

Теплоснабжение городов в контексте развития активных потребителей интеллектуальных энергетических систем

В.К.Аверьянов, АО «Газпром промгаз», Санкт-Петербург

Ю.В.Юфереv, АО «Газпром промгаз», Санкт-Петербург

А.А.Мележик, АО «Газпром промгаз», Санкт-Петербург

А.С.Горшков, АО «Газпром промгаз», Санкт-Петербург

В статье сформулированы основные факторы развивающихся интеллектуальных энергетических систем, которые оказывают влияние на развитие систем теплоснабжения в городах. Отмечены усиление регулирующего влияния электроэнергетической системы на деятельность в сфере теплоснабжения и рост значимости вопросов распределения и потребления тепловой энергии. Городское население и другие потребители энергии становятся равноправными партнёрами субъектов энергетики и приобретают статус «активных» потребителей. У теплоснабжающих организаций появляется необходимость развития новых моделей управления по динамической синхронизации режимов теплоснабжения с энергосистемой и активными потребителями тепловой энергии. Активное поведение потребителей является одним из основных условий достижения целевых показателей интеллектуализации инфраструктуры городов с целью сокращения затрат, повышения надёжности и качества предоставляемых для населения коммунальных услуг.

Ключевые слова: энергетические системы, централизованные системы теплоснабжения, интеллектуализация, активные потребители энергии

The District Heating in the Context of the Active Consumers Development in Smart Energy Systems

V.K.Averyanov, Gazprom promgaz, Saint-Petersburg

Yu.V.Yuferev, Gazprom promgaz, Saint-Petersburg

A.A.Melezhih, Gazprom promgaz, Saint-Petersburg

A.S.Gorshkov, Gazprom promgaz, Saint-Petersburg

The paper defines the main factors of the smart energy systems that influence on the district heating. Noted increase in the regulatory impact of electric energy system on the district heating and increase in roles of the distribution and consumption of thermal energy. Urban population and other consumers of energy become equal partners of the utilities and acquire the status of "active" consumers. The heating supply companies need to develop a new model of management of heating regimes with dynamic synchronization with energy system and "active" consumers. One of the most important conditions of the achievement of the cost reduction, reliability and quality increase in community facilities is active consumer's behavior.

Keywords: energy systems, district heating, intellectualization, "active" energy consumers

Введение

С принятием законодательных мер по стимулированию развития информационного общества и цифровой экономики [1; 2] активизируются работы по интеллектуализации российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и инженерной инфраструктуры городов. Здесь локомотивом является электроэнергетика, где в качестве ключевого направления развития принята концепция SmartGrid [3]. Минэнерго России и системный оператор ЕЭС России уже сейчас на новой основе оказывают значительное влияние на деятельность в теплоэнергетике [через конкурентный отбор мощности (КОМ), устанавливаемые ограничения на режимы работы ТЭЦ, тарифы на электроэнергию, мониторинг деятельности организаций с помощью государственной информационной системы (ГИС) ТЭК, актуализацию и утверждение схем теплоснабжения крупных городов с анализом режимов на электронных моделях и др.]. В соответствии с изложенным с учётом развития интеллектуальных энергетических систем (ИЭС) становится возможным сформировать основные тенденции в теплоснабжении.

Как известно [4], интеллектуальные энергетические системы (ИЭС) рассматриваются как полностью интегрированные, саморегулирующиеся и самовосстанавливающиеся энергетические системы, управляемые единой сетью информационно-управляющих устройств и систем в режиме реального времени. Здесь заинтересованность сторон сводится к группе основных требований (ценностей): доступность, надёжность, экономичность, эффективность, экологичность и безопасность, обеспечиваемых как путём развития традиционных, так и созданием новых функциональных свойств или принципиальных характеристик энергосистемы.

Идеология ИЭС нацелена на стимулирование достижения отмеченных выше показателей как силами энергоснабжающих организаций, так и участием потребителей в активном регулировании нагрузки. Конечный потребитель энергии рассматривается в качестве партнёра субъектов энергетики и приобретает статус «активного».

Под активным потребителем здесь понимается участник потребительского рынка энергии, который имеет техническую возможность, исходя из потребностей, оптимизировать график загрузки своих энергопотребляющих и энергогенерирующих установок как с целью минимизации затрат на потребляемую энергию, так и с целью получения дохода от продажи энергии и мощности.

Организационно-технические преобразования в энергетике способствуют изменению существующих подходов в сфере теплоснабжения по всей цепочке технологического процесса «генерация – транспорт – потребление тепловой энергии» и оказывают влияние на экономические показатели как теплоснабжающих организаций (ТСО), так и потребителей. Изменения в теплоснабжении в контексте развития ИЭС активно обсуждаются сообществами специалистов в нашей стране [5] и за рубежом [6] при развитии систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) четвертого поколения. В этих работах концептуальные положения основываются на единстве всех инженерно-энергетических систем (их взаимосвязанности, взаимодействии и взаимозаменяемости) с усилением роли потребителей энергии в вопросах эффективного распределения энергии от большой совокупности энергоисточников, объединённых в «виртуальные станции». Здесь перспективной технологической платформой будущего теплоснабжения становятся интеллектуальные трубопроводные системы, которые объединяют на новом технологическом уровне источники, сети и активных потребителей в единую интеллектуальную систему теплоснабжения (ИСТ) [7]. Согласно действующей нормативно-правовой базе платформой управления становится единая теплоснабжающая организация (ЕТО), владеющая сетевыми активами города или его части.

Факторы ИЭС, оказывающие влияние на сферу теплоснабжения

В целом, можно отметить следующие основные направления развития ИЭС, которые оказывают влияние как на отдельные элементы, так и на сферу теплоснабжения в целом.

Управление спросом

Более активное стимулирование участников рынка к поддержанию экономически выгодных для единой энергетической системы (ЕЭС) режимов функционирования осуществляется за счёт динамичного ценообразования и информирования потребителей рынка электрической и тепловой энергии. Одним из известных эффективных способов здесь является корректировка графика электропотребления тарифным регулированием в периоды пиков и провалов электрической нагрузки. Стимулирование использования электроэнергии из сети вместо тепла от системы теплоснабжения может стать одним из направлений оптимизации загрузки электрогенерирующих мощностей в периоды провалов графика электропотребления [особенно при электрогенерации на атомных станциях, электрогидрогенерации и использовании других возобновляемых источников энергии (ВИЭ)]. В ИЭС вероятно увеличение временных периодов с тарифом на электроэнергию, сопоставимым с эквивалентным тарифом на тепло, либо меньше его [$T_{33} = f(\text{сезон, день недели, время суток; погодные условия и др.}); T_{33} \geq T_{13} > T_{23}$]. Ниже показано, что уже сейчас использование электроэнергии на тепловые нужды в ряде регионов экономически выгоднее из-

за жёсткой текущей тарифной политики в теплоснабжении. При этом снижение объёмов годового теплоотпуска у ТСО за счёт использования электронагревателей может достигать 30%, а тепловой мощности 20% [8].

Такой подход не исключает, а наоборот – делает более актуальной реализацию в ИСТ комплексной оптимизации параметров ТЭК в целом, с определением рациональной динамики тарифов тепловой и электрической энергии, перехода на энергоэффективное оборудование. Изменение в ИСТ графика тепловой нагрузки суточным и сезонным регулированием (управление спросом с помощью динамического ценообразования), а также формирующийся рынок тепловой энергии позволят сократить использование пиковых тепловых мощностей в наиболее холодные периоды и более широко использовать на рынке энергии производственные и бытовые тепловые избытки.

Системы интеллектуального учёта и управления оборудованием зданий

Стимулирование со стороны Минэнерго интеллектуального учёта энергии, а также «интернет вещей» [9] делают более целесообразной и понятной автоматизацию не только для общественных и производственных объектов, но и для бытовых потребителей [10; 11], формирующих, как правило, основную нагрузку энергосистем городов. За счёт распространения услуг «облачных» интеллектуальных решений [9; 12] реализуются гибридные вычисления (локальные вычисления + «облачные» вычисления). Гибридные системы автоматизированного управления минимизируют потребности пользователей в собственных вычислительных мощностях, снижая капитальные затраты на оборудование и усилия на программную настройку непосредственно у потребителя. Таким образом повышается доступность для населения систем домашней автоматизации как по аппаратной, так и по программной частям с одновременным увеличением возможности интеллектуального управления из условий минимизации затрат при соблюдении качества воздушной среды, мощности теплотребляющего оборудования, в том числе отопительных приборов помещений. Это ускоряет темпы автоматизации, которые происходят во многом естественным образом – за счёт инициативного приобретения потребителями моделей оборудования и услуг с более высоким интеллектуальным потенциалом. Для ТСО вероятный ожидаемый эффект от самостоятельной автоматизации населением своих жилищ – снижение более чем на 20% тепловых нагрузок и теплоотпуска – сопоставим с эффектом, полученным при установке жильцами оконных блоков с повышенными теплозащитными свойствами и герметичностью (стеклопакетов).

Потребители электроэнергии с большими объёмами тепловых избытков

Дорожной картой [2] по развитию цифровой экономики предусмотрено утверждение генеральной схемы размещения

центров обработки данных (ЦОД) со значительным увеличением вычислительных мощностей для анализа и хранения больших объёмов информации. Из условий бесперебойной круглосуточной работы крупные ЦОД относят к потребителям первой категории по надёжности электроснабжения, а экономическая эффективность их функционирования в значительной степени определяется степенью реализации энергоресурсосберегающих режимов систем кондиционирования воздуха [13], в том числе решений по теплоотведению и теплоутилизации. Концентрированные тепловые выбросы ЦОД, других крупных производственных и общественных объектов могут быть эффективно выданы в тепловую сеть (при отсутствии потребности в их использовании на собственные нужды и соответствующем согласовании теплогидравлических режимов) [14–16]. Наличие объектов для использования тепловых мощностей ЦОД служит одним из критериев выбора их мест размещения. Таким образом, энергоёмкие потребители энергосистемы могут одновременно становиться дополнительными источниками тепловой энергии в системах теплоснабжения.

Энергоисточники распределённой генерации

Характерными особенностями ИЭС с распределённой генерацией являются понижение порога входа на рынок электроэнергии поставщиков и избыточность генерирующих мощностей со значительным профицитом баланса установленной мощности и нагрузки. При этом речь идёт как о крупных энергоисточниках, так и об источниках малой мощности, устанавливаемых у активных потребителей. Аналогично п. 1 временные избытки электроэнергии могут, при соответствующем обосновании параметров тарифного регулирования, передаваться в общие сети, а также использоваться в системах теплоснабжения. Здесь нужно отметить потенциальные возможности существующих ТЭЦ стать более совершенными интеллектуальными энергетическими хабами с приёмом значительных объёмов внешней продукции от альтернативных источников тепловой и электрической энергии [17; 18]. Существующая энергетическая и тепловая инфраструктура от ТЭЦ позволяет распределять весь объём энергии по потребителям, в отличие от котельных, ограниченных только возможностями теплоотпуска в тепловые сети. В условиях рынка тепловой и электрической энергии и развития ИЭС становится целесообразной замена существующих котельных когенерационными установками. Избыточность присоединённых от различных активных потребителей энергосточников в ИЭС будет способствовать снижению тарифов, ликвидации неэффективной энергогенерации и внедрению новых инновационных технологий.

Стохастическое распределение на сетях объектов генерации и потребления энергии

При высокой доле распределённой генерации, появлении мобильных источников энергии и просьюмеров изменяются

подходы, принятые при иерархическом, преимущественно детерминированном, характере управления энергопотреблением. Ёмкостное и транспортное запаздывание в тепловых сетях приводит к тому, что скорости отбора и пополнения тепла не совпадают [19]. Поэтому оно используется для синхронизации работы большого числа объектов. Вероятностные процессы потребления и выдачи энергии способствуют более активному использованию потенциально доступных аккумулирующих свойств теплоснабжения и возможностей принятия динамических режимно-наладочных решений на тепловых сетях без ущерба качеству теплоснабжения. ИСТ, выступая как буфер и регулятор, должны подстраиваться под диктуемые активными потребителями переменные условия и информировать ИЭС о готовности принятия от неё энергии в конкретных точках сети (точках поставки). Это потребует вариантного моделирования и принятия оперативных решений для эффективной, безаварийной работы взаимосвязанных систем электро- и теплоснабжения. В этих целях на всех этапах жизненного цикла ИЭС будут задействованы получающие в настоящее время широкое распространение электронные модели систем инженерной инфраструктуры, разработанные на основе ГИС-технологий и представляющие собой точные математические модели (цифровые двойники) трубопроводных и электрических сетей [6; 7; 20; 21; 22].

Основным ожидаемым эффектом от реализации перечисленных выше направлений для ЕТО является снижение теплоотпуска от котельных, во-первых, из-за уменьшения отборов тепла потребителями при более широком применении ими интеллектуальных систем контроля и управления и использовании электронагревательного оборудования (электродкотельные с баками-аккумуляторами; электрообогреватели, в том числе аккумуляторного типа; ёмкостные водонагреватели; реверсивные сплит-системы; установки с тепловыми насосами и др.); во-вторых, по причине замещения котельных альтернативными источниками. При этом на первом этапе у ТСО сохранится необходимость содержания теплогенерирующих мощностей и теплопроводов, рассчитанных на расчётные условия (с учётом резервного запаса). Дальнейшее развитие ИЭС с активным управлением спросом на тепловую и электрическую энергию будет способствовать существенному снижению установленной генерирующей мощности и, как следствие, стоимости теплоисточников.

При перераспределении нагрузок и оптимизации расходов оператором ИЭС снижается потребность в собственной генерации как основного источника дохода ТСО, что в настоящее время не способствует эффективной совместной работе ряда ТЭЦ и котельных при их принадлежности различным собственникам. В дальней перспективе вопросы теплогенерации для ТСО при их переходе в статус ЕТО, вероятно, станут актуальными только в аномальные пиковые и аварийные периоды, а первостепенными будут сетевые вопросы транспорта и распределения энергии. При этом со стороны потребителей уже сейчас оказывается значительное влияние

на режимы работы теплоисточников в периоды пикового горячего водопотребления (при отсутствии ограничителей расхода сетевой воды), а также в морозные дни (из-за снижения вентиляционной составляющей тепловой нагрузки и использования электрообогревателей). Таким образом, у ЕТО появляется необходимость в получении новых навыков и в развитии интеллектуальных моделей управления по динамической синхронизации с энергосистемой и активными потребителями тепловой энергии.

Системы интеллектуального управления потребителями тепла

В ИЭС за счёт увеличения функциональных возможностей и интеллектуализации систем потребителей расширяются факторы технологической интеграции систем теплоснабжения с другими смежными системами (газо-, электро-, холодо- и водоснабжения) с переходом от интеграции только на уровне производства энергии к интеграции на уровне потребителей [5]. Сами потребители становятся способны более эффективно оптимизировать затраты на коммунальные услуги. При этом большой потенциал интеллектуального управления у потребителей связан с ниже приведёнными свойствами ИЭС.

- Во-первых, свойство целостности [23; 24]: изменения, возникшие в какой-либо из инженерных систем, сказываются как на других системах, так и на всей их совокупности. Практически это означает, что комплекс взаимосвязанных

инженерных систем (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопление, холодоснабжение, горячее водоснабжение, электроснабжение) способен скоординированно управляться для достижения выбранного, возможно, интегрированного критерия или их совокупности. Например, благодаря универсальности электроэнергии, система электроснабжения может обеспечивать тепловую нагрузку как частично – в повседневном режиме, сбрасывая избытки электроэнергии на тепловую генерацию с использованием электроустановок, так и – в отдельных случаях, при соответствующей мощности сети – полностью, например, в аварийных режимах в системах теплоснабжения [25; 26; 27].

В системах интеллектуального управления свойство целостности реализуется дополнительным учётом и автоматизацией процесса реагирования системы теплоснабжения не только на характер жизнедеятельности в помещениях, внутренние и внешние теплопоступления, но и на возможное замещение (пассивное или активное) тепловой энергии от отопительных приборов на её генерацию с помощью установок, использующих электроэнергию и др. (рис. 1).

Обобщённая структурная схема автоматизации потребителей ИЭС представлена на рисунке 2.

При автоматизации потребителей ИЭС по представленной схеме обеспечивается переход к управлению на основе взаимной осведомленности о приоритетах друг друга процессов управления «внешняя сеть – потребитель» и процессов управления «система теплоснабжения – система электроснабжения». То есть переход от управления только тепловым балансом потребителя к управлению теплоэнергетическим балансом [28] с учётом переменных условий со стороны внешней сети. Экономический эффект от такого управления заключается:

- для потребителя: в годовом цикле в снижении совокупных затрат на тепло и электроэнергию, используемую на тепловые нужды: $\Delta C_{\text{потр}} = C_{\text{стс}}^{\text{тб}} - (C_{\text{стс}}^{\text{тб}} + C_{\text{эс}}^{\text{тб}})$, где $C_{\text{стс}}^{\text{тб}}$ – затраты потребителя на тепловые нужды при традиционном управлении теплоснабжением (управление только тепловым балансом); $C_{\text{стс}}^{\text{тб}}$, $C_{\text{эс}}^{\text{тб}}$ – затраты потребителя на тепловые нужды при управлении теплоэнергетическим балансом, соответственно, затраты потребителя на тепло и электроэнергию, используемую для теплоснабжения в периоды сравнительной ценовой доступности (при избытках электрической мощности и провалах графика электрической нагрузки);
- для внешней сети: в оптимизации загрузки генерирующих и сетевых мощностей и экономии за счёт этого затрат на новое строительство.

• Во-вторых, свойство прогнозируемости: ограничения, возмущающие воздействия и регулируемые параметры инженерных систем переменны во времени, прогнозируемы и оказывают влияние на эффективность и экономичность их функционирования. Для управления топливно-энергетическим балансом потребителей в условиях стохастических процессов используются адаптивные алгоритмы с



Рис. 1. Принципиальная схема управления тепловой нагрузкой в традиционной СЦТ и совместного управления тепловой и электрической нагрузкой в ИЭС: ЭС – электроснабжение, в том числе электронагреватели; СО – система отопления; СВ – система вентиляции; ГВС – горячее водоснабжение; ХСН – холодоснабжение от АБХМ; ЭЭ – электроэнергия; ТЭ – тепловая энергия



Рис. 2. Обобщённая структурная схема автоматизации потребителей ИЭС

апостериорной идентификацией математических моделей в сочетании с алгоритмами обобщенной фильтрации [19; 29; 30].

Частично свойства целостности и прогнозируемости используются в теплоснабжении в настоящее время при согласовании функций смежных инженерных систем. Так, на практике широко реализуется взаимосвязь работы «система отопления – ГВС» у потребителей в СЦТ: при подключении потребителей к тепловым сетям на вводах устанавливаются ограничители максимального расхода теплоносителя. В данном случае обеспечивается сглаживание графика расхода теплоносителя путём ограничения подачи тепла в систему отопления в периоды максимального разбора горячей воды. При этом нормируемый тепловой режим помещений обеспечивается за счёт программного учёта в контроллерах тепловой инерционности ограждающих конструкций и внутреннего объёма отапливаемых зданий.

Интеллектуальные системы расширяют возможности потребителей по управлению, запоминая при этом паттерны поведения потребителя в различных ситуациях и автоматически подстраиваясь под его предпочтения, учитывая переменные условия со стороны внешней сети.

В развитие вышеизложенного активный потребитель выбирает (в автоматическом режиме, с помощью интеллектуальных устройств):

- режим теплоснабжения в зависимости от необходимых ему внутренних температур в помещениях, оптимизируя свои затраты на покупку тепловой энергии;
- степень участия в ИТП по подготовке и обеспечению нужд горячего водоснабжения потребителей в здании;
- регламент температурно-влажностных режимов в помещениях и графиков обеспечения горячим водоснабжением во внештатных ситуациях;
- альтернативные способы долевого или полного обеспечения горячей водой или отоплением (теплозащитные мероприятия, электробойлеры, тепловые насосы, сплит-системы инверторного типа, электрообогреватели и др.).

Сложность построения систем интеллектуального управления может быть снижена путём использования готовых промышленных программно-аппаратных платформ, предоставляющих не только решения для сбора и обработки данных, распределённых и надёжных вычислительных подсистем, но и обладающих развитой апостериорной аналитикой и элементами искусственного интеллекта (экспертные системы, производственные модели и т. п.) [9; 31]. Отдельного внимания может заслуживать факт отсутствия ограничений по общности обрабатываемых данных в подобных системах. Это позволяет говорить о возможности построения многоуровневой и многокритериальной системы интеллектуального управления, которая как раз и решает задачи скоординированного управления различными системами как единым целым.

Существующие условия как стимулирующий фактор развития интеллектуального управления

Длительный опыт эксплуатации СЦТ в нашей стране показал, что их преимущества практически не ощущаются потребителями тепловой энергии из-за низкой степени автоматизации ИТП [19]. Так, известно, что сложившаяся практика теплоснабжения в системах отопления характеризуется двумя распространенными особенностями:

1) при достижении температуры наружного воздуха, близкой к расчётной для систем отопления, наблюдается рост жалоб со стороны населения на низкую температуру внутреннего воздуха в жилых помещениях;

2) в переходные периоды года (осенний и весенний) наблюдаются «перетопы» помещений, когда температура внутреннего воздуха превышает максимальную из диапазона допустимых значений (по ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»), то есть +24 °С.

Данные обстоятельства приводят к нарушению температурных режимов микроклимата отапливаемых помещений с перерасходом тепловой энергии на отопление и соответствующими завышенными коммунальными платежами потребителей. В отдельных случаях показатели по теплоснабжению на отопительные нужды в разные годы могут отличаться в полтора раза при сопоставимых средних погодных условиях. Ниже (рис. 3) на примере панельного многоквартирного жилого дома 1964 года постройки серии I-335 в Санкт-Петербурге (общей площадью 4527,65 кв. м) показано потребление тепловой энергии по месяцам в течение трёх последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 годы). Представленные данные получены на основании показаний общедомового прибора учёта. Показатели расхода тепловой энергии за июнь соответствуют показаниям приборов учёта за период с 25 апреля по 24 мая (с учетом фактической даты окончания отопительного периода в рассматриваемом году).

Потребление тепловой энергии на отопление составило 852, 773 и 1198 Гкал/год, соответственно по каждому из указанных выше трем отопительным сезонам.

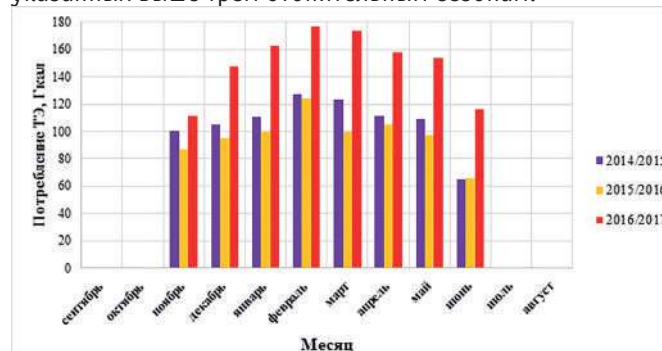


Рис. 3. Потребление тепловой энергии по месяцам в многоквартирном жилом доме в течение трёх последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 годы)

Из представленных данных следует, что отсутствие автоматизированного ИТП в здании приводит к следующим последствиям:

- для потребителей: к приросту потребления тепловой энергии (потребление тепловой энергии в доме за отопительный период 2016/2017 годов увеличилось по сравнению с отопительным периодом 2015/2016 годов более чем в полтора раза, или на 55,14%);
- для ТСО: к превышению фактического отпуска тепловой энергии по сравнению с плановыми значениями.

Следует отметить, что из-за большого количества потребителей, их разновидностей, различных динамических свойств и случайности тепловых состояний каждого из них только при центральном регулировании на источниках СЦТ невозможно обеспечить эффективное теплоснабжение. При установлении условий регулирования ТСО руководствуется представительными группами потребителей, находящимися в наиболее сложных условиях рассматриваемой системы теплоснабжения. Требуется формирование оптимальных схемных и технических решений с современным уровнем автоматизации непосредственно в ИТП и отапливаемых помещениях потребителей.

В инициативном порядке неудовлетворённость потребителей работой систем теплоснабжения компенсируется

использованием ими электроэнергии (включение электрообогревателей в морозные дни; переход на электрические водонагреватели из-за регламентных перерывов и низкой температуры горячей воды систем теплоснабжения). В то же время при сопоставлении действующих тарифов для ряда регионов выявляется большой потенциал снижения совокупных платежей потребителей за энергоресурсы для обеспечения тепловых нужд. Так, на рисунках 4 и 5 представлены сравнения тарифов 2017 года на тепловую и электрическую энергию для населения Санкт-Петербургской агломерации в зонах централизованного теплоснабжения Санкт-Петербурга и двух поселений Ленинградской области – микрорайона Западного, являющегося частью посёлка Мурино, и посёлок Гарболово. Санкт-Петербург – город с населением свыше пяти миллионов человек с несколькими десятками ТСО, различия в тарифах которых доходят до 50%, при этом за счёт бюджетных дотаций всё население города оплачивает тепло по единому тарифу, установленному по минимальному значению среди всех ТСО (тариф ПАО «ТГК-1»). Посёлок Мурино – одна из наиболее активно развивающихся территорий агломерации на границе с Санкт-Петербургом с застройкой до 25 этажей (текущая и проектная численность проживающих – 34 и 100 тыс. человек соответственно). Посёлок Гарболово – негазифицированный малый населённый пункт (менее 5 тыс. человек) с двух-пятиэтажной застройкой и угольной котельной.

Из рисунков 4 и 5 видно, что действующий уровень тарифов уже в настоящее время позволяет:

- для потребителей (при наличии квартирных теплосчётчиков): значительно снижать совокупные финансовые затраты на тепловые нужды уже только за счёт рационализации выбора в течение суток энергоресурса для покрытия собственных тепловых нужд. Для примера (см. рис. 5): экономически выгодное годовое замещение теплоотпуска от котельной при 100-процентном использовании потребителями минимальной бытовой автоматизации (термостаты и розетки с таймерами) и обычных электрообогревателей доходит до 30%, а при использовании интеллектуального управления и электронагревателей аккумуляторного типа или теплонаносного оборудования – до 90% (мощности котельной будут востребованы только в редкие пиковые периоды, устанавливающиеся на продолжительное время);
- для энергосистемы: обеспечивать компенсацию провала графика нагрузки и таким образом повышать эффективность работы генерирующих мощностей при условии внедрения малозатратных технических и организационных мероприятий по стимулированию населения к грамотному использованию электронагревательного оборудования. При этом особенно эффективно использование электроэнергии на тепловые нужды в зонах действия трансформаторных подстанций, питающих здания с электроплитами, где фактически обеспечивается эквивалентность тепловых

Город, поселение	Тарифы, руб/Ткэл (руб/кВт·ч)					
	581,4 (0,5)	1162,8 (1,0)	1744,2 (1,5)	2325,6 (2,0)	2907,0 (2,5)	3488,4 (3,0)
Санкт-Петербург	ПАО «ТГК-1»; 1678,72 (1,44)		ООО «ТЭС СПб»; 2498,34 (2,13)		-27%	8%
	АО «ПСК»; ночная зона; (1,97)		дневная зона; (3,41)			
Лен. обл., Мурино	ООО «ПТЭ»; 2138,83 (1,84)		19%			
	АО «ПСК»; ночная зона; (1,49)		дневная зона; (2,94)			
Лен. обл., Гарболово	ООО «ТМ-теплосервис»; 2923,84 (2,51)		41%			
	АО «ПСК»; ночная зона; (1,49)		дневная зона; (2,94)			

Рис. 4. Сопоставление тарифов на тепловую и электрическую энергию для населения Санкт-Петербургской агломерации в зонах централизованного теплоснабжения

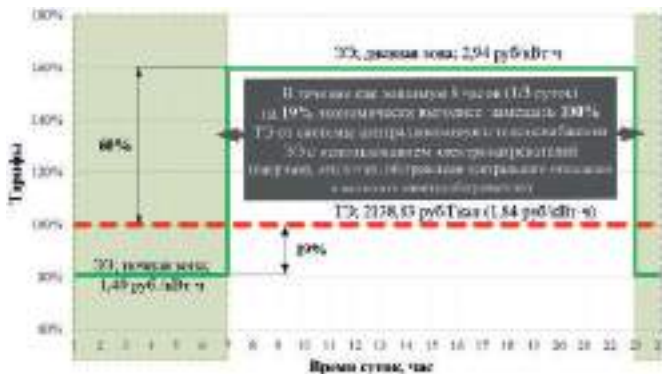


Рис. 5. Сопоставление тарифов на тепловую и электрическую энергию для населения активно развивающейся территории микрорайона Западного п. Мурино в зоне действия котельной ООО «Петербургтеплоэнерго»

и электрических нагрузок в пределах 20–40 Вт/м², что подходит даже для расчётных периодов. Таким образом, при использовании электронагревателей замещение может быть обеспечено в соотношении 1:1 без возникновения риска перегрузки энергосистемы;

– для ТСО: реагировать на факт снижения теплоотпуска от их источников тепла созданием конкурентных условий, стимулирующих потребителей отдавать приоритет тепловой энергии (исключение регламентных и аварийных перебоев в теплоснабжении, экономическое стимулирование, снижение тарифов и др.);

– для органов власти: снижать нагрузку на бюджет в виде дотаций на коммунальные услуги путём ограничения платы населения за энергоресурсы за счёт внедрения энергоэффективных и инновационных решений.

Развитие технологий использования аккумуляторов и тепловых насосов позволит существенно повысить эффективность использования тепловой и электрической энергии в зданиях.

Заключение

Для условий развития ИЭС можно сформулировать следующие закономерности в теплоснабжении.

1. Растёт значимость сетевых вопросов по транспортировке и распределению тепловой энергии, актуальной становится задача приёма в сеть тепловой энергии от альтернативных источников энергии. Таким образом, формируется технологическая платформа будущего энергоснабжения в виде интеллектуальных трубопроводных системы энергетики.

2. С формированием потребителей нового типа – активных потребителей, оказывающих значительное влияние на режимы систем и действующих в своих собственных (не системных) интересах, – растёт значимость вопросов управления тепловыми и гидравлическими режимами в сетях.

3. У ЕТО появляется необходимость развития моделей управления по динамической синхронизации режимов ИСТ с энергосистемой и активными потребителями тепловой энергии.

4. Из условий сохранения нагрузки потребителей первоочередным мероприятием для ИСТ становится переход от текущего жёсткого тарифообразования к динамическому в соответствии с рынком потребления и со сферой электроэнергетики.

5. Активное поведение потребителей является одним из основных условий достижения целевых показателей, среди которых можно (на основании данных литературных источников и собственных исследований авторов) укрупнённо привести следующие:

- а) снижение максимума нагрузки – 15–25%;
- б) снижение конечного теплопотребления – до 30%;
- в) снижение потерь в сетях (от отчётного) – 15–20%;
- г) снижение резервов мощности (от отчётного) – 20–30%

Литература

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/> (дата обращения 31.01.2018).

2. Распоряжение Правительства РФ №1632-р от 28.07.2017. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71734878/> (дата обращения 1.01.2018).

3. «Дорожная карта» «Энерджинет» НТИ по реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России» [Электронный ресурс] / Одобрено 28 сентября 2016 г. на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России // Официальный сайт Минэнерго России. – Режим доступа <https://minenergo.gov.ru/node/8916> (дата обращения 31.01.2018).

4. Волкова, И.О. Активный потребитель в интеллектуальной энергетической системе: возможности и перспективы [Электронный ресурс] / И.О. Волкова, Д.Г. Шувалова, Е.А. Сальникова // Сайт НИУ ВШЭ. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/71899800> (дата обращения 1.01.2018).

5. Воропай, Н.И. Инновационные технологии и направления развития систем энергоснабжения мегаполисов / Н.И. Воропай, В.А. Стенников // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи–2017». – Самара: СамГТУ, 2017. – С.49–52.

6. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems / H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire et al // Energy. – 2014. – № 68. – Р. 1–11.

7. Стенников, В.А. Моделирование интеллектуальных трубопроводных систем энергетики / В.А. Стенников, Е.А. Барахтенко, Д.В. Соколов // ИТНОУЮ. – 2017. – № 4. – С. 50–56.

8. Юферев, Ю.В. Об анализе тепловых нагрузок потребителей при разработке и актуализации схем теплоснабжения / Ю.В. Юферев, И.В. Артамонова, А.С. Горшков // Новости теплоснабжения. – 2017. – № 8. – С. 32–42.

9. Милых, В. Прогноз погоды на завтра – облачно [Электронный ресурс] / В. Милых // Control Engineering Россия – Октябрь. – 2014. – октябрь. – С. 65–66. – Режим доступа: <http://controleng.ru/innovatsii/prognoz-pogody-na-zavtra-oblachno/> (дата обращения 01.02.2018).

10. Харазов, В.Г. Интеллектуальные приборы и системы управления / В.Г. Харазов // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2014. – № 26. – С. 92–94.

11. Аверьянов, В.К. Интеллектуализация российских зданий / В.К. Аверьянов, А.А. Мележик, Д.О. Вавилов // Балтийский горизонт. – 2014. – № 2 (14). – С. 32–35.
12. Структура интернет-диспетчерской АТМ [Электронный ресурс] // Информационный портал «АТМ». – Режим доступа: http://help.1sim.ru/Структура+интернет-диспетчерской+АТМ?structure=Руководство+пользователя&page_ref_id=15 (дата обращения 31.01.2018).
13. Тютюнников, А.И. Реализация энергоресурсосберегающих режимов при эксплуатации систем обеспечения микроклимата подземных сооружений / А.И. Тютюнников, А.В. Матвеев-Березин // Инженерные системы. – 2008. – № 1 (33). – С. 24–31.
14. Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe // М. Wahlroosa, М. Pärssinen, S. Rinnea et al // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – № 81. – С. 1096–1111.
15. Пузаков, В.С. «Облачные» технологии – энергоёмкий потребитель или эффективный источник теплоснабжения? / В.С. Пузаков // Новости теплоснабжения. – 2017. – № 2.
16. Прайс компании Фортум на покупку тепловой энергии у потребителей [Электронный ресурс] // Open District Heating/ – Режим доступа: <https://www.oppenfjarrvarme.se/dagens-priser/> (дата обращения 31.01.2018).
17. Технология комбинированной генерации энергии тепловыми и ветровыми электростанциями / С.В. Жарков, В.А. Стенников, И.В. Постников, А.В. Пеньковский // Энергоресурсоснабжение и энергоэффективность. – 2017. – №3 (75). – С. 8–14.
18. Regulation and planning of district heating in Denmark / Danish Energy Agency with assistance from COWI A/S, 2017 – Режим доступа: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/regulation_and_planning_of_district_heating_in_denmark.pdf (дата обращения 31.01.2018).
19. Михайленко, И.М. Оптимальное управление системами централизованного теплоснабжения / И.М. Михайленко. – СПб: Стройиздат, 2003. – 240 с.
20. Информационные технологии в теплоснабжении. Опыт Санкт-Петербурга / Ю.В. Юфев, А.А. Мележик, В.Ю. Мосягин, И.С. Белов // Инженерные системы. – 2017. – № 3. – С. 32–40.
21. Покорный, С.Г. Интерактивная система мониторинга Zulu-АТМ. Онлайн анализ и диспетчеризация инженерных сетей [Электронный ресурс] / Материалы семинара ООО «ПолиTERM» «Цифровые технологий в системах централизованного теплоснабжения» // ПолиTERM. – Режим доступа: https://www.politerm.com/news/events/itogi_thermo_nov17/ (дата обращения 31.01.2018).
22. Есаулов, Г.В. «Умный» город в цифровой экономике / Г.В. Есаулов // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 4. – С. 68–74.
23. Рымкевич, А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха / А.А. Рымкевич. – СПб: АВОК Северо-Запад, 2003. – 272 с.
24. Исследование систем теплоснабжения / Л.С. Попырин, К.С. Светлов, Г.М. Беляева и др. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
25. Тютюнников, А.И. Использование электроэнергии для отопления и теплоснабжения / А.И. Тютюнников // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. – 2002. – № 1 (5). – С.23–26.
26. Возможности интеграции электроэнергии в системах горячего водоснабжения ЖКХ / В.А. Маляренко, И.Е. Щербак, И.Д. Колотило, Л.В. Лысак // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2014 – № 3 (121) – С. 53–57.
27. Джангиров, В.А. Перспективы электротеплоснабжения / В.А. Джангиров, Н.В. Лелюшкин, В.В. Маслов // ЭнергоРынок – 2010 – № 2 (74) – С. 26–32.
28. Аверьянов, В.К. Поливалентные системы зданий. Энергетический баланс и оценка эффективности использования топлива / В.К. Аверьянов, А.И. Тютюнников // Тепло-энергоэффективные технологии. – 2002. – № 1. – С. 6–10.
29. A review and an analysis of the residential electric load curve models / Grandjien A. et al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – № 16. – P. 6539–6565.
30. Милых, В. Статистическое моделирование и «Интернет вещей» – воспоминание о будущем [Электронный ресурс] / В. Милых, С. Степанов // Control Engineering Россия. – 2014. – Октябрь. – С. 81–83. – Режим доступа: <http://controleng.ru/programmnye-sredstva/statisticheskoe-modelirovanie-i-internet-veshhej-vospominanie-obudushhem/> (дата обращения 01.02.2018).
31. Программно-аппаратная платформа kSense для автоматического аудита, координации и оптимизации произвольных бизнес-процессов [Электронный ресурс] // kSense/ Информационный портал. – Режим доступа: <http://www.ksense.ru/> (дата обращения 31.01.2018).

Literatura

1. Ukaz Prezidenta RF ot 09.05.2017 № 203 «O Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossijskoj Federatsii na 2017–2030 gody» [Elektronnyj resurs] // Informatsionno-pravovoj portal «Garant.ru». – Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/> (data obrashheniya 31.01.2018).
2. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF №1632-r ot 28.07.2017. Ob utverzhenii programmy «TSifrovaya ekonomika Rossijskoj Federatsii» [Elektronnyj resurs] // Informatsionno-pravovoj portal «Garant.ru». – Rezhim dostupa: <http://base.garant.ru/71734878/> (data obrashheniya 1.01.2018).
3. «Dorozhnaya karta» «Enerzhinet» NTI po realizatsii natsional'nogo proekta «Intellectual'naya energeticheskaya sistema Rossii» [Elektronnyj resurs] / Odobreno 28 sentyabrya 2016 g. na zasedanii prezidiuma Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federatsii po modernizatsii ekonomiki i innovatsionnomu razvitiyu Rossii // Ofitsial'nyj sajt Minenergo Rossii. – Rezhim dostupa <https://minenergo.gov.ru/node/8916> (data obrashheniya 31.01.2018).

4. Volkova I.O. Aktivnyj potrebitel' v intellektual'noj energeticheskoj sisteme: vozmozhnosti i perspektivy [Elektronnyj resurs] / I.O. Volkova, D.G. Shuvalova, E.A. Sal'nikova // Sajt NIU VSHE. – Rezhim dostupa: <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/71899800> (data obrashheniya 01.01.2018).
5. Voropaj N.I. Innovatsionnye tekhnologii i napravleniya razvitiya sistem energosnabzheniya megapolisov / N.I. Voropaj, V.A. Stennikov // Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Elektroenergetika glazami molodezhi–2017». – Samara: SamGTU, 2017. – S. 49–52.
7. Stennikov V.A. Modelirovanie intellektual'nyh truboprovodnyh sistem energetiki / V.A. Stennikov, E.A. Barahtenko, D.V. Sokolov // ITNOUYU. – 2017. – № 4. – S. 50–56.
8. Yuferev Yu.V. Ob analize teplovyh nagruzok potrebitelej pri razrabotke i aktualizatsii skhem teplosnabzheniya / Yu.V. Yuferev, I.V. Artamonova, A.S. Gorshkov // Novosti teplosnabzheniya. – 2017. – № 8. – S. 32–42.
9. Milyh V. Prognoz pogody na zavtra – oblachno [Elektronnyj resurs] / V. Milyh // Control Engineering Rossiya – Oktyabr'. – 2014. – oktyabr'. – S. 65–66. – Rezhim dostupa: <http://controleng.ru/innovatsii/prognoz-pogody-na-zavtra-oblachno/> (data obrashheniya 01.02.2018).
10. Harazov V.G. Intellektual'nye pribory i sistemy upravleniya / V.G. Harazov // Izvestiya SPbGTI (TU). – 2014. – № 26. – S. 92–94.
11. Aver'yanov V.K. Intellektualizatsiya rossijskih zdaniy / V.K. Aver'yanov, A.A. Melezhik, D.O. Vavilov // Baltijskij gorizont. – 2014. – № 2 (14). – S. 32–35.
12. Struktura internet-dispatcherskoj ATM [Elektronnyj resurs] // Informatsionnyj portal «ATM». – Rezhim dostupa: http://help.1sim.ru/Struktura+internet-dispatcherskoj+ATM?structure=Rukovodstvo+pol'zovatela&page_ref_id=15 (data obrashheniya 31.01.2018).
13. Tyutyunnikov A.I. Realizatsiya energoresurso-sberegayushhih rezhimov pri ekspluatatsii sistem obespecheniya mikroklimata podzemnyh sooruzhenij / A.I. Tyutyunnikov, A.V. Matveev-Berezin // Inzhenernye sistemy. – 2008. – № 1 (33). – S. 24–31.
15. Puzakov V.S. Oblachnye tekhnologii – energoemkij potrebitel' ili effektivnyj istochnik teplosnabzheniya? / V.S. Puzakov // Novosti teplosnabzheniya. – 2017. – № 2.
16. Prajs kompanii Fortum na pokupku teplovoj energii u potrebitelej [Elektronnyj resurs] // Open District Heating/ – Rezhim dostupa: <https://www.oppenfjarrvarme.se/dagens-priser/> (data obrashheniya 31.01.2018).
17. Tekhnologiya kombinirovannoj generatsii energii teplovymi i vetrovymi elektrostantsiyami / S.V. Zharkov, V.A. Stennikov, I.V. Postnikov, A.V. Pen'kovskij // Energoresursosnabzhenie i energoeffektivnost'. – 2017. – №3 (75). – S. 8–14.
19. Mihajlenko I.M. Optimal'noe upravlenie sistemami tsentralizovannogo teplosnabzheniya / I.M. Mihajlenko. – SPb: Strojizdat, 2003. – 240 s.
20. Informatsionnye tekhnologii v teplosnabzhenii. Opyt Sankt-Peterburga / Yu.V. Yuferev, A.A. Melezhik, V.Yu. Mosyagin, I.S. Belov // Inzhenernye sistemy. – 2017. – № 3. – S. 32–40.
21. Pokornyy S.G. Interaktivnaya sistema monitoringa Zulu-ATM. Onlajn analiz i dispetcherizatsiya inzhenernyh setej [Elektronnyj resurs] / Materialy seminara OOO «Politerm» «Tsifrovye tekhnologii v sistemah tsentralizovannogo teplosnabzheniya» // Politerm. – Rezhim dostupa: https://www.politerm.com/news/events/itogi_thermo_nov17/ (data obrashheniya 31.01.2018).
22. Esaulov G.V. «Umnyj» gorod v tsifrovoj ekonomike / G.V. Esaulov // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2017. – № 4. – S. 68–74.
23. Rymkevich A.A. Sistemnyj analiz optimizatsii obshheobmennoj ventilyatsii i konditsionirovaniya vozduha / A.A. Rymkevich. – SPb: AVOK Severo-Zapad, 2003. – 272 s.
24. Issledovanie sistem teplosnabzheniya / L.S. Popyrin, K.S. Svetlov, G.M. Belyaeva i dr. – M.: Nauka, 1989. – 215 s.
25. Tyutyunnikov A.I. Ispol'zovanie elektroenergii dlya otopeniya i teplosnabzheniya / A.I. Tyutyunnikov // Inzhenernye sistemy. AVOK Severo-Zapad. – 2002. – № 1 (5). – S.23–26.
26. Vozmozhnosti integratsii elektroenergii v sistemah goryachego vodosnabzheniya ZhKH / V.A. Malyarenko, I.E. Shherbak, I.D. Kolotilo, L.V. Lysak // Energoresursobezbuzhenie. Energetika. Energoaudit. – 2014 – № 3 (121) – S. 53–57.
27. Dzhangirov V.A. Perspektivy elektroteplosnabzheniya / V.A. Dzhangirov, N.V. Lelyushkin, V.V. Maslov // EnergoRynok – 2010 – № 2 (74) – S. 26–32.
28. Aver'yanov V.K. Polivalentnye sistemy zdaniy. Energeticheskij balans i otsenka effektivnosti ispol'zovaniya topliva / V.K. Aver'yanov, A.I. Tyutyunnikov // Teploenergoeffektivnye tekhnologii. – 2002. – № 1. – S. 6–10.
30. Milyh V. Statisticheskoe modelirovanie i «Internet veshhej» – vospominanie o budushhem [Elektronnyj resurs] / V. Milyh, S. Stepanov // Control Engineering Rossiya. – 2014. – Oktyabr'. – S. 81–83. – Rezhim dostupa: <http://controleng.ru/programmnye-sredstva/statisticheskoe-modelirovanie-i-internet-veshhej-vospominanie-o-budushhem/> (data obrashheniya 01.02.2018).
31. Programmno-apparatnaya platforma kSense dlya avtomaticheskogo audita, koordinatsii i optimizatsii proizvodnyh biznes-protsessov [Elektronnyj resurs] // kSense/ Informatsionnyj portal. – Rezhim dostupa: <http://www.ksense.ru/> (data obrashheniya 31.01.2018).

Аверьянов Владимир Константинович, 1939 г.р. (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Советник генерального директора АО «Газпром промгаз» (191124, г. Санкт-Петербург, Синопская наб., д. 54). Сфера научных интересов: энергоэффективная среда жизнедеятельности, альтернативная энергетика, городские системы тепло-снабжения. Автор более 300 публикаций. Тел.: +7 (911) 227-12-16. E-mail: V.Averyanov@spb.oao-promgaz.ru.

Мележик Алексей Александрович, 1984 г.р. (Санкт-Петербург). Заведующий лабораторией Научно-технического центра «Комплексное развитие инженерной инфраструктуры» в Санкт-Петербурге АО «Газпром промгаз» (191124, г. Санкт-Петербург, Синопская наб., д. 54). Сфера научных интересов: тепло- и холодоснабжение, системы обеспечения микроклимата зданий. Автор более 10 публикаций. Тел.: +7 (911) 784-68-67. E-mail: amelezhik@mail.ru.

Горшков Александр Сергеевич, 1975 г.р. (Санкт-Петербург). Кандидат технических наук. Директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), главный специалист АО «Газпром Промгаз». Сфера научных интересов: строительная теплофизика, отопление, вентиляция. Автор около 200 научных публикаций. Тел.: +7 (921) 388-43-15. E-mail: alsgor@yandex.ru.

Юфев Юри Владиславович, 1959 г.р. (Санкт-Петербург). Доктор технических наук, профессор. Директор инженерно-проектного центра «Энергоснабжение АО «Газпром промгаз» (191124, г. Санкт-Петербург, Синопская наб., д. 54). Сфера научных интересов: оптимизация систем теплоснабжения, котельное оборудование. Автор более 100 научных публикаций. Тел.: 8 (812) 336-87-51. E-mail: Y.Yeferev@spb.oao-promgaz.ru

Averyanov Vladimir Konstantinovich, born in 1939 (St. Petersburg). Doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAACS. Adviser to the general director of the JSC Gazprom Promgaz (191124, St. Petersburg, Sinopskaya Embankment, 54). Sphere of scientific interests: energy-efficient living environment, alternative energy, city heating systems. The author of more than 300 publications. Tel.: +7 (911) 227-12-16. E-mail: V.Averyanov@spb.oao-promgaz.ru.

Melezhik Aleksey Aleksandrovich, born in 1984 (St. Petersburg). Head of the Laboratory of the Scientific and Technical Center of Integrated Development of Engineering Infrastructure in St. Petersburg of the JSC Gazprom Promgaz (St. Petersburg, Sinopskaya Embankment, 54, 191124). Sphere of scientific interests: heat and cold supply, systems for microclimate of buildings. The author of more than 10 publications. Tel.: +7 (911) 784-68-67. E-mail: amelezhik@mail.ru.

Gorshkov Alexander Sergeevich, born in 1975 (St. Petersburg). Candidate of technical sciences. Director of the Educational and Scientific Center of Monitoring and Rehabilitation of Natural Systems at the Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (195251, St. Petersburg, Polytechnic Str., 29), chief specialist of the JSC Gazprom Promgaz. Sphere of scientific interests: building thermophysics, heating, ventilation. The author of about 200 scientific publications. Tel.: +7 (921) 388-43-15. E-mail: alsgor@yandex.ru.

Yuferev Yuri Vladislavovich, born in 1959 (St. Petersburg). Doctor of technical sciences, professor. Director of the Engineering and Design Center of Energy supply of the JSC Gazprom Promgaz (191124, St. Petersburg, Sinopskaya Embankment, 54). Sphere of scientific interests: optimization of heat supply systems, boiler equipment. The author of more than 100 scientific publications. Tel.: 8 (812) 336-87-51. E-mail: Y.Yeferev@spb.oao-promgaz.ru