена решением финансовых и организационных вопросов. На практике получило распространение измерение температуры в отдельных наиболее ключевых для отопления всего здания помещениях. Рассмотрим помещения, наиболее подверженные изменениям климатических условий, расположенные на северной и южной стороне здания. На рис. 3 на верхнем графике приведены параметры, считанные с контроллера отопления: на левой оси L1 верхний временной ряд соответствует температуре наружного воздуха, на правой оси R2 — измеренная температура в подающем трубопроводе системы отопления здания и рассчитанная регулятором температура для поддержания. Как видно, на верхнем графике контроллер выполняет регулирование температуры из теплосети в соответствии с расчетным значением по температуре наружного воздуха. Прослеживается явная корреляция между температурой наружного воздуха и температурой теплоносителя, в то время как измеренная температура теплоносителя отклоняется

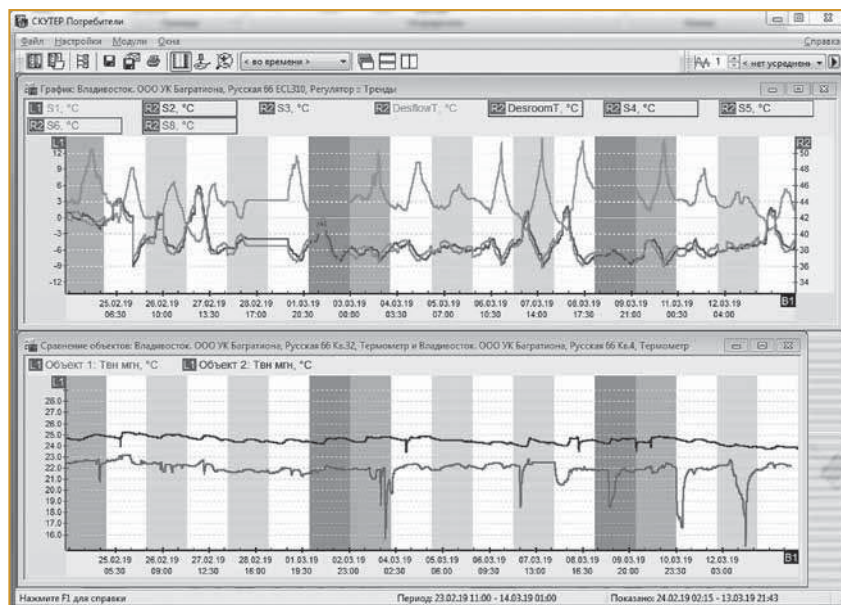


Рис.3. Графики изменения параметров контроллера отопления и температуры в жилом помещении

на северной и южной стороне здания. На рис. 3 на верхнем графике приведены параметры, считанные с контроллера отопления: на левой оси L1 верхний временной ряд соответствует температуре наружного воздуха, на правой оси R2 — измеренная температура в подающем трубопроводе системы отопления здания и рассчитанная регулятором температура для поддержания. Как видно, на верхнем графике контроллер выполняет регулирование температуры из теплосети в соответствии с расчетным значением по температуре наружного воздуха. Прослеживается явная корреляция между температурой наружного воздуха и температурой теплоносителя, в то время как измеренная температура теплоносителя отклоняется

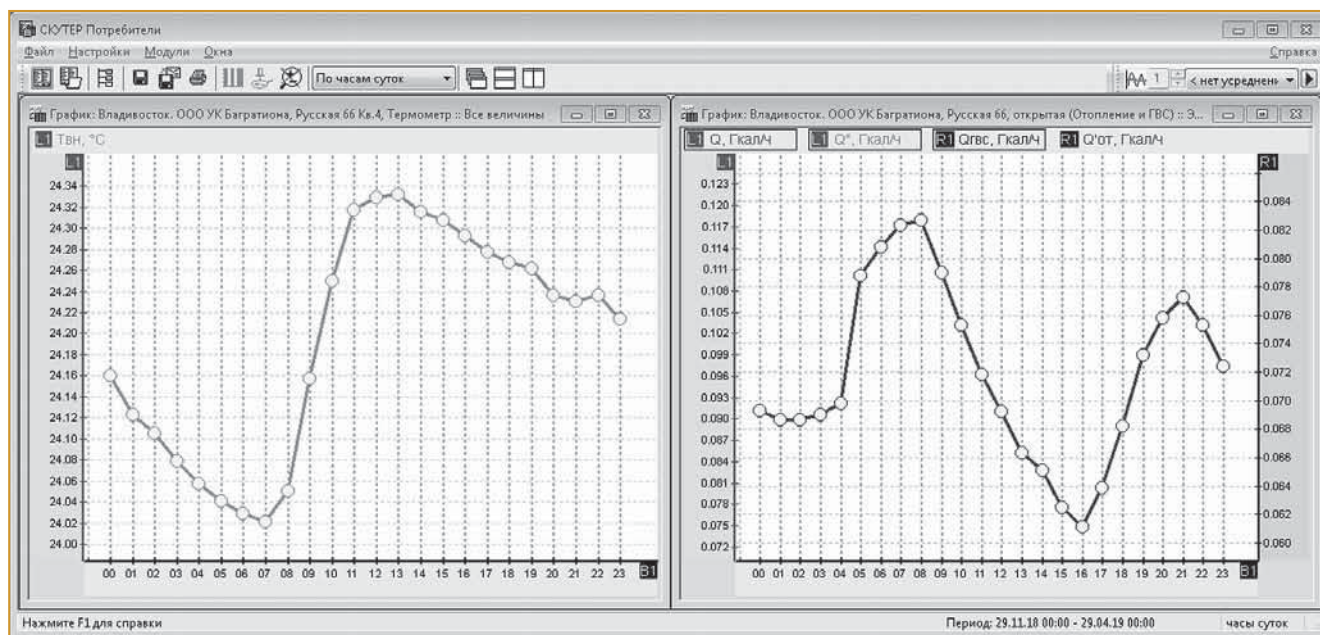


Рис. 4. Распределение температуры в квартире и тепловой энергии на отопление по часам суток

от расчетной по графику регулирования температуры менее чем на 2°C .

На нижнем графике (рис. 3) представлено изменение во времени температуры в отдельных квартирах жилого дома. При этом верхний временной ряд (объект 2) измерений соответствует солнечной стороне дома, а нижний — северному фасаду здания (объект 1). Наблюдаемое на графике довольно быстрое, периодическое снижение температуры, менее чем за 10 мин. в среднем с 23°C до 16°C связано с проветриванием помещения. В помещениях, расположенных на южной стороне здания, наблюдается пик температуры, приходящийся на дневное время суток, связанный с дополнительным нагревом за счет солнечной радиации.

Из проанализированной информации можно сделать вывод, что, несмотря на правильное функционирование контроллера отопления, температурный режим в квартирах жилого дома может существенно различаться. Оптимизация режимов отопления в многоквартирных жилых домах — тема отдельной статьи. Для решения этой актуальной проблемы необходим мониторинг температуры внутри помещений.

Анализ режимов регулирования теплоснабжения

Рассмотрим изменение температуры в помещении при переводе системы отопления в ночной энергосберегающий режим. При таком режиме в настройках автоматического регулятора задается расписание ночного понижения температурного графика (в нашем случае с полуночи до 5 ч утра на 8°C). На рис. 4 представлены графики распределения по часам суток температуры внутри квартиры (слева) и среднечасового потребления тепловой энергии на отопление (справа). Из графиков видно, что потребление тепловой энергии при ночном режиме энергосбережения снижается

резко (00). При этом температура в помещении снижается плавно в среднем всего на $0,12^{\circ}\text{C}$ к 5 часам и возвращается к прежним значениям к 9 часам (то есть через 4 часа после выключения ночного режима) из-за большой инерционности при прогреве здания.

Для сравнения различных режимов регулирования в системах теплоснабжения и анализа работы контроллеров отопления разработана программа «СКУТЕР — Анализ режимов регулирования»². Программа позволяет:

- сравнить текущие измеренные параметры теплоснабжения с вычисленными по модели;
- сравнить между собой значения параметров теплоснабжения, вычисленных на основе моделей, соответствующих различным тепловым и гидравлическим режимам;
- построить распределение модельных и фактических данных по температуре наружного воздуха, температуре и расходу теплоносителя, а также по часам суток и дням недели;
- оценить эффективность различных режимов регулирования теплоснабжения.

Рассмотрим методику оценки эффективности регулирования теплоснабжения [7] на конкретном примере. Для анализа взята система учета и регулирования тепловой энергии, функционирующая на тепловом узле жилого здания по адресу проспект 100 лет Владивостоку, 134. Генеральная совокупность данных по объекту исследования — часовой архив теплосчетчика с 19.10.2012 по 30.03.2018. Для рассматриваемого объекта до отопительного сезона в 2013–2014 гг. осуществлялось только качественное централизованное регулирование по температурному графику путем изменения температуры теплоносителя в тепловой сети в соответствие с температурой наружного воздуха (в это время САР на объекте отсутствовала). В отопительном

сезоне 2013–2014 гг. тепловой узел оснащен САР теплоснабжения, и установлен контроллер (КР) отопления ECL-310. Начиная с 2013 г. сервисный инженер, обслуживающий тепловой узел с САР, настраивал параметры контроллера отопления. Выделим различные режимы регулирования теплоснабжения в соответствии с настройками контроллера отопления. Так в отопительный сезон 2015–2016 гг. на КР была задана комфортная температура внутри помещения 18 °С, что соответствует режиму регулирования R1. В отопительном сезоне 2017–2018 гг. из-за проблем во внутренней системе отопления здания и жалоб жильцов угловых квартир на неудовлетворительную температуру внутри их комнат, введен режим регулирования R2, рассчитанный на температуру внутри помещений 20 °С. Отметим, что уменьшение или увеличение значения требуемой комфортной температуры внутри помещений, позволяет, согласно алгоритму работы КР, автоматически корректировать базовый температурный график погодного регулирования теплоснабжения. Сфор-

мируем из генеральной совокупности три репрезентативные выборки данных: 1) результаты измерений за период времени с 01.11.2012 по 30.04.2013 в отопительный сезон без САР R0; 2) за период времени с 01.11.2015 по 30.04.2016 с экономным режимом регулирования R1; 3) за период времени с 01.11.2017 по 29.03.2018 с комфортным режимом регулирования R2.

Построим модели потребления тепловой энергии Q_0 и Q_1 в мегакалориях (Мкал) исследуемым объектом для первых двух выборок данных с режимами регулирования R0 и R1 соответственно:

$$Q_0 = 15,6 \cdot M_t + 2,438 \cdot t_t - 138,72, \quad R^2 = 0,985 \quad (1)$$

$$Q_1 = 15,67 \cdot M_t + 2,828 \cdot t_t - 173,58, \quad R^2 = 0,917 \quad (2)$$

Сравним измеренное теплотребление здания в текущем отопительном сезоне при режиме регулирования R2 с расчетным потреблением тепловой энергии по моделям (1) и (2), используя параметры теплоснабжения

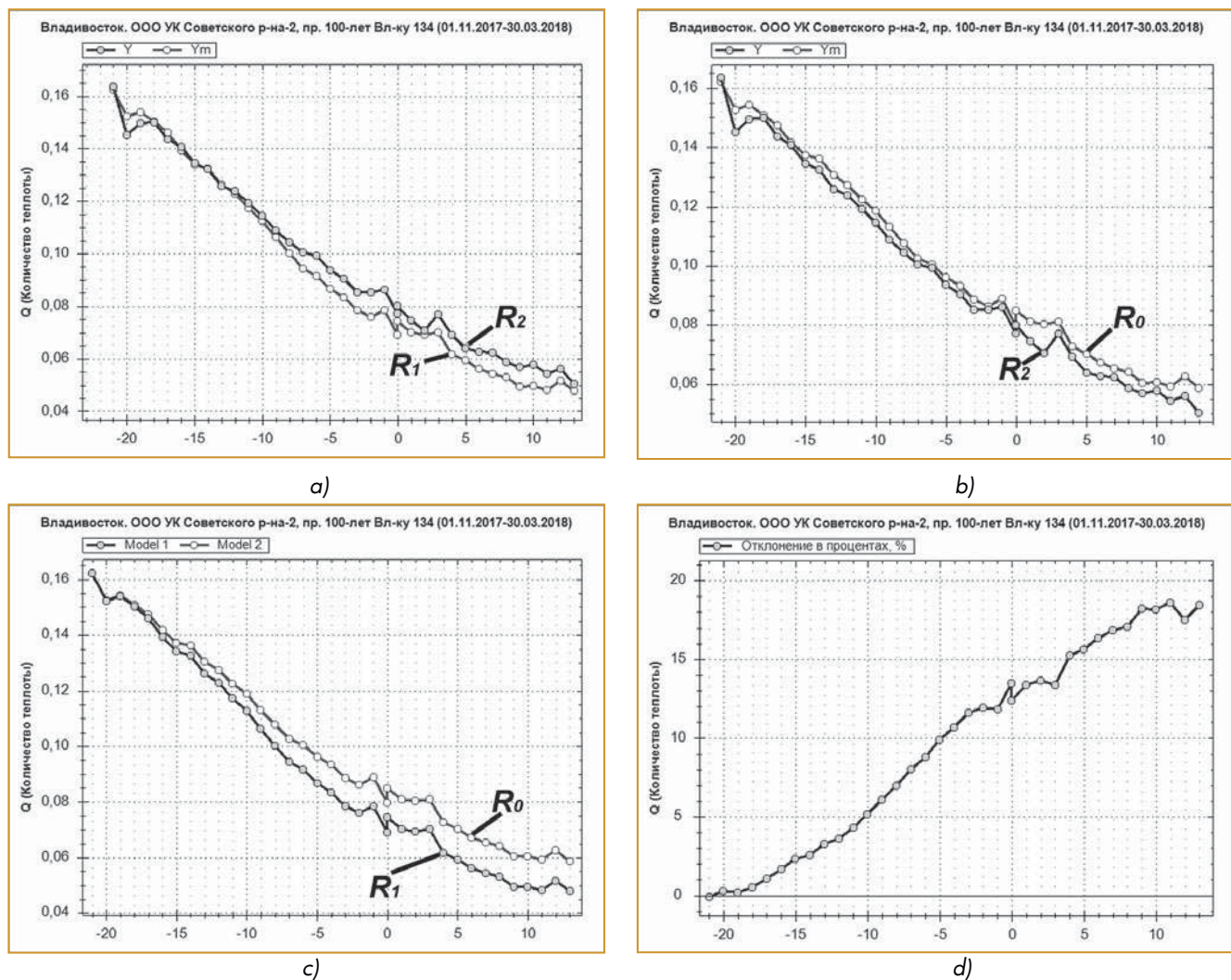


Рис.5. Сравнительная оценка режимов регулирования теплоснабжения

² Читулис В.П., Кузнецов Р.С. СКУТЕР — Анализ режимов регулирования. Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». М: РОСПАТЕНТ. №1(111) 2016. Свидетельство №2015662895.

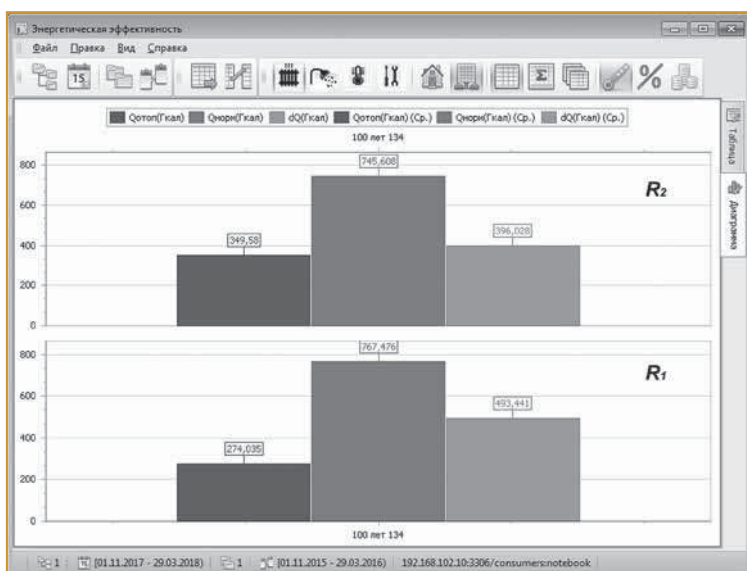


Рис. 6. Энергосбережение при различных режимах регулирования

расход M_1 и температуру теплоносителя из теплосети t_{1c} этого отопительного сезона. На рис. 5 показаны графики среднего потребления тепловой энергии Q в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{нв}$ для различных режимов регулирования теплоснабжения в Гкал. Очевидно, что режим регулирования R1 является наиболее энергосберегающим (рис. 5а, 5с), так как график зависимости $Q(t_{нв})$ располагается ниже графиков для режимов регулирования R0 и R2. Режим только качественного регулирования теплоснабжения R0 (рис. 5б, 5с) является наиболее неэффективным по сравнению с качественно-количественными режимами регулирования R1 и R2 (после установки САР). Отметим, что наибольшее энергосбережение за счет количественного способа регулирования достигается при повышении $t_{нв}$ (рис. 7д). Например, при $t_{нв} > 5$ °С (нижняя срезка температурного графика теплосети 60 °С) наблюдается экономия энергии $> 15\%$ для режима регулирования R1 по сравнению с R0. В наиболее холодные периоды отопительного сезона, когда преобладает качественное регулирование теплоснабжения (верхняя срезка температурного графика 95 °С), а расход теплоносителя максимальный (РКЭ полностью открыт) энергосбережение за счет количественного регулирования минимально или вовсе отсутствует ($\delta_{0,1} \approx 0$). На рис. 6 показано сравнение фактического потребления $Q_{отоп}$ (левый столбик диаграммы) по теплосчетчику и расчетного потребления $Q_{норм}$ (средний столбик) по максимальной договорной тепловой нагрузке в зависимости от $t_{нв}$ для двух отопительных сезонов с режимами регулирования R1 и R2. Как видно на диаграмме, абсолютная величина экономии $dQ = 493$ Гкал, полученная при режиме регулирования R1, превышает аналогичную величину

Кузнецов Роман Сергеевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН, доцент ВГУЭС,
Виноградов Александр Николаевич – канд. техн. наук, младший научный сотрудник ИАПУ ДВО РАН.

Контактный телефон (423) 231-75-44.

E-mail: kuznetsov@dvo.ru, vinogradov@vira.dvo.ru

$dQ = 396$ Гкал в текущем отопительном сезоне при режиме регулирования R2, несмотря на более теплую погоду при сравнении с периодом времени в прошлом ($Q_{норм}$ ниже).

Благодарность

Исследование осуществлено при частичной финансовой поддержке Дальневосточного отделения Российской академии наук (грант № 18-5-044).

Заключение

Основной эффект от внедрения разрабатываемых ИАС в теплоэнергетике заключается в том, что их использование позволяет обеспечить качественно новый уровень управления в системах централизованного теплоснабжения с использованием измерительного оборудования нового поколения и современных информационных технологий. Возможности систем ориентированы на обеспечение бесперебойного и качественного теплоснабжения, поддержание энергоэффективных режимов отопления зданий, а также получение реального экономического эффекта и, как следствие, сдерживание роста тарифов на тепловую энергию и горячую воду.

Список литературы

1. Bogdanov Yu., Chipulis V. Information-Analytical Systems of Thermo-Power Engineering. LNICST. Vol. 72. Springer: Heidelberg. 2012. pp. 116-124.
2. Беленев С.А., Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Технологии и системы сбора данных для диспетчеризации, учета и управления процессами водоснабжения, теплоснабжения и электроснабжения // Автоматизация в промышленности. 2019. №2. С. 31-39.
3. Раздобудько В.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Информационно-аналитический портал по учету и регулированию энергоресурсов // Тр. 8-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015». В 2 томах. ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН. Под ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. 2015. С. 152-155.
4. Kuznetsov R., Chipulis V. Express-analysis in the Heat and Power Systems // Lecture Notes of Information Technology (LNIT). 2012. Vol. 13. pp. 87-92.
5. Волошин Е.В. Анализ и разработка программных средств мониторинга и диспетчеризации для регулятора тепловой энергии Danfoss ECL 210/310 // Промышленные АСУ и контроллеры. 2013. №8. С.51-57.
6. Виноградов А.Н. Оценка эффективности управления процессами потребления тепловой энергии объектами ЖКХ с использованием информационных технологий // Промышленные АСУ и контроллеры. 2013. №12. С. 66-69.
7. Чипулис В.П. Оценка эффективности регулирования теплопотребления // Датчики и системы. 2013. №4. С. 45-49.