

УДК 004.9+620.9

А. М. Сорокин

Волгоградский государственный технический университет

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ, УПРАВЛЯЕМОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ВОЛГОГРАДА

В настоящее время существует ряд недостатков в научно-методическом обосновании подходов к решению актуальных задач эксплуатации в условиях высокого уровня износа теплоэнергетического оборудования и трубопроводов, а также развития систем теплоснабжения. Необходимо внедрение методов математического моделирования в практику эксплуатации и развития систем теплоснабжения и тепловых сетей как ее элемента, создание системы для постоянного наблюдения за процессами производства, распределения и реализации (потребления) тепловой энергии и анализа функционирования системы теплоснабжения.

В данной статье рассматриваются механизмы, способствующие созданию информационно-аналитической поддержки принятия обоснованных управленческих решений¹ по обеспечению надежности и эффективности процессов теплоснабжения Волгограда. Предложена архитектура системы мониторинга систем централизованного теплоснабжения, которая может быть положена в основу организации на практике мониторинга систем теплоснабжения с целью создания единой базы данных о состоянии систем теплоснабжения.

Ключевые слова: принципы, системы, централизованное теплоснабжение, цифровизация, качество теплоснабжения, надежность, тепловые сети, тепловые потери, система теплоснабжения.

Введение

В настоящее время основной проблемой эксплуатации систем централизованного теплоснабжения является недопустимо высокий уровень износа теплоэнергетического оборудования и трубопроводов, что приводит к низкой надежности теплоснабжения. Поэтому сейчас актуальны исследования, направленные на создание систем защиты от повышенного давления и внедрение современных энергосберегающих технологий теплоснабжения. Значительная доля тепловых сетей, составляющая порядка 85 % по протяженности и 89 % по материальной характеристике, проложена до 1990 г. и имеет срок эксплуатации более 27 лет. Следствием длительного срока эксплуатации тепловых сетей является высокий износ трубопроводов — более 80 %, неудовлетворительное состояние теплоизоляции и высокие потери тепловой энергии.

¹ Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (вместе с «Правилами организации теплоснабжения в Российской Федерации») : постановление Правительства Рос. Федерации от 08.08.2012 г. № 808 (ред. от 22.05.2019 г.

Об утверждении Методики комплексного определения показателей технико-экономического состояния систем теплоснабжения (за исключением теплопотребляющих установок потребителей тепловой энергии, теплоносителя, а также источников тепловой энергии, функционирующих в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии), в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов теплоснабжения, и Порядка осуществления мониторинга таких показателей : приказ Министра Рос. Федерации от 21 авг. 2015 г. № 606/пр.

Как показывает практика последних нескольких лет, существуют серьезные риски, связанные с нестабильным обеспечением жителей и социальных объектов городских округов субъектов Российской Федерации теплоснабжением. Ресурсоснабжающие организации злоупотребляют своим доминирующим положением, используя отключения котельных в качестве инструмента давления на администрацию городских округов в части оплаты за тепловую энергию.

Однако организация эксплуатации источников централизованного теплоснабжения осуществляется с отсутствием полноценных данных функционирования систем теплоснабжения и показателей. Не организована единая база данных, отражающая текущее состояние объектов и системы теплоснабжения в целом.

Результаты

Разрегулированность системы теплоснабжения приводит к увеличению расхода теплоносителя и, как следствие, к увеличению тепловых потерь и расхода электроэнергии [1]. Подключение новых потребителей проводится за счет переключки участков тепловых сетей с увеличением диаметров, а не за счет улучшения режимов работы системы.

Отсутствие организации технического и коммерческого учета по всей технологической цепочке производства, передачи, преобразования и потребления (реализации) энергоресурсов не позволяет:

- оптимизировать режимы работы основного оборудования и системы теплоснабжения в целом;
- рассчитать фактические потери в тепловых сетях;
- организовать эффективное текущее управление в штатных и аварийных режимах;
- осуществлять обоснованное планирование развития производства;
- составлять энергетические балансы объектов теплоснабжения и системы теплоснабжения в целом.

При моделировании фактических тепловых и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения в части сопоставления расчетных в исходной электронной модели и фактических параметров теплоносителя в контрольных точках (местах установки приборов учета потребителей) выявлены их значительные отличия. Результаты сопоставления приведены в табл. 1 и 2. В таблицах указаны «sys» — уникальные идентификационные номера элементов электронной модели в ПК «GISZulu»² [2].

² From Smart Grid to Neural Grid, Navigant Research, 2018.

Utility of the Future, MIT, 2016.

2017—2018 OFGEM Annual Report and Accounts.

Initial operation of the Hornsdale Power Reserve Battery Energy Storage System, AEMO, April 2018.

Electricity Storage Handbook, DOE/EPRI, 2015.

FERC Order 841. Electric Storage Participation in Markets Operated by Regional Transmission Organizations [RTOs] and Independent System Operators [ISOs], FERC, 2018.

FERC Order 745. Demand Response Compensation in Organized Wholesale Energy Markets, FERC, 2011.

Таблица 2

Сравнение фактических и расчетных параметров для тепловых расчетов исходной электронной модели

Sys	Название	Температура фактическая, °С			Температура расчетная, °С		
		t_1	t_2	Δt	t_1	t_2	Δt
<i>Источники</i>							
175	Котельная, кв. 729		46,7		75,2	45,7 (-2,1 %)	29,4
<i>Потребители</i>							
33	В. И. Ленина просп., 149а	72,6	47,1	25,5	74 (+1,9 %)	46,3 (-1,7 %)	27,7
34	В. И. Ленина просп., 151	71,3	47,5	23,8	72,9 (+2,2 %)	46,2 (-2,7 %)	26,7
128	В. И. Ленина просп., 173, ЭУ «Старт»	73,3	41,8	31,5	69,1 (-5,7 %)	44,1 (+5,5 %)	25
130	В. И. Ленина просп., 173, ЭУ, 1 пристр.	73,6	45,2	28,4	72,9 (-1 %)	46,5 (+2,9 %)	26,4
127	В. И. Ленина просп., 177	74,1	45,1	29	73,8 (-0,4 %)	46,6 (+3,3 %)	27,2
64	В. И. Ленина просп., 189	71,7	44,9	26,9	73,8 (+2,9 %)	46,8 (+4,3 %)	27
3	Загорская ул., 13	72,2	44,5	27,8	73,2 (+1,3 %)	46,5 (+4,6 %)	26,7
2	Загорская ул., 18	71,6	42,3	29,3	72,8 (+1,7 %)	53 (+25,2 %)	19,8
113	Загорская ул., 19	73,5	46,4	27,1	74,2 (+1 %)	46,3 (-0,3 %)	27,9
115	Загорская ул., 21	73,5	44,3	29,2	74 (+0,6 %)	46,6 (+5,1 %)	27,4
1	Салтыкова-Щедрина ул., 25	69,7	43,8	26	71,8 (+3 %)	46,4 (+6 %)	25,4
111	Таращанцев ул., 72	72	57,6	14,5	72,9 (+1,2 %)	49,6 (-13,8 %)	23,3
119	Тарифная ул., 3	74,6	50	24,6	75 (+0,5 %)	46,9 (-6,3 %)	28,1
121	Тарифная ул., 5	74,1	43,9	30,2	74,6 (+0,7 %)	46,6 (+6,2 %)	28
120	Тарифная ул., 7	73,1	48,1	25	72,9 (-0,3 %)	46,7 (-2,9 %)	26,2
118	Тарифная ул., 9	71,6	47,9	23,7	74,6 (+4,2 %)	46,8 (-2,3 %)	27,8
<i>Узлы (тепловые камеры)</i>							
95	т. 12				74,7	46,3	28,3
56	т. 36				73,4	46,1	27,3
103	У-Лен,155				74,8	46,9	27,9
<i>Участки</i>							
27		72	45,2	26,9	74 (+2,7 %)	46,3 (+2,6 %)	27,6
48		69,9	44,8	25,2	72,8 (+4,2 %)	46,3 (+3,6 %)	26,5
156		72,8	45	27,8	74,7 (+2,5 %)	46,3 (+3 %)	28,3
190		72,6	44,1	28,5	73,5 (+1,3 %)	46,1 (+4,6 %)	27,4
254		70,6	49,3	21,3	75 (+6,2 %)	46,9 (-4,8 %)	28

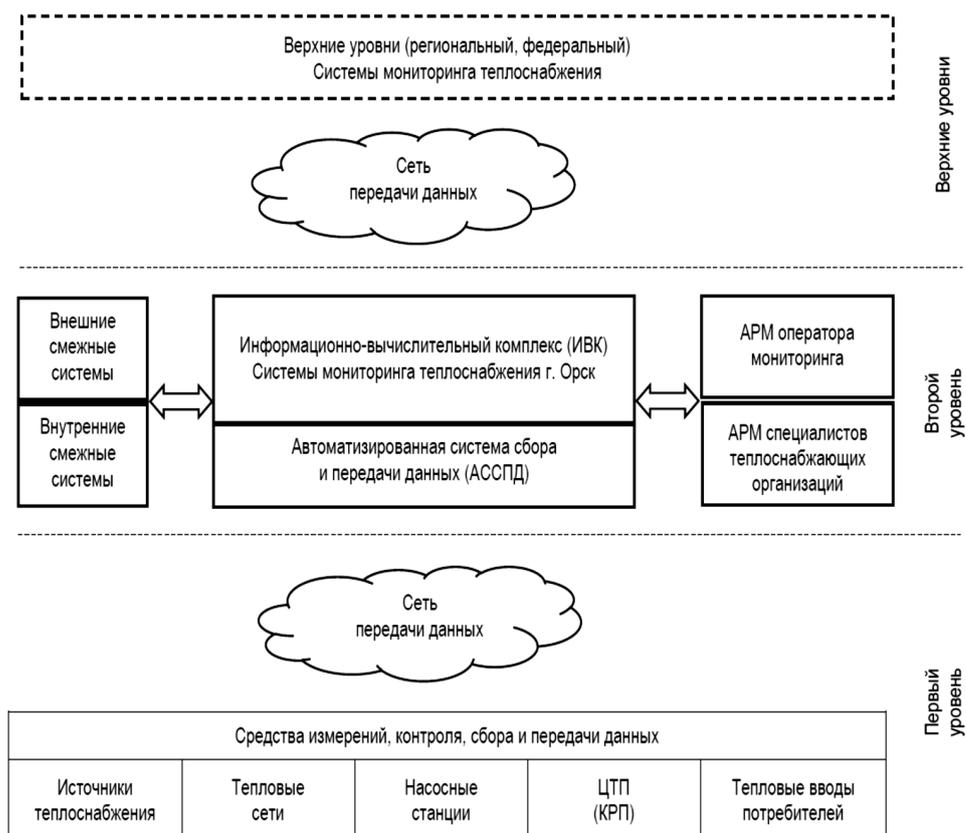
Указанные обстоятельства обуславливают необходимость дальнейшего развития натуральных и численных методов исследования нестационарных процессов, а также внедрения современных энергосберегающих систем для автоматического регулирования теплоснабжения [3], электронной модели систем теплоснабжения для широкого применения в решении практических задач эксплуатации из-за их недостаточного методического обеспечения [4].

Оптимизационные энергосберегающие мероприятия по повышению надежности систем централизованного теплоснабжения для постоянного наблюдения за процессами производства, распределения и реализации (потребления) тепловой энергии и анализа функционирования системы теплоснабжения привели к решению о создании системы мониторинга теплоснабжения [5, 6].

Целью создания системы является информационно-аналитическая поддержка принятия обоснованных управленческих решений по обеспечению надежности и эффективности процессов теплоснабжения.

Достижение указанной цели осуществляется за счет создания, сопровождения и обработки единой базы данных о состоянии систем теплоснабжения.

Система мониторинга теплоснабжения представляет собой иерархическую структуру и является элементом более общей федеральной системы мониторинга теплоснабжения (рис.).



Структурная схема информационно-аналитической системы (системы мониторинга)

Первый (нижний) уровень образуют средства измерений, контроля, сбора, хранения, предварительной обработки и передачи информации на верхние уровни, установленные на объектах теплоснабжения. Второй уровень системы мониторинга образуют программно-аппаратные средства (информационно-вычислительные комплексы (ИВК)), обеспечивающие комплексирование данных с различных объектов и систем теплоснабжения и выполняющие аналитические расчеты [7].

Первый (нижний) уровень чаще всего реализуется в рамках проектов по строительству, реконструкции объектов теплоснабжения, а также производственных программ теплоснабжающих организаций. Второй уровень реализуется в рамках разрабатываемых проектов.

В ИВК реализуются функции:

- сбор и хранение информации, поступающей из разных источников (формирование и ведение единой базы данных о состоянии систем теплоснабжения);

- информационный обмен со смежными системами;
- аналитические расчеты для целей формирования управленческих решений;

- формирование отчетов.

Автоматизированная система сбора и передачи данных (АССПД) предназначена для обеспечения информационной связи между первым и вторым уровнем системы, обеспечения интеграции со смежными (внешними и внутренними) системами. Она включает в себя сервер по сбору данных с соответствующим специальным программным обеспечением и каналобразующей аппаратурой. Соответственно, сервер по сбору данных осуществляет сбор, обработку и передачу информации о работе объектов системы теплоснабжения в смежные системы.

Основными объектами теплоснабжения, подключаемыми к системе, являются:

- источники тепловой энергии;
- тепловые сети с установленным на них оборудованием (насосные станции, контрольно-распределительные пункты (КРП), центральные тепловые пункты (ЦТП), тепловые камеры);
- потребители тепловой энергии и теплоносителя (в том числе ИТП).

Заключение

В результате моделирования повышения надежности, управляемости и качества теплоснабжения, а также создания информационно-аналитической системы мониторинга теплоснабжения можно сделать следующий вывод.

Получение объективных данных о функционировании систем теплоснабжения:

- Получение периодической объективной отчетности и аналитики деятельности по теплоснабжению, включая разбивку по бизнес-процессам и по территориям.

- Обеспечение разработки математических и электронных моделей, отражающих реальное состояние и режимы работы для оценки существующего технического состояния отдельных элементов и систем теплоснабжения в целом, — «цифровых двойников».

- Определение реальных балансов по всем видам товаров, технологических и коммерческих потерь с их локализацией.
- Структурирование результатов обследования (инвентаризации) объектов с определением их фактического состояния.
- Анализ и оценка состояния систем теплоснабжения.
- Сравнение систем теплоснабжения с подобными в других городах.
- Обеспечение прозрачности деятельности для органов регулирования и власти.

Создание и наличие информационно-аналитической системы автоматизированного мониторинга дает возможность определения фактического состояния оборудования косвенным путем — по результатам измерения параметров режима, давая, таким образом, сводку набора характеристик, обеспечивающих косвенный мониторинг.

Система мониторинга становится инструментом сопровождения, информационно-аналитической поддержки и контроля реализации различных мероприятий, в том числе предусмотренных актуализированной схемой теплоснабжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Новицкий Н. Н., Шалагинова З. И., Токарев В. В., Гребнева О. А.* Технология разработки эксплуатационных режимов крупных систем теплоснабжения на базе методов многоуровневого теплогидравлического моделирования // Изв. РАН. Энергетика. 2018. № 1. С. 12—24.
2. *Tripodi C.* Evolution of the Turin District Heating System and the Design of North-West District Network // *Energethica*. 2012. May 24—26. (In Italian)
3. *Сорокин А. М.* Мониторинг систем теплоснабжения // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 2(86). С. 115—123.
4. *Дикарева Е. А., Сорокин А. М.* Применение инновационных технологий при ландшафтно-экологической реконструкции нарушенных территорий (на примере города Волгограда) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 215—223.
5. *Сорокин А. М.* Принципы цифровизации систем теплоснабжения: теория и практика // Проблемы и решения внедрения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Самарканд, 24 мая 2022 г. Самарканд, 2022. С. 234—238.
6. *Крестьянников А. В., Сорокин А. М.* «Умные сети» систем теплоснабжения г. Волгограда // Инженер. вестн. Дона. 2022. № 7. 12 с. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7789>.
7. *Новицкий Н. Н., Дикин И. И.* Расчет допустимых режимов работы трубопроводных сетей методом внутренних точек // Изв. РАН. Энергетика. 2003. № 5. С. 104—115.

© Сорокин А. М., 2022

Поступила в редакцию
в сентябре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Сорокин А. М. Информационно-аналитическая система мониторинга повышения надежности, управляемости и качества теплоснабжения Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 130—137.

Об авторе:

Сорокин Алексей Михайлович — канд. техн. наук, доц. каф. энергосбережения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; a.sorokin05@bk.ru

Alexey M. Sorokin

Volgograd State Technical University

**INFORMATION AND ANALYTICAL MONITORING SYSTEM
FOR IMPROVING THE RELIABILITY, MANAGEABILITY AND QUALITY
OF VOLGOGRAD HEAT SUPPLY**

Currently, there are a number of shortcomings in the scientific and methodological justification of approaches for solving urgent problems of operation in conditions of high wear of thermal power equipment and pipelines, as well as the development of heat supply systems. It is necessary to introduce mathematical modeling methods into the practice of operation and development of heat supply systems and heating networks as its element, to create a system for constant monitoring of the processes of production, distribution and sale (consumption) of thermal energy and analysis of the functioning of the heat supply system.

This article discusses the mechanisms that contribute to the creation of information and analytical support for making informed management decisions to ensure the reliability and efficiency of the processes of heat supply in Volgograd. The architecture of the monitoring system of district heating systems is proposed, which can be the basis for the organization in practice of monitoring of heat supply systems in order to create a unified database on the state of heat supply systems.

Key words: principles, systems, centralized heat supply, digitalization, quality of heat supply, reliability, heat networks, heat losses, heat supply system.

For citation:

Sorokin A. M. [Information and analytical monitoring system for improving the reliability, manageability and quality of Volgograd heat supply]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 4, pp. 130—137.

About author:

Alexey M. Sorokin — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; a.sorokin05@bk.ru