УДК 697.341

© В. К. Аверьянов, советник генерального директора
(АО «Газпром промгаз»)

E-mail: V.Averyanov@spb.oao-promgaz.ru

© А. С. Горшков, главный специалист
(АО «Газпром промгаз»)

© Г. П. Васильев, научный руководитель
(ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»)

E-mail: gpvassiliev@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-6-99-111

© V. K. Averyanov, Advisor to the Director General
(JSC "Gazprom promgaz")

E-mail: V.Averyanov@spb.oao-promgaz.ru

© A. S. Gorshkov, Chief Specialist
(JSC "Gazprom promgaz")

© G. P. Vasiliev, scientific director
(JSC "INSOLAR-INVEST")

E-mail: gpvassiliev@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЖИЛОГО ФОНДА

INCREASING THE EFFICIENCY OF CENTRALIZED HEAT SUPPLY OF THE EXISTING HOUSING STOCK

Представлены результаты анализа данных приборного учета тепловой энергии в существующих зданиях. Разработаны предложения по совершенствованию режимов теплоснабжения в существующем жилом фонде. Рассмотрены направления современного интеллектуального управления инженерными системами зданий с целью создания рациональной стратегии развития энергосистем: системы автоматизированного учета, мониторинга и управления; гармонизация режимов выработки и потребления энергетических ресурсов; совместная работа традиционных и альтернативных источников энергии.

Ключевые слова: жилой фонд, тепловая энергия, источники энергии, режим теплоснабжения, энергоэффективность.

The article presents the analysis results of the data for the metering of thermal energy in presently operated buildings. Proposals for improving heat consumption regimes in the existing housing stock have been developed. The following directions of modern intellectual management of building engineering systems are considered with the aim of creating a rational strategy for the development of energy systems: automated accounting, monitoring and management systems; harmonization of the modes of generation and consumption of energy resources; joint work of traditional and alternative energy sources.

Keywords: housing stock, thermal energy, energy sources, heat consumption regime, energy efficiency.

Как известно, для снижения теплоснабжения в существующих зданиях выделяются две основные группы мероприятий. Одна из них формирует мероприятия по пассивному теплосбережению [1–5], а другая — по активному [6–10].

К первой группе относятся мероприятия по утеплению зданий: увеличение сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, установка оконных и дверных конструкций с повышенными герметичностью и теплоизоляционными свойствами и др.

Ко второй группе относятся мероприятия по рациональному использованию тепловой энергии за счет более совершенного, энергосберегающего регулирования температурных режимов в отапливаемых помещениях.

Одно из главных направлений 2-й группы мероприятий по теплосбережению в существующих зданиях — модернизация оборудования тепловых пунктов: центральных, индивидуальных и особенно квартирных. В настоящее время существующие системы отопления гражданских

зданий во многих случаях функционируют в затратном режиме управления по графикам регулирования теплоснабжения только от ТЭЦ или котельных.

При реконструкции очередность реализации мероприятий первой и второй групп формируется, как правило, с учетом финансовых возможностей: одновременно или на первом этапе — установка активных систем управления теплоснабжением; на втором этапе — осуществление мероприятий по утеплению зданий. Обосновывается это тем, что реконструкция тепловых пунктов по финансовым затратам дешевле всего комплекса мероприятий пассивной группы. Реализация же мероприятий только первой группы приводит обычно к перераспределению теплоснабжения между домами и малому энергосберегающему эффекту. Следует отметить, что только совместная реализация мероприятий двух групп позволяет достигнуть максимального эффекта и уменьшить теплоснабжение на 20–50 % [11, 12].

Современная идеология качественного теплоснабжения зданий и сооружений нацелена на повышение надежности, экономичности и эффективности теплоснабжения не только силами энергоснабжающих организаций, но и активным участием потребителей, в том числе населения [12].

Здесь в «ранге» потребителя принято рассматривать, в зависимости от схемных решений и оснащенности оборудованием, приборами учета и регулирования, биотехническую систему управления теплоснабжением на индивидуальном тепловом пункте (ИТП) здания или в комплексе инженерных систем квартиры с тепловым пунктом непосредственно в ней (КТП).

С целью выявления возможных путей повышения перечисленных выше показателей для существующего жилого фонда при переходе к современному теплоснабжению на первом этапе рассмотрим характер фактического теплоснабжения, а также возможные резервы первой группы снижения теплоснабжения и улучшения перечисленных выше показателей в существующих зданиях.

Как известно, размер платежей на коммунальные услуги, значительную долю в которых составляют платежи за отопление и горячее водоснабжение, ежегодно возрастает (табл. 1).

Рост тарифов без одновременного снижения объемов теплоснабжения увеличивает финансовую нагрузку на население, региональные бюджеты (за счет увеличения объемов требуемого субсидирования для социально незащищенных слоев населения, дотаций теплоснабжающим организациям и др.).

Таблица 1

**Динамика роста тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге с 2006 по 2017 г.
при централизованном теплоснабжении**

Год	Величина тарифа, руб./Гкал (вкл. НДС)	Прирост стоимости тепловой энергии в абсолютном выражении, руб./Гкал	Прирост стоимости тепловой энергии по отношению к предыдущему году, %
2006	500,40		
2007	575,46	75,06	+15,0
2008	650,00	74,54	+13,0
2009	795,73	145,73	+22,4
2010	931,00	135,27	+17,0
2011	1050,00	119,00	+12,8
2012	1175,00	125,00	+11,9
2013	1351,25	176,25	+15,0
2014	1408,01	56,76	+4,2
2015	1541,78	133,77	+9,5
2016	1621,95	80,17	+5,2
2017	1678,72	56,77	+3,5
В среднем за 11 лет		107,16	+11,8
Суммарно за 11 лет		1178,32	+235,5

В теплоснабжении существующих зданий, особенно старой застройки, часто проявляются следующие характерные явления:

- при температурах наружного воздуха, близких к расчетной для систем отопления (применительно к климатическим условиям Санкт-Петербурга минус 24 °С), наблюдается рост жалоб со стороны населения на низкую температуру внутреннего воздуха в жилых помещениях и, как следствие, повышенное потребление населением электроэнергии и газа на дополнительный обогрев квартир;

- в переходные периоды года (осенний и весенний) в большинстве зданий наблюдаются «перетопы» помещений, в том числе когда температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях превышает значения из диапазона допустимых по ГОСТ 30494¹, т. е. плюс 24 °С.

Данные обстоятельства (ввиду длительности переходных периодов и небольшого числа дней стояния низких температур) приводят как к общему перерасходу тепловой энергии на отопление, росту платы за отопление, так и к периодам с низким качеством снабжения тепловой энергией населения. О несоответствующем качестве теплоснабжения в некоторых зданиях говорит и тот факт, что показатели по теплоснабжению в разные годы в них могут отличаться в 1,5 раза.

На рис. 1 на примере панельного многоквартирного жилого дома (серии I-335) 1964 года постройки общей площадью 4527,65 м² показано потребление тепловой энергии по месяцам в течение трех последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 гг.). Данные получены на основании показаний общедомового прибора учета теплоснабжения и отображены в квитанциях на оплату коммунальных

¹ ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

Рис. 1. Потребление тепловой энергии по месяцам в многоквартирном жилом доме в течение трех последовательных отопительных периодов (2014/2015, 2015/2016 и 2016/2017 гг.)

услуг жителей дома. 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 представлено в табл. 2.

Из данных табл. 2 следует, что 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.). Тем самым платежи жителей указанного дома за отопление в отопительный сезон 2016/2017 гг. с учетом роста тарифа на тепловую энергию (5,2 % — см. данные табл. 1) возросли более чем на 60 % по сравнению с предыдущим отопительным периодом.

В случае реновации рассматриваемого здания или проведения энергосберегающих мероприятий, в том числе за счет средств проживающих в здании жителей, с приведением параметров

Таблица 2

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

Отопительный сезон	Потребление тепловой энергии на отопление, Гкал/год	Градусо-сутки отопительного периода, °С · сут	Удельное потребление тепловой энергии, отнесенное к фактическим градусо-суткам отопительных периодов, Гкал/(°С · сут · год)
2014/2015	851,6	3943,2	0,216
2015/2016	772,8	3915,5	0,197
2016/2017	1198,9	4562,7	0,263

теплопотребления к существующим нормативам ($0,359 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$) платежи оказались бы более чем на 50 % ниже по сравнению с фактическими.

Из диаграммы, представленной на рис. 1, можно предположить, что в таком здании потребитель получает столько тепловой энергии, сколько подает тепловая сеть. Низкий уровень автоматизации и морально устаревшие, не отвечающие современным требованиям схемные решения ИТП приводят к «перетокам» и некачественному теплоснабжению. Таким образом, при низкой степени автоматизации (или ее отсутствии) объемы поставки тепловой энергии диктует не потребитель (житель), заинтересованный в минимизации расходов, а теплогидравлические режимы поставщика ресурса, имеющего интерес от продажи большего объема тепловой энергии. Кроме того, согласно общим правилам многоступенчатого регулирования [13] к зданию для устойчивой работы автоматики должно подводиться несколько завышенное количество тепловой энергии. При отсутствии автоматического регулирования на ИТП этот «избыток» также может приводить к перерасходу тепловой энергии и, как следствие, к «перетопу».

В рамках разработки и актуализации схемы теплоснабжения Санкт-Петербурга авторами была проведена масштабная работа по анализу тепловых нагрузок потребителей [14]. С этой целью были проанализированы данные приборов учета объектов теплопотребления, подключенных к тепловым сетям от нескольких крупных ТЭЦ города.

На рис. 2 представлены результаты распределения отопительной нагрузки одноподъездного жилого многоквартирного дома типовой серии I-528КП-40 1965 года постройки общей площадью 2140 м^2 в зависимости от температуры наружного воздуха. При этом представленный на рис. 2 массив данных приборного учета разбит на три участка в зависимости от температуры наружного воздуха:

- при температуре наружного воздуха минус $9,3^\circ\text{C}$ и ниже;
- в диапазоне температур наружного воздуха выше минус $9,3^\circ\text{C}$ и ниже $6,3^\circ\text{C}$;
- при температуре наружного воздуха плюс $6,3^\circ\text{C}$ и выше.

Данные получены на основании обработки показаний прибора учета тепловой энергии, установленного на вводе в здание. Подключение системы отопления рассматриваемого дома к тепловым сетям выполняется по зависимой схеме с элеватором.

Представленные на рис. 2 данные примерно показывают положение нижней и верхней срезов температурного графика. Обработка и анализ данных приборов учета тепловой энергии, установленных в многоквартирных домах, показывают, что подобное отображение графиков регулирования имеет место в подавляющем большинстве многоквартирных домов, подключенных в Санкт-Петербурге к тепловой сети. При понижении температуры внутреннего воздуха ниже нижней границы комфортного диапазона температур недостаточная подача тепла от системы отопления, как правило, компенсируется жильцами за счет использования альтернативных способов обогрева помещений, например за счет электрических или других обогревателей, а также снижением интенсивности проветривания (кратности воздухообмена).

Из данных, представленных на рис. 2, следует также значительный разброс нагрузки на отопление при относительно близких температурах наружного воздуха, связанный с большим числом влияющих на теплопотребление факторов.

На рис. 3 для того же объекта теплопотребления выделен диапазон температур наружного

Рис. 2. Характер нагрузки на отопление жилого многоквартирного дома в зависимости от диапазонов температуры наружного воздуха в течение отопительного периода 2016/2017 гг.

Рис. 3. Распределение нагрузки на отопление жилого многоквартирного дома в диапазоне температур наружного воздуха от минус 1,5 °С до плюс 1,5 °С в пределах одного отопительного периода

воздуха от минус 1,5 °С до плюс 1,5 °С, из анализа которого следует, что при одной и той же температуре наружного воздуха отопительная нагрузка может отличаться значительно. Например, при среднесуточной температуре наружного воздуха минус 0,1 °С, которая в течение рассматриваемого отопительного сезона наблюдалась дважды, нагрузка в одном случае составляла 0,115 Гкал/ч, в другом — 0,081 Гкал/ч, т. е. отличалась в 1,4 раза. Первый случай наблюдался в середине отопительного периода, второй — в начале. На основании этого можно сделать вывод о том, что в рассматриваемом диапазоне температур наружного воздуха помимо того, что теплопотребление изменяется в широком диапазоне за счет состояния теплозащитных качеств ограждений, внутренних тепловыделений, солнечной радиации, аккумулирования тепловой энергии конструкциями здания при изменении погодных условий, качество управления на ИТП, установленном на вводе в здание, довольно низкое.

Можно предположить, что для каждого отдельного периода отопительного сезона, в зависимости от состояния теплозащиты наружных ограждений и поведения жителей в биотехнической системе «человек — система отопления», линия тренда будет меняться.

На рис. 4 для рассматриваемого объекта теплопотребления в диапазоне температур наружного воздуха выше минус 9,3 °С и ниже 6,3 °С выделены три сезона: осенний, зимний, весенний, и для каждого из них указаны линии тренда (с линейной аппроксимацией массивов данных).

Осенний период эксплуатации системы отопления на рис. 4 выделен оранжевым цветом, зимний — синим, весенний — зеленым.

Из данных, представленных на рис. 4, следует, что наклон линии тренда для каждого выделенного участка отопительного сезона отличается. Расчетная нагрузка системы отопления рассматриваемого объекта теплопотребления (при расчетной температуре наружного воздуха минус 24 °С) в этом случае также окажется различной. Разброс отопительной нагрузки в каждом из выделенных периодов отопительного сезона остается значительным.

Выявленные обстоятельства в совокупности не способствуют эффективному теплоснабжению и наглядно демонстрируют необходимость перехода на более наукоемкие интеллектуальные системы управления тепловыми режимами с адаптацией параметров регулирования к меняющимся многообразным внешним и внутренним условиям.

На рис. 5 показано распределение нагрузки на отопление в зависимости от температуры наружного воздуха для объекта теплопотребления (многоквартирный жилой дом серии ИЛГ-502-7 1966 года постройки общей площадью 4980,5 м²) с более современной системой регулирования. На вводе в здание установлен АИТП.

По сравнению с данными, представленными на рис. 2–4, разброс численных значений нагрузки системы отопления, показанных на рис. 5, по отношению к аппроксимирующей функции значительно меньше, что свидетельствует только

Рис. 4. Распределение нагрузки на отопление жилого многоквартирного дома в зависимости от температуры наружного воздуха в течение отопительного периода 2016/2017 гг. по сезонам: ♦ осень; • зима; ▲ весна

Рис. 5. Распределение нагрузки на отопление жилого многоквартирного дома, на вводе которого установлен АИТП

о более качественном отслеживании автоматикой расчетной отопительной нагрузки здания в зависимости от наружной температуры. Однако приведенный на рис. 5 график не позволяет оценивать качество теплоснабжения непосредственно в отапливаемых помещениях и теплосберегающий эффект, так как не фиксировались температуры внутреннего воздуха непосредственно в квартирах. Поэтому здесь более эффективна установка на вводе в здание автоматизированных систем регулирования теплопотреблением по внешним возмущениям (наружной температуры воздуха) с периодической коррекцией по внутренним отклонениям (температуры воздуха в представительных отапливаемых помещениях).

На режим теплопотребления здания влияние оказывает также тепловая нагрузка горячего водоснабжения, которая характеризуется значительной неравномерностью. На рис. 6 представлена диаграмма распределения нагрузки тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение в типовом многоквартирном доме (97 жилых помещений, 2 нежилых) серии I-528 КП-80Э общей площадью 4602 м² 1972 года постройки в течение недели в период с 10 по 16 октября 2016 г.

Из представленной на рис. 6 диаграммы следует, что наибольшие пики водопотребления приходятся на утренние и вечерние часы, а в ночное время нагрузка падает практически до нулевого значения (синим цветом обозначена отопительная нагрузка, красным — нагрузка на горячее водоснабжение).

Из данных, представленных на рис. 6, можно видеть, что за указанный период наблюдений нагрузка горячего водоснабжения по отношению

к отопительной нагрузке изменяется в пределах от 0 до 0,82 (0,089/0,109 Гкал/ч). Соизмеримость нагрузок, особенно при переходе на закрытые системы теплоснабжения с сохранением диаметров тепловой сети, определяет необходимость перехода для условий качественного теплоснабжения на энергосберегающие, более наукоемкие интеллектуальные способы связанного регулирования тепловой нагрузки на отопление и горячее водоснабжение, принимая во внимание динамику процессов и учитывая большее число параметров.

Представленный выше анализ данных общедомовых приборов учета демонстрирует несовершенство регулирования отпуска теплоты в ИТП существующих зданий, но не позволяет количественно характеризовать динамику требуемой тепловой нагрузки в здании. Установленные приборы учета и регулирования не регистрируют значения температуры внутреннего воздуха в здании и ее распределение по отдельным отапливаемым помещениям. Поэтому полученные выше результаты следует рассматривать как сравнительные для анализа качества регулирования на ИТП и возможных резервов теплосбережения за счет совершенствования автоматики в них.

Объемы теплосбережения более существенны при наличии КТП с теплосчетчиком, автоматизации и наладки систем отопления и, как следствие, активного, для снижения затрат населения на нужды отопления, программного регулирования теплопотребления в комнатах квартир непосредственно жителями. Так как на объемы теплопотребления существенное влияние оказывают теплофизические характеристики ограждающих конструкций и качество подготовки здания и его систем к отопительному сезону, то в этом случае житель непосредственно заинтересован в этом и будет своевременно осуществлять такое регулирование. В существующих же системах теплоснабжения и отопления население, как правило, не имеет возможности регистрировать (для последующих расчетов за затраченную тепловую энергию) изменение объемов своего теплопотребления. Как следствие, жители напрямую не заинтересованы в вышеперечисленных способах улучшения качества теплоснабжения с одновременной реализацией известных мероприятий по

Рис. 6. Диаграмма распределения тепловой нагрузки отопления и горячего водоснабжения в многоквартирном жилом доме в течение одной недели

энергосбережению, в том числе непосредственно в отапливаемых помещениях квартир.

Таким образом, в существующем жилом фонде имеются существенные резервы экономии тепла, расходуемого на теплообеспечение зданий. За счет непроизводительных тепловых потерь тепла, уже доставленного основному потребителю (при распределении сетевого теплоносителя по тепловым пунктам и внутридомовым инженерным системам), резервы составляют, по разным экспертным данным, от 20 до 50 % [11, 12, 15].

Потребитель (житель) при переходе к современному теплоснабжению должен иметь возможность выбирать:

- режим теплоснабжения в зависимости от необходимых ему внутренних температур в помещениях, оптимизируя (за счет регулирования температурных режимов в комнатах и проведения комплекса энергосберегающих мероприятий) свои затраты на покупку тепловой энергии;
- в ИТП подготовку и обеспечение нужд горячего водоснабжения для населения в здании;
- регламент температурно-влажностных режимов в помещениях и графиков обеспечения горячим водоснабжением при экстремальных ситуациях;
- альтернативные способы долевого или полного обеспечения горячей водой или отоплением (теплозащитные мероприятия, электробойлеры, тепловые насосы, сплит-системы инверторного типа, электрообогреватели и др.).

При развитии рыночной экономики в стране, научно-технического прогресса в цифровой

энергетике житель должен получать товар (тепловую энергию) в пределах текущей потребности, используя все возможности для сокращения затрат на нужды теплоснабжения с одновременным соблюдением требуемых или необходимых ему параметров микроклимата. При этом задачей теплоснабжающей организации остается качественное поддержание (с некоторым резервом) требуемых параметров на границе раздела ответственности — ИТП. Все это приводит к необходимости повышения эффективности управления теплоснабжением существующих зданий из условий выбора необходимых параметров воздушной среды с одновременной минимизацией затрат на нужды отопления и горячего водоснабжения.

Большинство современных разработок по совершенствованию управления теплоснабжением зданий относится к схемным решениям ИТП² [16–18]. Применение в ИТП интеллектуальных систем управления [17, 18] позволяет достигать снижения теплоснабжения в зданиях до 20 % и повышать качество теплоснабжения. Однако интеллектуальные модели управления теплоснабжением усложняют инженерные системы и увеличивают их стоимость. Это обстоятельство требует более пристального анализа применения цифровых технологий в системах теплоснабжения с определением задач и эффектов регулирования в ИТП и КТП. Системы интеллектуального управления на КТП, которые учитывают поведенческие особенности жителей многоквартирного дома, относятся к биотехническим системам и позволяют достигать более существенных эффектов в теплосбережении (до 50 %). Наличие в личном кабинете жителя показателей теплоснабжения с рекомендациями по энергосбережению будет стимулировать его к активным действиям по энергосбережению. Так, например, известно, что для здоровья важно соблюдение в период сна температуры не выше 16–18 °С. Поэтому поддержание в ночное время такого режима с переходом днем на пониженный график позволит в спальне снизить энергопотребление на 20–30 %.

² Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года (актуализированная редакция на 2018 г.). URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa/proekt-shemy-do-2032-napravleniy-v-minenergo>.

Переход к интеллектуальному управлению на КТП формирует следующие задачи для систем теплоснабжения:

- повышение теплогидравлической устойчивости систем теплоснабжения при переменных (энергосберегающих) режимах работы систем отопления зданий;
- минимизацию затрат на автоматизацию ИТП с одновременным повышением качества обеспечения достаточного для устойчивой работы КТП объема тепловой энергии за счет внедрения интеллектуального управления теплогидравлическими режимами на источниках тепловой энергии.

Примером перехода к новым схемным решениям из условий гидравлической устойчивости при оснащении систем отопления автоматикой может служить применение в автономных котельных гидрострелок (уравнительных стрелок, стоек уравнительных).

Для более крупных систем переход на закрытые системы теплоснабжения позволяет без существенного нарушения гидравлической устойчивости более активно применять в осенний и весенний периоды на автоматизированных ИТП относительно малозатратный и энергоэффективный режим пропусков. Для закрытых систем теплоснабжения возможно массовое применение интеллектуального управления на КТП.

Примером эффективного перехода к современному интеллектуальному управлению инженерными системами зданий может служить созданная в ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» система технического консалтинга, мониторинга энергетической эффективности и удаленного энергоменеджмента (СиТКоМ).

СиТКоМ представляет собой комплекс, позволяющий проводить управление, технический консалтинг, сервисное обслуживание инженерных систем и энергоменеджмент на основе данных автоматизированного онлайн-мониторинга инженерных систем здания. Специфика данной системы в том, что она не влияет на работу различных существующих систем управления на каждом конкретном объекте, а лишь взаимодействует с ними, собирая информацию с приборов учета, сторонних контроллеров, а также собственных средств мониторинга (датчики, контроллеры), устанавливаемых в ключевые точки

инженерных систем (отопление, вентиляция, кондиционирование) для контроля параметров, влияющих на энергетическую эффективность работы оборудования. На рис. 7–9 представлены интерфейсы личных кабинетов в СиТКоМе управляющей компании, собственника квартиры (помещения) и мнемосхема ИТП.

Другим перспективным направлением повышения энергетической эффективности городских систем энергоснабжения является гармонизация режимов генерации тепловой и электрической энергии с графиками энергетических нагрузок потребителей, прежде всего жилищного фонда.

В настоящее время генерация и потребитель представляют собой две независимых системы, развивающиеся параллельно, без учета технологических интересов друг друга. И если в жилищном фонде за последние годы произошли некоторые подвижки в сторону энергосбережения и повышения энергетической эффективности, то в системах энергоснабжения крупных населенных пунктов заметных изменений в эту сторону нет. Например, и в Санкт-Петербурге, и в Москве имеет место значительный профицит теплогенерирующих мощностей и почти 30-процентное превышение договорной тепловой нагрузки над ее фактическими значениями³.

Избыток тепловой мощности приводит к дополнительным затратам на ее содержание и в конечном счете к увеличению отпускного тарифа на тепловую энергию для конечного потребителя. В то же время известно, что проблема профицита тепловой мощности в Москве не является новой и имела место, по крайней мере, с 1990 года. Но если в период с 1990 по 2005 годы при количественном изменении присоединенной договорной тепловой нагрузки профицит свободной тепловой мощности в городе практически не изменялся и составлял около 13 тыс. Гкал/ч, то к 2017 году он увеличился и достиг 22 тыс. Гкал/ч неиспользованной тепловой мощности энергоисточников, включая 16 тыс. Гкал/ч на источниках ПАО «Мосэнерго» и ПАО «МОЭК». Опираясь на эти данные, можно сделать вывод, что проблема превышения присоединенной договорной тепловой нагрузки над фактическими

³ Схема теплоснабжения города Москвы на период до 2030 года с учетом развития присоединенных территорий. М.: АО «Газпром промгаз», 2015.

Рис. 7. Интерфейс личного кабинета специалиста управляющей компании в системе СиТКоМ

Рис. 8. Интерфейс личного кабинета собственника квартиры (помещения) в системе СиТКоМ

значениями потребителей для Москвы является системной проблемой и, скорее всего, связана с несовершенством нормативных документов, регламентов и механизмов получения разрешений на присоединение объектов капитального строительства к городским тепловым сетям. Похожая

ситуация наблюдается и в энергосистеме Санкт-Петербурга.

Фактически и в Санкт-Петербурге, и в Москве наблюдается устойчивый тренд на увеличение профицита теплогенерирующих мощностей. При реализации принятых на федеральном уровне

Рис. 9. Мнемосхема индивидуального теплового пункта (ИТП) в системе СитКом

не⁴ темпов снижения энергопотребления зданий (на 20 % — с июля 2018 г. на 40 % — с января 2023 г. и на 50 % — с января 2023 г.) данная тенденция, вероятно, будет усугубляться. Отсюда можно предположить, что дальнейшее повышение энергетической эффективности потребителей, не гармонизированное с технологическими режимами городских систем централизованного энергоснабжения, может привести к увеличению непроизводительных потерь и в конечном счете скажется на платежах населения за услуги ЖКХ.

Важным аспектом проблемы гармонизации технологических возможностей городских систем централизованного энергоснабжения с интересами потребителей является гармонизация графиков и режимов выработки и потребления энергоресурсов. По всей видимости, настало время для принятия законодательного решения о снижении температурных графиков теплоносителя в магистральных и квартальных тепловых сетях.

В настоящее время в жилищном строительстве практически во всех инженерных системах (отопление и ГВС) используются трубопроводы из полимерных материалов. Снижение температурного графика приведет к повышению надеж-

ности и долговечности этих систем. Как показывает европейский опыт [19], снижение температуры теплоносителя сетей централизованного теплоснабжения приводит не только к экономии энергии, но и позволяет создавать системы энергоснабжения 4-го (4G) поколения, в которых централизованное теплоснабжение сосуществует с элементами распределенной энергетики, использующими нетрадиционные источники энергии и вторичные энергоресурсы, интегрированные непосредственно в зданиях и вырабатывающие энергию в то время и в том месте, где и когда она нужна потребителю.

Снижение температурного графика теплоносителя в сетях централизованного теплоснабжения стимулирует применение в жилищном строительстве теплонасосных систем теплоснабжения [20] (рис. 10). Их широкое применение позволит сблизить интересы систем централизованного теплоснабжения и электроснабжения.

Выполненные в отопительный сезон 2017/2018 гг. натурные исследования⁵ показали, что эффективность использования разре-

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 25.01.2011 № 18 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

⁵ Отчет по теме «Разработка методик по расчету инженерных нагрузок многоквартирных жилых домов на основании фактических данных по городу Москве. Подготовка предложений по внесению изменений в соответствующие нормативно-технические документы», вып. в рамках гос. контракта № ДГП 18-05-Р от 22.01.2018, заключенного между Департаментом градостроительной политики г. Москвы и ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ». УДК 697, 644.3, 628.9, № госрегистрации АААА-А18-118021290149-0. Инв. № 12-1/2018.

Рис. 10. Схема гибридной теплонасосной установки, функционирующей совместно с тепловой сетью

шенной электрической мощности в квартирах и в многоквартирных домах в целом в настоящее время очень низкая и составляет в Москве около 10 % — на уровне квартир и около 30 % — на общедомовом уровне. Причем наблюдается ярко выраженная тенденция к снижению этих показателей, поскольку возрастает единичная электрическая мощность бытовых приборов, но при этом существенно падает их электропотребление.

Вместе с тем в ночное время тариф на электрическую энергию для населения, проживающего в Москве, приблизился к тарифу на тепловую энергию, а при использовании тепловых насосов — к тарифу на природный газ. Результаты исследований⁶ показывают, что для условий

⁶ Отчет по теме «Разработка научно-обоснованных предложений по интеграции нетрадиционных источников энергии в энергетический баланс строящихся, реконструируемых и капитально-ремонтируемых зданий и сооружений и разработка методологии учета эффективности использования первичной энергии при определении энергетической эффективности проектируемых и вводимых в эксплуатацию зданий», вып. в рамках гос. контракта № 0604-4/17 от 11.10.2017, заключенного между Департаментом природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы и ФГБОУВО МГТУ им. Н. Э. Баумана (соисполнитель ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»). УДК 620.91/98, № госрегистрации АААА-А17-117103070070-9.

Москвы широкая интеграция теплонасосных систем теплоснабжения в систему энергоснабжения города позволит не только повысить количество часов использования «запертой» сегодня электрогенерирующей мощности, но и в 1,6 раза повысить эффективность использования первичной энергии в городской энергосистеме, при этом «теплонасосная» и «традиционная» части системы не будут конфликтовать, а эффективно дополнять друг друга.

Заключение

1. Значительный перерасход тепловой энергии в существующих зданиях является актуальной проблемой, требующей оперативного решения. Рост тарифов на тепловую энергию в совокупности с перерасходом тепловой энергии на отопление повышает нагрузку на бюджеты городских властей и домохозяйств, что негативно отражается на собираемости платежей, качестве теплоснабжения и благосостоянии населения.

2. Общие тенденции перехода страны на цифровую энергетику, применения технологий «интернета вещей» определяют необходимость перехода на массовое внедрение интеллектуальных КТП, позволяющее реализовать парадигму «активного потребителя» с последующим сокращением теплопотребления до двух раз.

3. Для предотвращения сдерживания внедрения теплосберегающих систем с переменным теплопотреблением возникает необходимость перехода в системах теплоснабжения на гидравлически устойчивые схемные решения.

4. Гармонизация и разумная оптимизация технологических возможностей и режимных параметров всех элементов комплекса «генерация энергии + сети + потребитель» позволят создать рациональную стратегию развития энергосистем таких мегаполисов, как Москва и Санкт-Петербург, и значительно снизить финансовые издержки на повышение их энергетической эффективности.

Библиографический список

1. Корниенко С. В. Проблемы теплозащиты наружных стен современных зданий // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2013. № 1 (25). С. 1–7.
2. Kornienko S. Evaluation of thermal performance of residential building envelope // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Pp. 191–196.

3. Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 7–37.
4. Горшков А. С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий // Энергосбережение. 2014. № 4. С. 12–27.
5. Гладких А. А., Горшков А. С. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3 (13). С. 39–42.
6. Бурцев В. В. Система регулирования отопления для сложившегося жилого фонда // Изв. вузов. Строительство. 2005. № 11–12. С. 66–69.
7. Бродач М. М., Антонов А. А., Бирюков С. В. и др. Инженерное оборудование высотных зданий / под общ. ред. М. М. Бродач. 2-е изд., испр. и доп. М.: АВОК-Пресс. 2011. 458 с.
8. Ливчак В. И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирования подачи и учета тепла // АВОК. 1998. № 4. С. 44–51.
9. Васильев Г. П., Горнов В. Ф., Дмитриев А. Н., Колесова М. В., Юрченко В. А. Геотермальное теплоснабжение в Московском регионе: температурный потенциал и рациональная глубина термоскважин // Теплоэнергетика. 2018. № 1. С. 85–92.
10. Курочкина К. Ю., Горшков А. С. Влияние авторегулирования на параметры энергопотребления жилых зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4 (31). С. 220–231.
11. Ливчак В. И. Реалистический подход к энергосбережению в существующем жилом фонде города // Энергосбережение. 2002. № 5. С. 14–19.
12. Аверьянов В. К., Юфеев Ю. В., Мележик А. А., Горшков А. С. Теплоснабжение городов в контексте развития активных потребителей интеллектуальных энергетических систем // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 1. С. 78–87.
13. Чистович С. А., Аверьянов В. К., Темпель Ю. Я., Быков С. И. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. Л.: Стройиздат, 1987. 248 с.
14. Юфеев Ю. В., Артамонова И. В., Горшков А. С. Об анализе тепловых нагрузок потребителей при разработке и актуализации схем теплоснабжения // Новости теплоснабжения. 2017. № 8. С. 32–42.
15. Чистович С. А., Година С. Я. Столетняя история и будущее теплофикации и централизованного теплоснабжения России // Техника для городского хозяйства. 2003. № 3.
16. Чистович С. А., Харитонов В. Б. Автоматизированные системы теплофикации, теплоснабжения и отопления. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2008. 304 с.
17. Бурцев В. В. Оптимизация теплопотребления зданий с помощью систем автоматического регули-

рования: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2007. 162 с.

18. Цынаева Е. А. Моделирование динамических режимов и исследование автоматизированных систем управления теплопотреблением зданий: дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 2008. 147 с.

19. Lund H., Werner S., Wiltshire R., Svendsen S., Thorsen J. E., Hvelplund F., Mathiesen B. V. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating Smart Thermal Grids into Future Sustainable Energy Systems // Energy. 2014. No. 68. Pp. 1–11.

20. Васильев Г. П. Эффективность и перспективы использования тепловых насосов в городском хозяйстве Москвы // Энергосбережение. 2007. № 8. С. 63–65.

References

1. Kornienko S. V. *Problemy teplozashchity naruzhnykh sten sovremennykh zdaniy* [Problems of thermal protection of external walls of modern buildings]. *Internet-Vestnik VolgASU – Internet Bulletin of the Volga State University*, 2013, no. 1 (25), pp. 1–7.
2. Kornienko S. Evaluation of thermal performance of residential building envelope. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 117, pp. 191–196.
3. Gorshkov A. S., Livchak V. I. *Istoriya, ehvolyutsiya i razvitie normativnykh trebovaniy k ograzhdayushchim konstruksiyam* [History, evolution and development of regulatory requirements for enclosing structures]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy – Construction of unique buildings and structures*, 2015, no. 3 (30), pp. 7–37.
4. Gorshkov A. S. *Ob okupaemosti investitsiy na uteplenie fasadov sushchestvuyushchikh zdaniy* [Payback investment in insulation of facades of existing buildings]. *Ehnergoberezenie – Energy Saving*, 2014, no. 4, pp. 12–27.
5. Gladkikh A. A., Gorshkov A. S. *Vliyanie rastvornykh shvov kladki na parametry teplotekhnicheskoy odnorodnosti sten iz gazobetona* [Influence of mortar joints in masonry on the thermal technical uniformity of the aerated concrete walls]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurna – Journal of Civil Engineering*, 2010, no. 3 (13), pp. 39–42.
6. Burtsev V. V. *Sistema regulirovaniya otopleniya dlya slozhivshegosya zhilogo fonda* [Heating regulation system for the existing housing stock]. *Izv. vuzov. Stroitel'stvo – News of higher educational institutions. Construction*, 2005, no. 11–12, pp. 66–69.
7. Brodach M. M., et al. *Inzhenernoe oborudovanie vysotnykh zdaniy* [Engineering equipment of high-rise buildings]. Ed. by Brodach M. M. 2-nd ed., revised. Moscow, AVOK-Press Publ., 2011, 458 p.
8. Livchak V. I. *Za optimal'noe sochetanie avtomatizatsii regulirovaniya podachi i ucheta tepla* [On the optimal

combination of automation and metering of heat supply]. AVOK, 1998, no. 4, pp. 44–51.

9. Vasil'ev G. P., et al. *Geotermal'noe teplosnabzhenie v Moskovskom regione: temperaturnyy potentsial i ratsional'naya glubina termoskvazhin* [Geothermal heat supply in the Moscow region: temperature capacity and rational depth of thermal wells]. *Teploenergetika – Thermal energy industry*, 2018, no. 1, pp. 85–92.

10. Kurochkina K. Yu., Gorshkov A. S. *Vliyanie avtoregulirovaniya na parametry ehnergotrebleniya zhilykh zdaniy* [The auto-regulation impact on the energy consumption of residential buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy – Construction of unique buildings and structures*, 2015, no. 4 (31), pp. 220–231.

11. Livchak V. I. *Realisticheskiy podkhod k ehnergosberezeniyu v sushchestvuyushchem zhilom fonde goroda* [Realistic approach to energy conservation in the existing housing stock of the city]. *Ehnergosberezhenie – Energy Saving*, 2002, no. 5, pp. 14–19.

12. Aver'yanov V. K., Yuferev Yu. V., Melezhik A. A., Gorshkov A. S. *Teplosnabzhenie gorodov v kontekste razvitiya aktivnykh potrebiteley intellektual'nykh ehnergeticheskikh sistem* [Heat supply of cities in the context of development of energy system active consumers]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo – Academia. Architecture and construction*, 2018, no. 1, pp. 78–87.

13. Chistovich S. A., Aver'yanov V. K., Tempel' Yu. Ya., Bykov S. I. *Avtomatizirovannye sistemy teplosnabzheniya i otopleniya* [Automated systems of heat supply and heating]. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1987, 248 p.

14. Yuferev Yu. V., Artamonova I. V., Gorshkov A. S. *Ob analize teplovykh nagruzok potrebiteley pri razrabotke i aktualizatsii skhem teplosnabzheniya* [On the analysis of

heat loads in the development of heat supply schemes and their actualization]. *Novosti teplosnabzheniya – News of heat supply*, 2017, no. 8, pp. 32–42.

15. Chistovich S. A., Godina S. Ya. *Stoletnyaya istoriya i budushchee teplofikatsii i tsentralizovannogo teplosnabzheniya Rossii* [A century-long history and the future of district heat supply and centralized heat supply]. *Tekhnika dlya gorodskogo khozyaystva – Equipment for municipal economy*, 2003, no. 3.

16. Chistovich S. A., Kharitonov V. B. *Avtomatizirovannye sistemy teplofikatsii, teplosnabzheniya i otopleniya* [Automated systems of heat-and power supply and heating]. St. Petersburg, AVOK Severo-Zapad Publ., 2008, 304 p.

17. Burtsev V. V. *Optimizatsiya teplopotrebleniya zdaniy s pomoshch'yu sistem avtomaticheskogo regulirovaniya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Optimization of heat consumption of buildings with the help of automatic control systems. PhD in Sci. Tech. diss.]. Novosibirsk, 2007, 162 p.

18. Tsynaeva E. A. *Modelirovanie dinamicheskikh rezhimov i issledovanie avtomatizirovannykh sistem upravleniya teplopotrebleniem zdaniy. Diss. kand. tekhn. nauk* [Simulation of dynamic modes and study of automated control systems of buildings. PhD in Sci. Tech. diss.]. Ulyanovsk, 2008, 147 p.

19. Lund H., et al. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating Smart Thermal Grids into Future Sustainable Energy Systems. *Energy*, 2014, no. 68, pp. 1–11.

20. Vasil'ev G. P. *Ehffektivnost' i perspektivy ispol'zovaniya teplovykh nasosov v gorodskom khozyaystve Moskvy* [Efficiency and prospects of using heat pumps in the municipal economy of Moscow]. *Ehnergosberezhenie – Energy Saving*, 2007, no. 8, pp. 63–65.