

Аверьянов В.К., Юферев Ю.В., Мележик А.А., Горшков А.С.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДОВ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

I. 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 ключевым направлением развития принята концепция Smart Grid [3]. Минэнерго РФ 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, актуализация и утверждение Схем теплоснабжения крупных городов с анализом режимов на электронных моделях и др.). В соответствии с изложенным, с учетом 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, надежность, экономичность, эффективность, экологичность и безопасность, обеспечиваемых как путем 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 партнера 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) 4-го 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, объединенных 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.

II. Факторы ИСТ, оказывающие влияние на сферу теплоснабжения

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

1. Управление спросом

Более активное стимулирование участников рынка к поддержанию экономически выгодных для единой энергетической системы (ЕЭС) режимов функционирования осуществляется за счет 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 ($T_{\text{э}}=f$ (сезон, день недели, время суток; погодные условия и др.), $T_{\text{э}} \geq T_{\text{т}} > T_{\text{э}}$). Ниже показано, что уже сейчас использование электроэнергии на тепловые нужды в ряде регионов экономически выгоднее из-за жесткой текущей тарифной политики в теплоснабжении. При этом снижение объемов годового теплоотпуска у ТСО за счет использования электронагревателей может достигать до 30%, а тепловой мощности до 20% [8].

Такой подход не исключает, а наоборот делает более актуальной реализацию в системе 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 так же 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.

2. Системы интеллектуального учета и управления оборудованием зданий

Стимулирование со стороны Минэнерго интеллектуального учета энергии, а так же «интернет вещей» [9] делают более целесообразным и понятным автоматизацию не только для общественных и производственных объектов, но и для бытовых потребителей [10, 11], формирующих, как правило, основную нагрузку энергосистем городов. За счет распространения услуг «облачных» интеллектуальных решений [9, 12] реализуются гибридные вычисления (локальные вычисления + «облачные» вычисления). Гибридные архитектуры автоматизированного управления минимизируют потребности потребителей в собственных вычислительных мощностях снижая капитальные затраты на оборудование и усилия на программную настройку непосредственно у потребителя. Таким образом, повышается доступность для населения комплексных решений систем домашней автоматизации как по аппаратной, так и программной части с одновременным увеличением возможности интеллектуального, из условий минимизации затрат при соблюдении качества воздушной среды, регулирования мощности теплоснабжающего оборудования, в том числе отопительных приборов помещений. Это ускоряет темпы автоматизации, которые происходят во многом естественным образом — за счет инициативного приобретения потребителями моделей оборудования и услуг с более высоким интеллектуальным потенциалом. Для ТСО вероятный ожидаемый эффект от самостоятельной автоматизации населением своих жилищ сопоставим с эффектом, полученным из-за установки жильцами оконных блоков с

повышенными теплозащитными свойствами и герметичностью (стеклопакетов) – снижение более чем на 20% тепловых нагрузок и теплоотпуска.

3. Потребители электроэнергии с большими объемами 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 объемов информации. Из условий бесперебойной круглосуточной работы крупные ЦОД относят к потребителям 1 категории по надежности 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, 15, 16]. Наличие объектов для использования тепловых мощностей ЦОД служит одним из критериев выбора их мест размещения. Таким образом, энергоемкие потребители энергосистемы могут одновременно становится дополнительными источниками тепловой энергии в системах теплоснабжения.

4. Энергоисточники распределенной генерации

Характерными особенностями ИЭС с распределенной генерацией являются понижение порога входа на рынок электроэнергии поставщиков и избыточность генерирующих мощностей со значительным профицитом баланса установленной мощности и нагрузки. При этом речь идет как о крупных энергоисточниках, так и о 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 выделить потенциальные возможности существующих ТЭЦ стать более совершенными интеллектуальными энергетическими хабами с приемом значительных объемов внешней продукции от альтернативных источников тепловой и электрической энергии [17, 18]. Существующая энергетическая и тепловая инфраструктура от ТЭЦ позволяет распределять весь объем 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 целесообразным замена существующих котельных когенерационными установками. Избыточность присоединенных от различных активных потребителей энергоисточников в ИЭС будет способствовать снижению тарифов, ликвидации неэффективной энергогенерации и внедрению новых инновационных технологий.

5. Стохастическое распределение (как по времени, так и по месту возникновения) на сетях объектов генерации и потребления энергии

При высокой доле распределенной генерации, появлении мобильных источников энергии и просьюмеров изменяются подходы принятые при иерархическом, преимущественно детерминированном характере управления энергопотреблением. Наличие в тепловых сетях емкостного и транспортного запаздываний, приводящих к тому, что скорости отбора и пополнения тепла не совпадают [19] 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 в качестве буфера и регулятора должны подстраиваться под диктуемые активными потребителями переменные условия и информировать ИСТ о готовности принятия от нее 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 следствием реализации перечисленных выше направлений для ЕТО является снижение теплоотпуска от котельных. Во-первых, из-за снижения отборов тепла потребителями при более широком применении ими интеллектуальных систем контроля и управления, и использования электронагревательного оборудования (электродкотельные с баками аккумуляторами; электрообогреватели, в т.ч. аккумуляторного типа; емкостные 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 расчетные условия (с учетом 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 воздействии оператора ИСТ, за счет перераспределения нагрузок и оптимизации расходов, снизится 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 актуальны только в аномальные пиковые и аварийные периоды, а первостепенными становятся 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.

III. Системы интеллектуального управления потребителями тепла

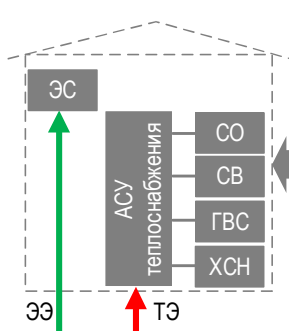
В ИЭС за счет увеличения функциональных возможностей и интеллектуализации систем потребителей расширяются факторы технологической интеграции систем теплоснабжения с другими смежными системами (газо-, электро, холодо- и водоснабжения) с переходом от интеграции только на уровне производства энергии к интеграции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

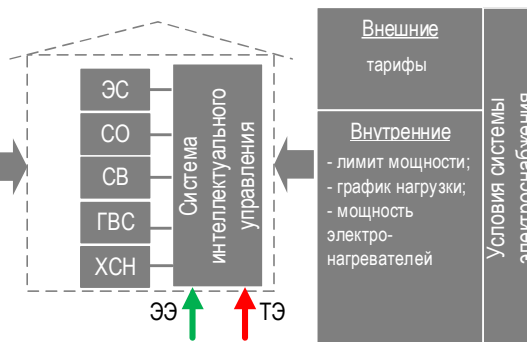
соответствующей мощности сети) - полностью, например, в аварийных режимах в системах теплоснабжения [25, 26, 27].

В системах интеллектуального управления свойство целостности реализуется дополнительным учетом 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 ее генерацию с помощью установок, использующих электроэнергию и др. (рисунок 1).

Управление тепловой нагрузкой в традиционной СЦТ



Совместное управление тепловой и электрической нагрузкой в ИЭС



Условные обозначения: ЭС – электроснабжение, в т.ч. электронагреватели; СО – система отопления; СВ – система вентиляции; ГВС – горячее водоснабжение; ХСН – холодоснабжение от АБХМ; ЭЭ – электроэнергия; ТЭ – тепловая энергия

Рисунок 1 – Принципиальная схема управления тепловой нагрузкой в традиционной СЦТ и совместного управления тепловой и электрической нагрузкой в ИЭС

Обобщенная структурная схема автоматизации потребителей ИЭС представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема автоматизации потребителей ИЭС

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 учетом

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: $\Delta C_{\text{потр}} = C_{\text{стс}}^{\text{тб}} - (C_{\text{стс}}^{\text{тэб}} + C_{\text{эс}}^{\text{тэб}})$, где $C_{\text{стс}}^{\text{тб}}$ - затраты потребителя на тепловые нужды при традиционном управлении теплоснабжением (управление только тепловым балансом); $C_{\text{стс}}^{\text{тэб}}, C_{\text{эс}}^{\text{тэб}}$ - 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 счет 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 апостериорной идентификацией математических моделей в сочетании с алгоритмами обобщенной фильтрации [19,^{29,30}].

Ограничено 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 путем ограничения подачи тепла в систему отопления в периоды максимального разбора горячей воды. При этом нормируемый тепловой режим помещений обеспечивается за счет программного учета в контроллерах тепловой инерционности ограждающих конструкций и внутреннего объема отапливаемых зданий.

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

В развитие выше изложенного, 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 в штатных 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, путем использования готовых промышленных программно-аппаратных платформ, предоставляющих не только решения для сбора и обработки данных, распределенных и надежных вычислительных подсистем, но и обладающих развитой апостериорной аналитикой и элементами искусственного интеллекта (экспертные системы, продукционные 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 разнородными системами как единым целым.

IV. 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 расчетной 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 по ГОСТ 30494 значений, т.е. плюс 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 1,5 раза, при сопоставимых средних погодных условиях. Ниже (рисунок 3), на примере панельного многоквартирного жилого дома серии I-335 в Санкт-Петербурге общей площадью 4527,65 м² и 1964 года постройки, показано потребление тепловой энергии по месяцам в течение трех последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 гг.). Представленные данные получены на основании показаний общедомового прибора учета. Показатели расхода тепловой энергии за июнь соответствуют показаниям приборов учета за период с 25 апреля по 24 мая (с учетом фактической даты окончания отопительного периода в рассматриваемом году). Суммарное потребление тепловой энергии на отопление за указанные отопительные сезоны представлены в таблице 1.

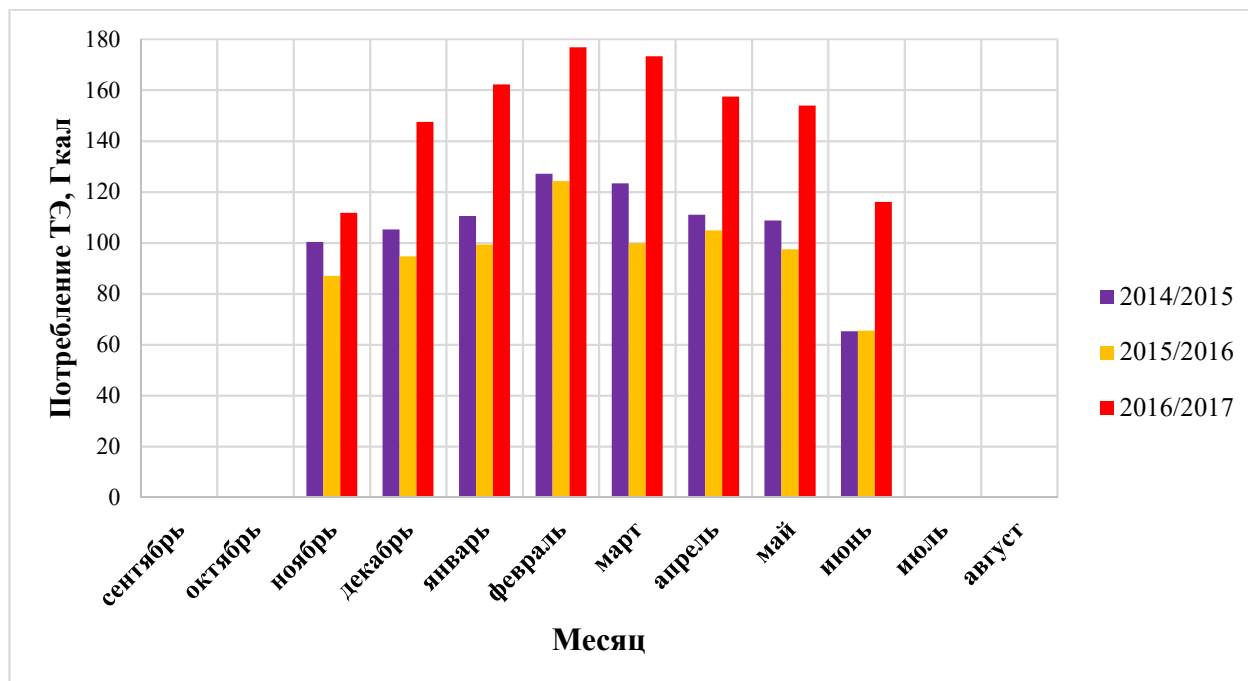


Рисунок 3 - Потребление тепловой энергии по месяцам в многоквартирном жилом доме в течение трех последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 гг.)

Таблица 1 - Потребление тепловой энергии в многоквартирном жилом здании за три последовательных отопительных сезона

Отопительный сезон	Потребление тепловой энергии на отопление, Гкал/год
2014/2015	851,6
2015/2016	772,8
2016/2017	1198,9

Из представленных данных следует, что по причине отсутствия автоматизированного ИТП в здании:

- для потребителей: прирост потребления тепловой энергии в доме за отопительный период 2016/2017 гг. составил 55,14 % (более, чем в 1,5 раза) по сравнению с предыдущим отопительным сезоном (2015/2016 гг.). Соответствующие платежи за отопление, с учетом роста тарифа на тепловую энергию (5,2 %/год), возросли более, чем на 60 % по сравнению с предыдущим отопительным периодом;

- для ТСО: фактический отпуск тепловой энергии по рассматриваемому адресу превышает плановые значения.

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 формирования оптимальных схемных и технических решений с современным уровнем автоматизации непосредственно в ИТП и отапливаемых помещениях потребителей.

В инициативном порядке неудовлетворенность потребителей работой систем теплоснабжения компенсируется ими использованием 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 г. на тепловую и электрическую энергию для населения Санкт-Петербургской агломерации в зонах централизованного теплоснабжения Санкт-Петербурга и двух поселений Ленинградской области – микрорайон Западный п. Мурино и п. Гарболово. Санкт-Петербург - город с населением свыше 5 миллионов человек с несколькими десятками ТСО, тарифы которых различаются до 50%, при этом за счет бюджетных дотаций все население города оплачивают тепло по единому тарифу установленному по минимальному значению среди всех ТСО (тариф ПАО «ТГК-1»). Микрорайон Западный п. Мурино – одна из наиболее активно развивающихся территорий агломерации на границе с Санкт-Петербургом с застройкой до 25 этажей (текущая и проектная численность проживающих, соответственно, 34 и 100 тыс.человек). Гарболово - не газифицированный малый населенный пункт (менее 5 тыс.человек) с двух-пяти этажной застройкой и угольной котельной.

руб./кВт·ч (руб./Гкал)	0,5 (581,4)	1,0 (1162,8)	1,5 (1744,2)	2,0 (2325,6)	2,5 (2907,0)	3,0 (3488,4)	3,5 (4069,8)
ТЭ	ПАО «ТГК-1»; 1,44 (1678,72)			ГУП «ТЭК СПб»; 2,15 (2498,36)			
Санкт-Петербург	ЭЭ АО «ПСК»; ночная зона; 1,97			дневная зона; 3,41			
ТЭ	ООО «Петербургтеплоэнерго»; 1,84 (2138,83)						
Лен.обл., п. Мурино	ЭЭ АО «ПСК»; ночная зона; 1,49			дневная зона; 2,94			
ТЭ	ООО «ГТМ-теплосервис»; 2,51 (2923,84)						
Лен.обл., п. Гарболово	ЭЭ АО «ПСК»; ночная зона; 1,49			дневная зона; 2,94			

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

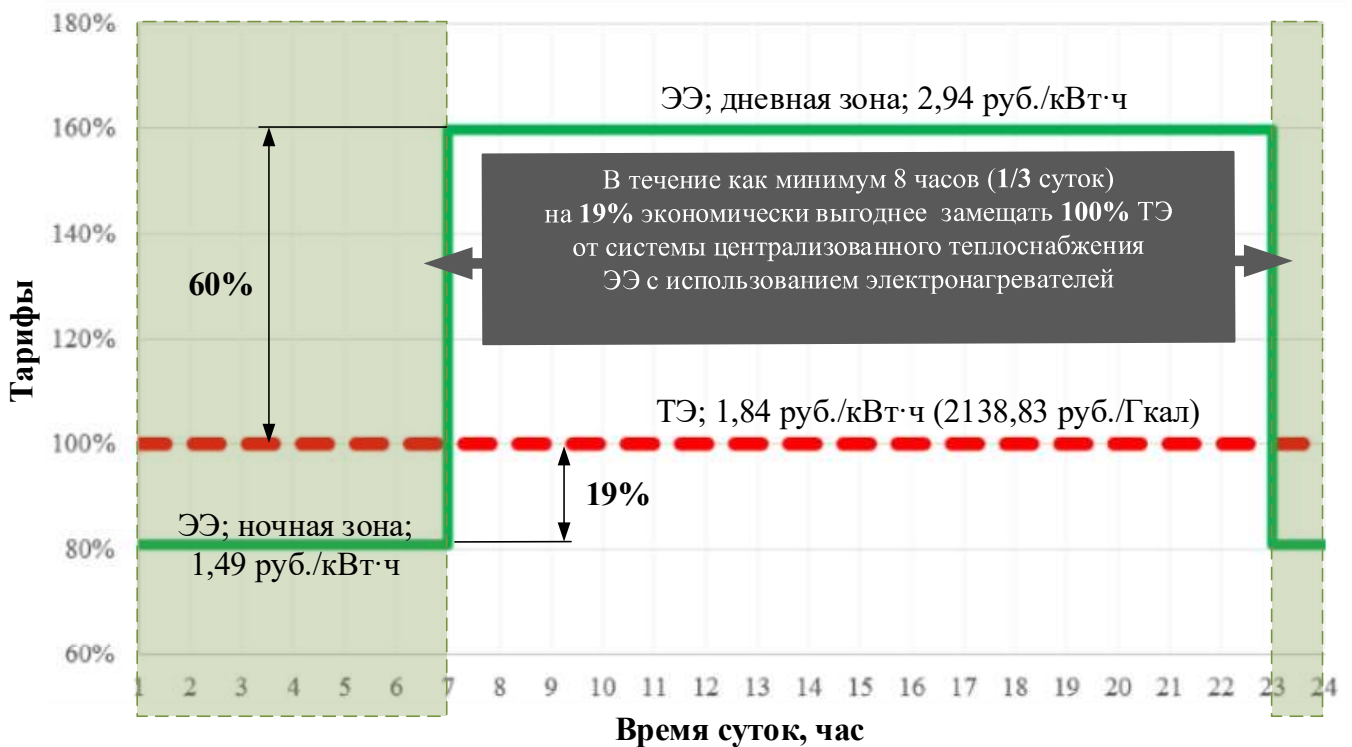


Рисунок 5 - Сопоставление тарифов на тепловую и электрическую энергию для населения активно развивающейся территории микрорайон Западный п. Мурино в зоне действия котельной ООО «Петербургтеплоэнерго»

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

- для потребителей (при наличии квартирных теплосчетчиков): значительно снижать совокупные финансовые затраты на тепловые нужды уже только за счет рационализации выбора в течение суток энергоресурса для покрытия собственных тепловых нужд. Для примера на рисунке 5 вероятное экономически выгодное годовое замещение теплоотпуска от котельной при 100% использовании потребителями минимальной бытовой автоматизации (термостаты и розетки с таймерами) и обычных электрообогревателей составит 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 и электрических нагрузок в области 20-40 Вт/м², что подходит даже для расчетных периодов. Таким образом, при использовании электронагревателей замещение может быть обеспечено в соотношении 1:1, без возникновения риска перегрузки энергосистемы;

- для ТСО: реагировать на факторы, снижающие теплоотпуск от их источников тепла, созданием конкурентных условий, стимулирующих потребителей отдавать приоритет тепловой энергии (исключение регламентных и аварийных перерывов в теплоснабжении, экономическое стимулирование, снижение тарифов и др.);

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

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

V. Заключение

Для условий развития ИЭС можно сформулировать следующие закономерности:

1. Растет значимость сетевых вопросов по транспортировке и распределению тепловой энергии, актуальной становится задача приема 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, растет 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 жесткого тарифообразования к динамическому в соответствии с рынком потребления и со сферой электроэнергетики.

5. Активное поведение потребителей в ИЭС является одним из основных условий достижения целевых показателей, среди которых можно, на основании данных литературных источников и собственных исследований, укрупненно привести в следующем виде:

- a. Снижение максимума нагрузки - 15-25%
- b. Снижение конечного теплопотребления - до 30%
- c. Снижение потерь в сетях (от отчетного) – 15 - 20%
- d. Снижение резервов мощности (от отчетного) - 20-30%

Библиографический список

- 1 О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы, Указ Президента РФ №203 от 09.05.2017.
- 2 Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации», Распоряжение Правительства РФ №1632-р от 28.07.2017.
- 3 «Дорожная карта» «Энерджинет» НТИ по реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России», одобренная 28 сентября 2016 г. на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России.
- 4 Волкова И.О. и др. Активный потребитель в интеллектуальной энергетической системе: возможности и перспективы
- 5 Воропай Н.И., Стенников В.А. Инновационные технологии и направления развития систем энергоснабжения мегаполисов. Сборник трудов конференции «Электроэнергетика глазами молодежи - 2017». 2017. С. 49-52
- 6 Henrik Lund и др. Централизованное теплоснабжение 4-го поколения. Интеграция интеллектуальных сетей теплоснабжения в будущие устойчивые энергосистемы (4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems)
- 7 Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Соколов Д.В. Моделирование интеллектуальных трубопроводных систем энергетики. ИТНОУЮ №4, 2017. С. 50-56.
- 8 Юферев Ю.В., Артамонова И.В., Горшков А.С. Об анализе тепловых нагрузок потребителей при разработке и актуализации Схем теплоснабжения. Новости теплоснабжения, №8, 2017. С.32-42,
- 9 Милых В. Прогноз погоды на завтра – облачно // Control Engineering Россия – Октябрь 2014 с.65-66
- 10 Харазов В.Г. Интеллектуальные приборы и системы управления. Известия СПбГТИ(ТУ) №26 2014
- 11 Аверьянов В.К., Мележик А.А., Вавилов Д.О. Интеллектуализация российских зданий. Балтийский горизонт №2 (14) 2014
- 12 Структура интернет-диспетчерской АТМ [Электронный ресурс]/URL: http://help.1sim.ru/Структура+интернет-диспетчерской+АТМ?structure=Руководство+пользователя&page_ref_id=15
- 13 Тютюнников А.И., Матвеев-Березин А.В. реализация энергоресурсосберегающих режимов при эксплуатации систем обеспечения микроклимата подземных сооружений // Инженерные системы №1 (33) 2008. С. 24-31.
- 14 Mikko Wahlroos и др. Взгляд на будущее теплоутилизации на примерах ЦОД в Северной Европе (Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe. 2017)
- 15 Пузаков В.С. «Облачные» технологии – энергоемкий потребитель или эффективный источник теплоснабжения? Новости теплоснабжения №2 2017.
- 16 Прайс компании Фортум на покупку тепловой энергии у потребителей [Электронный ресурс]/URL: <https://www.oppenfjarrvarme.se/dagens-priser/>
- 17 Жарков С.В., Стенников В.А., Постников И.В., Пеньковский А.В. Технология комбинированной генерации энергии тепловыми и ветровыми электростанциями. Энергоресурсоснабжение и энергоэффективность. №3 (75) 2017. С. 8-14
- 18 Regulation and planning of district heating in Denmark. Danish Energy Agency with assistance from COWI A/S. 2017
- 19 Михайленко И.М. Оптимальное управление системами централизованного теплоснабжения. – Стройиздат, СПб, 2003. 240 с.
- 20 Юферев Ю.В., Мележик А.А., Мосягин В.Ю., Белов И.С. Информационные технологии в теплоснабжении. Опыт Санкт-Петербурга. Инженерные системы №3 2017

21 Покорный С.Г. Интерактивная система мониторинга Zulu-АТМ. Онлайн анализ и диспетчеризация инженерных сетей. Материалы семинара ООО «Политерм» «Цифровые технологий в системах централизованного теплоснабжения» [Электронный ресурс]/URL: https://www.politerm.com/news/events/itogi_thermo_nov17/

22 Есаулов Г.В. «Умный» город в цифровой экономике. Academia. Архитектура и строительство. №4, 2017. С. 68-74.

23 Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. 2003. 272 с.

24 Попырин Л.С., Светлов К.С., Беляева Г.М. и др. Исследование систем теплоснабжения. М.: Наука, 1989. 215 с.

25 Тютюнников А.И. Использование электроэнергии для отопления и теплоснабжения // Инж. системы. АВОК Северо-Запад. - 2002. - N 1(5). - С.23-26.

26 Маляренко В.А., Щербак И.Е., Колотило И.Д., Лысак Л.В. Возможности интеграции электроэнергии в системах горячего водоснабжения ЖКХ // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2014 - №3 (121) – С. 53-57

27 Джангиров В.А., Лелюшкин Н.В., Маслов В.В. Перспективы электротеплоснабжения // ЭнергоРынок – 2010 - №2 (74) – с. 26-32

28 Аверьянов В.К., Тютюнников А.И. Поливалентные системы зданий. Энергетический баланс и оценка эффективности использования топлива // Теплоэнергоэффективные технологии. №1. 2002

29 Grandjien А. и др. Обзор и анализ подходов по моделированию графиков электрической нагрузки бытовых потребителей (A review and ananalysis of the residential electric load curve models)

30 Милых В., Степанов С. Статистическое моделирование и «Интернет вещей» — воспоминание о будущем // Control Engineering Россия – Октябрь 2014 с.81-83

31 Программно-аппаратная платформа kSense для автоматического аудита, координации и оптимизации произвольных бизнес-процессов [Электронный ресурс]/URL: <http://www.ksense.ru/>