

УДК 658.5

¹Н. Г. Верстина, ²Е. Г. Евсеев, ³О. Ф. Цуверкалова

¹Московский государственный строительный университет, г. Москва,
email: verstina@mail.ru

²Московский физико-технический институт, Московская обл., г. Долгопрудный, email:
evgeny.evseev@gmail.com

³Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального
исследовательского ядерного университета «МИФИ», Ростовская обл., г. Волгодонск,
email: oftsuverkalova@mephi.ru

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ОСВОЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ «УМНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ» (SMART GRID)

Ключевые слова: управление, цифровизация, управленческие технологии, отрасль теплоснабжения, теплоснабжающие организации, «умная тепловая сеть».

В настоящей работе рассмотрены основные предпосылки цифровизации отрасли теплоснабжения, обоснована необходимость внедрения цифровых технологий в деятельность теплоснабжающих организаций (ТСО) и особенностей связанных с ними управленческих технологий. В качестве основы эффективного функционирования ТСО рассматривается создание «умной тепловой сети» (Smart Grid) и ее основные компоненты. Приведены примеры применения различных цифровых технологий в деятельности ТСО, определены факторы, препятствующие их эффективному внедрению.

¹N. G. Verstina, ²E. G. Evseev, ³O. F. Tsuverkalova

¹Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, email: verstina@mail.ru

²Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow Region, Dolgoprudny,
email: evgeny.evseev@gmail.com

³Volgodonsk Engineering Technical Institute – a branch of National Research Nuclear
University MEPhI, Rostov region, Volgodonsk, email: oftsuverkalova@mephi.ru

FEATURES OF MANAGEMENT TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF THE “SMART HEATING NETWORKS” (SMART GRID) DEVELOPMENT BY HEAT SUPPLY ORGANIZATIONS

Keywords: management, digitalization, management technology, heat supply industry, heat supply organizations, smart grid.

In this paper, the main prerequisites for the digitalization of the heat supply industry are considered, the need for the introduction of digital technologies into the activities of heat supply organizations (HSO) and features of related management technologies are substantiated. The creation of a “smart heating network” and its main components are considered as the basis for the effective functioning of HSO. Examples of the use of various digital technologies in the activities of HSO are given, the factors that impede their effective implementation are identified.

На сегодняшний день одним из основных трендов развития является цифровизация всех отраслей экономики и социальной сферы страны. Ключевым документом, определяющим цели и задачи цифровой трансформации, является принятая в 2017 году национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [1]. Одним из приоритетных направлений развития отраслей в контексте планируемого освоения цифровых технологий является цифро-

вая трансформация энергетической инфраструктуры, которая осуществляется в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Для реализации поставленных задач Министерством энергетики РФ разработан ведомственный проект «Цифровая энергетика» [2], определяющий в качестве одного из основных векторов развития

топливно-энергетического комплекса (ТЭК) реструктуризацию электроэнергетической отрасли на основе инновационных технологий, связанных с информатизацией и перестройкой управления на ее основе.

В связи с существенными различиями климата в масштабах всей территории России и преобладанием неблагоприятных климатических условий, важной составляющей современной электроэнергетики является теплоэнергетика, в связи с чем авторы считают целесообразным выделить в отдельное направление исследований вопросы цифровизации отрасли теплоснабжения и ее основных субъектов – теплосетевых и теплоснабжающих организаций (ТСО). Текущее состояние отечественного теплоснабжения, связанное с наличием значительного количества систем теплоснабжения с различными конструктивными и эксплуатационными характеристиками «вплотную» подводит менеджмент этих организаций к необходимости использования огромных массивов информации на принципиально новой технологической основе, которая используется для принятия управленческих решений, а также для осуществления эффективных взаимодействий с внешними контрагентами.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является определение основных компонент цифровизации отрасли теплоснабжения на уровне отдельных субъектов и определение комплекса управленческих технологий, связанных с их реализацией. В качестве объекта исследования выступают ТСО, предметом исследования являются процессы цифровой трансформации инфраструктуры теплоснабжения, в частности, связанные с технологиями «умного города» и «умной тепловой сети».

Материал и методы исследования

Интерес авторов к вопросам теплоснабжения обусловлен проблемным состоянием эксплуатируемых тепловых сетей систем теплоснабжения на территориях всей страны. В информационно-аналитическом докладе Министерства энергетики РФ «О состоянии тепло-

энергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации 2019 году» [3] отмечается, что удельный вес тепловых сетей со сроком службы 30 лет и более с 2015 по 2019 г. вырос с 36,3 до 37,9%. По официальным данным Росстата, обобщенных авторами, (табл. 1) доля тепловых сетей, нуждающихся в замене, на протяжении последних лет составляет около 30%. Согласно нормативному сроку службы тепловых сетей требуемый уровень обновления фондов в теплоснабжении составляет 4% в год от общей протяженности тепловых сетей, в то время как реально по причине нехватки финансирования перекладывается только 2,6-2,8% тепловых сетей, что приводит к дальнейшему увеличению их степени износа.

Высокая степень износа тепловых сетей приводит к низкой эффективности их функционирования: удельный вес тепловых потерь составляет порядка 12% от поданной тепловой энергии (см. табл. 1), а в отдельных регионах достигает 20% [3, с. 79], что значительно выше аналогичных показателей в других странах (для скандинавских стран, также обладающих развитыми системами централизованного теплоснабжения уровень тепловых потерь составляет 6-8%). Еще одним немаловажным следствием неудовлетворительного состояния тепловых сетей является высокая аварийность: несмотря на некоторое снижение числа аварий, их количество остается весьма значительным, что приводит к человеческим жертвам и существенным финансовым последствиям [5].

Несомненно, такое неудовлетворительное состояние отрасли требует кардинальных изменений, при этом решение имеющихся проблем должно осуществляться с использованием инновационных подходов, в том числе и за счет внедрения цифровых технологий, которые позволят обрабатывать значительные объемы информации, связанные с эксплуатацией тепловых сетей и обоснованно выбирать объекты для капитального ремонта, реконструкции, нового строительства.

Еще одним аспектом в управлении деятельностью ТСО, требующим цифровизации, является организация взаимоотношений со стейкхолдерами.

Таблица 1

Характеристики состояния тепловых сетей в Российской Федерации

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, км	171448,4	171541,8	169456	168342,1	173649,5	167370,5
Протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене, км	49852,6	49479	49562,4	48700,7	51579,3	51574
Удельный вес замены тепловых и паровых сетей в двухтрубном исчислении, нуждающихся в замене, %	29,1	28,8	29,2	28,9	29,7	30,8
Число аварий на источниках теплоснабжения, паровых и тепловых сетях	5799	5738	5055	4312	4803	4411
Потери тепла в сетях, в % от подачи тепла	11,1	11,8	11,2	12,5	11,8	12,3

Источник: [4]

К ним относятся, в первую очередь, потребители тепловой энергии, государственные и отраслевые структуры, органы муниципальной власти и городские коммунальные службы, поставщики и подрядчики, финансово-кредитные учреждения и инвесторы, экологические организации и др. Каждая из перечисленных групп имеет свои интересы и может существенно влиять на эффективность функционирования ТСО. Кроме этого, многие из стейкхолдеров ТСО уже осуществляют переход к цифровым технологиям, и эффективность взаимодействия становится в прямой зависимости от возможностей их организации на цифровой основе. В связи с этим, одной из основных задач менеджмента ТСО является оптимизация отношений со стейкхолдерами за счет организации оперативного обмена полной и достоверной информацией.

В ходе исследования был проведен анализ статей и монографий как российских, так и зарубежных авторов, посвященных проблеме повышения эффективности управления теплоснабжением на основе цифровых технологий за счет реализации концепции «умного города», включающего в качестве составляющей и «умную тепловую сеть». Для определения основных компонентов создания «умной тепловой сети» и определения особенностей соответствующего управ-

ленческого инструментария использован системный подход. Для более наглядного представления результатов исследования использованы методы структурирования контента и визуализации.

Результаты исследования

В результате исследований установлено, что наиболее распространенным в последние годы подходом к реорганизации городской инфраструктуры является концепция «умного города», позиции по практической реализации которой были сформированы и представлены в публикациях различными исследователями [6–9]. В России в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика» разработан и уже реализуется субъектами экономической деятельности проект «Умный город», направленный на повышение эффективности городской инфраструктуры посредством внедрения передовых цифровых и инженерных решений. На сегодняшний день участниками проекта стали 79 городов России.

Тепловые сети являются одной из наиболее значимых составляющих городской инфраструктуры, однако в силу отмечавшихся выше причин эффективность их функционирования крайне невысока. Решение проблем теплового хозяйства в составе городской

инфраструктуры может быть достигнуто за счет развития в практической плоскости концепции «умной тепловой сети» (Smart Grid), охватывающей цифровыми технологиями все стадии процесса теплоснабжения – от генерации тепла до распределения его конечному потребителю. Основными условиями при создании и внедрении «умной тепловой сети» (Smart Grid), как показали исследования, являются необходимость:

- повышения качества и надежности теплоснабжения при одновременном росте требований потребителей;

- сдерживания роста тарифов на тепловую энергию, поставляемую ТСО потребителям;

- повышения энергетической и экологической эффективности эксплуатации ТСО систем теплоснабжения;

- аккумулировать и внедрять в практику управления ТСО постоянно развивающиеся информационные технологии.

На данный момент существуют как отечественные, так и зарубежные разработки таких систем, осуществляются попытки их внедрения в теплосетевое хозяйство различных российских городов, которые представляются в открытых источниках в плане обмена опытом [10–14]. К примеру, одной из первых компаний, начавших внедрять технологии «умной тепловой сети», стало ОАО «Белгородская теплосетевая компания», где в 2012 г. была внедрена система мониторинга тепловых сетей, предназначенная для оперативного обнаружения утечек в трубопроводах магистральных и распределительных тепловых сетей [10]. В г. Санкт-Петербурге с 2018 г. функционирует информационно-аналитическая система на основе ГИС-технологий [11], которая позволяет не только осуществлять хранение и актуализация данных об объектах теплоснабжения, но и осуществлять различного рода аналитические расчеты (например, тепловой и гидравлический расчет тепловых сетей, расчет энергетических характеристик тепловых сетей по показателям потерь тепла и воды, расчет резервов пропускной способности тепловых сетей, моделирование различных вариантов организации теплоснабжения и др.). В ТСО АО «Казэнерго» (г. Набережные Челны, г. Казань) 58 котельных

и центральных тепловых пунктов (ЦТП) из 164 объектов компании работают в автоматизированном режиме, что позволяет осуществлять управление гидравлическими режимами с учетом погодных условий, времени суток [13].

Отличительными особенностями использования в управлении ТСО «умной тепловой сети» (Smart Grid) в сравнении с традиционными решениями являются:

- формирование энергоинформационной системы: информация выступает как средство осуществления эффективного управления, а информационные связи – как системообразующий фактор;

- изменение роли управления в ТСО: управление рассматривается как основной способ обеспечения формируемых требований (ценностей);

- ориентация на интересы стейкхолдеров: принятие решений осуществляется на основе баланса интересов всех участников процесса, при этом ключевая роль отводится потребителям.

Рассмотрим **три основные компоненты** и управленческие технологии, связанные с созданием «умной тепловой сети», предлагаемые к обсуждению авторами.

Основой эффективного функционирования любой организации и любого управляемого объекта (ТСО и тепловые сети в их числе) является принятие своевременных управленческих решений, которые, в свою очередь, должны базироваться на полной, достоверной и актуальной информации. В связи с этим первоочередной задачей становится организация автоматизированного сбора и обработки такой информации. Применительно к тепловым сетям это означает необходимость постоянного контроля таких параметров, как давление и температура теплоносителя, толщина трубных стенок, появление микротрещин и других, на том или ином участке трубопровода. Такая информация позволяет оперативно оценивать реальное состояние тепловых сетей, а также сформировать в ТСО управленческие технологии прогнозирования возможных аварийных ситуаций, определять необходимость в текущем капитальном ремонте, реконструкции или в полной перекладке соответствующего участка трубопровода.

Поэтому важным компонентом создания «умной тепловой сети» должно стать внедрение на всех участках интеллектуальных измерительных приборов с функцией съема и передачи данных в режиме реального времени. Они составляют основу управленческой технологии мониторинга функционирования и состояния теплогенерирующего и теплосетевого оборудования ТСО, результаты которого служат для обоснования и принятия управленческих решений по обеспечению качественного и надежного теплоснабжения. Учитывая значительную территориальную распределенность тепловых сетей, в процессе цифровизации для передачи данных и возможности дистанционного управления удаленными устройствами необходимо обеспечить возможность передачи данных с использованием каналов беспроводной связи на основе стандартных интерфейсов и протоколов, соответствующих стандартам информационной безопасности.

Информация, полученная в ходе мониторинга, может передаваться и аккумулироваться в единой информационно-аналитической системе ТСО (ЕИАС ТСО), создание которой является еще одним компонентом «умной тепловой сети». Основными задачами ЕИАС ТСО, решаемыми с помощью цифровых технологий, являются:

- накопление информации о состоянии тепловых сетей и теплогенерирующего оборудования;
- построение математических моделей режимов работы теплогенерирующего и теплосетевого оборудования, процессов транспортировки и распределения тепловой энергии и др.;
- прогнозирование возможных аварийных ситуаций, оценка рисков их возникновения;
- оптимизация режимов работы теплосетевого и теплогенерирующего оборудования;
- учет отпуска и потребления тепловой энергии в целом и по отдельным потребителям, а также контроль платежей за тепловую энергию;
- передача информации в государственную информационную систему топливно-энергетического комплекса (ГИС ТЭК) и органы муниципальной власти, стейкхолдерам;

– осуществление производственного и финансового планирования деятельности ТСО на основе получаемых данных, планирование взаимоотношений со стейкхолдерами.

В связи с решаемыми задачами целесообразно выделить в ЕИАС ТСО следующие подсистемы, представленные на рис. 1. В дальнейшем по мере развития уровня цифровизации ТСО представленная структура может быть дополнена и другими подсистемами.

Третьим компонентом «умной тепловой сети» на основе ЕИАС ТСО, являются используемые при ее создании цифровые технологии. Несмотря на достаточно большое количество имеющихся на сегодняшний день цифровых решений, уровень их применения, как показано в аналитическом отчете, представленном компанией Ernst & Young [1], в российской энергетике и в теплоснабжении в частности относительно невысок (рис. 2).

Как видно из представленного рисунка, наибольшее применение в современных условиях нашли технологии, обеспечивающие безопасность информационных и автоматизированных систем, и различного рода мобильные решения – их применяют 82 и 73% компаний соответственно. Доля других цифровых технологий значительно ниже, хотя существует достаточно широкая сфера их применения в теплоснабжении. Рассмотрим возможности применения цифровых технологий в ТСО по всей технологической цепочке «генерация – транспортировка – распределение – потребление» и направления их использования для совершенствования управленческих технологий (табл. 2)

Создание «умной тепловой сети» является длительным и затратным процессом и требует от менеджмента ТСО разработки соответствующих управленческих технологий и процедур, которые должны быть использованы при проведении преобразований и выполнении следующих этапов:

- анализ «стартового» уровня цифровизации бизнес-процессов ТСО;
- определение задач цифровизации с учетом «стартового» уровня и ресурсных возможностей ТСО;

- определение требований к необходимому техническому и программному обеспечению;
- оценка затрат на цифровизацию ТСО и выделение необходимых финансовых ресурсов;
- определение приоритетов и составление плана цифровизации ТСО;
- оценка квалификации персонала ТСО и организация мероприятий по повышению квалификации;

– поэтапная реализация плана цифровизации и контроль за ее выполнением, оценка результатов.

Очевидно, что цифровизация на уровне ТСО, предопределяет и появление системных эффектов и у стейкхолдеров. В целом, цифровизация теплоснабжения будет способствовать повышению эффективности функционирования отрасли и удовлетворению требований всех заинтересованных сторон.



Рис. 1. Структура единой информационно-аналитической системы ТСО



Рис. 2. Анализ цифровых технологий, применяемых и планируемых к внедрению в энергетической отрасли

Источник: [15]

Таблица 2

Возможности применения цифровых технологий в деятельности ТСО

Цифровые технологии	Возможности для совершенствования управленческих технологий
Геоинформационные системы (ГИС)	Построение моделей систем теплоснабжения для управления, позволяющих учитывать территориальную распределенность объектов тепловой сети
Промышленный интернет вещей (IIoT)	Использование датчиков для мониторинга работы оборудования в режиме реального времени Дистанционное управление или программирование интеллектуальных датчиков и приборов на основе схем использования Минимизация эксплуатационных потерь за счет использования датчиков для выявления аномалий, сбоев и причин отключений в режиме реального времени.
Мобильные решения	Обеспечение доступа к данным с мобильных устройств в режиме реального времени, что позволит повысить оперативность принятия решений Организация онлайн-взаимодействия со стейкхолдерами, внедрение дополнительных сервисов Обратная связь через мобильные приложения и социальные медиа-платформы для оценки качества обслуживания
Продвинутая аналитика, Big Data	Анализ совокупной информации по всей системе теплоснабжения, выявление неудовлетворительно работающих конструктивных элементов Обеспечение баланса спроса и предложения тепловой энергии, прогнозирование будущего спроса на основе данных о потреблении и сегментированной демографической информации прогнозирование Оптимизация затрат путем анализа моделей потребления
Искусственный интеллект (машинное обучение, нейросетевое моделирование и др.)	Прогнозирование и идентификация подверженных риску участков и конструктивных элементов с целью предотвращения перебоев в работе сети Оптимизация теплоснабжения на основе моделей использования и внешних условий
Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR)	Создание виртуальных моделей теплогенерирующего и теплосетевого оборудования для моделирования различных режимов работы Создание виртуальных тренажеров для подготовки и повышения квалификации обслуживающего персонала



Рис. 3. Преимущества цифровизации для отдельных категорий стейкхолдеров

Авторами систематизированы возможные эффекты и для отдельных категорий стейкхолдеров представлены на рис. 3.

Вместе с тем, несмотря на имеющиеся преимущества, цифровизация теплоснабжения осуществляется на сегодняшний день недостаточными темпами, что, на наш взгляд, обусловлено следующими причинами, преодоление которых требует проведения дальнейших исследований:

- высокие затраты на цифровизацию, связанные с необходимостью приобретения оборудования и подготовки квалифицированных кадров, при нехватке необходимых финансовых ресурсов;
- отсутствие в большинстве ТСО полной и достоверной информации об эксплуатируемых тепловых сетях, а также систем сбора такой информации;
- неподготовленность менеджмента и персонала ТСО к переходу на цифровые технологии, непонимание экономического эффекта от их внедрения;
- несовершенство правовой и нормативной базы цифровизации отрасли, отсутствие единых информационных

стандартов, недостаток специализированного программного обеспечения и др.

Решение перечисленных проблемных вопросов планируется достичь в ходе реализации упоминавшегося ранее проекта «Цифровая энергетика».

Выводы

Проведенный анализ доказывает целесообразность развития «умных тепловых сетей» как средства повышения эффективности функционирования ТСО и отрасли теплоснабжения в целом, позволяет актуализировать традиционные и создать новые управленческие технологии. Уровень развития существующих на сегодняшний день цифровых технологий позволяет в значительной степени снизить роль человеческого фактора, повысить качество и надежность теплоснабжения. Вместе с тем, степень цифровизации энергетики пока не достаточна, что ставит перед менеджментом ТСО задачи по разработке и внедрению новых управленческих решений, призванных обеспечить цифровую трансформацию этих организаций.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/436754837> (дата обращения: 05.08.2021).
2. Ведомственный проект «Цифровая энергетика». [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14559> (дата обращения: 05.08.2021).
3. Аналитический доклад Министерства энергетики РФ «О состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации 2019 году». [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/20641> (дата обращения: 07.08.2021).
4. Теплоснабжение населенных пунктов. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13706> (дата обращения: 07.08.2021).
5. На ошибках – учимся? Обзор аварий на тепловых сетях в отопительный период 2019-2020 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4200# (дата обращения: 08.08.2021).
6. Dobrilović D., Malić M., Malić D. Learning platform for smart city application development. Interdisciplinary Description of Complex Systems. 2019. V. 17(3-A). P. 430-437.
7. Lam R.C.Y., Junus A., Mak J.Y.W., Lam L.C.H., Lee P.K.K. Blockchain for Civil Engineering Practices in Smart Cities. International Congress on Cybermatics. 2018. P. 1294-1300.
8. Кононова О.В., Павловская М.А. Технологии цифровой экономики в проектах умный город: участники и перспективы // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т. 14. 2018. № 3. С. 692-706.
9. Садырtdинов Р.Р., Ишкинеева Г.Ф. Концепция «умный город»: проблемы и перспективы реализации в России. Saarbrücken: LAP Lambert Academic publishing GmbH&Co. KG, 2014. 84 с.
10. Горлов В.Т. Реализация проекта системы мониторинга тепловых сетей в г. Белгороде // Новости теплоснабжения. 2013. № 06 (154). [Электронный ресурс]. URL: www.nts.ru/6_2013.html (дата обращения: 05.08.2021).

11. Цифровизация инженерной инфраструктуры Санкт-Петербурга. Теплоснабжение (презентация АО «Газпром Промгаз» на Неделе энергетики в г. Санкт-Петербурге 16-19 октября 2018). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2018/10/18/3%20Мележек%20Презентация%20Промгаз-Цифровизация%2017.10.2018.pdf> (дата обращения: 05.08.2021).
12. Косинцева Д. Тюмень стала первым городом в России, где внедрили «Умную теплосеть». [Электронный ресурс]. URL: <https://ura.news/news/1052309814> (дата обращения: 05.08.2021).
13. Авякян Д. Внедрение этих технологий сдержит рост тарифа на тепловую энергию на 10 – 15% для населения»: датчане в 2020 году запустят в Татарстане «умные» тепловые сети. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://sntat.ru/ekonomika/vnedrenie-etikh-tekhnologiy-sderzhit-rost-tarifa-na-teplovuyu-energiyu/> (дата обращения: 05.08.2021).
14. Системы теплоснабжения станут цифровыми. [Электронный ресурс]. URL: <http://city-smart.ru/news/2867.html> (дата обращения: 08.08.2021).
15. Государственный контракт от 21.08.2019 № 0173100008319000044/К/02 «Анализ уровня внедрения и использования цифровых информационных систем и платформенных решений различной функциональности и степени интеграции в организациях топливно-энергетического комплекса, анализа потребности компаний в платформенных решениях, определения структуры, потенциального объема данных и информации, создаваемых и используемых на различных уровнях (от объекта до отрасли) и их основных характеристик, необходимых для достижения эффектов от цифровизации». [Электронный ресурс]. URL: <https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/971/971c417247ad76e15c6d3b910dc9dcca.pdf> (дата обращения: 07.08.2021).