

О некоторых способах повышения эффективности теплоснабжения: регулирование или автономное отопление?

К.т.н. Е.Г. Гашо, к.т.н. С.А. Козлов, ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром», г. Москва;
к.т.н. В.П. Кожевников, Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова

Проблему создания надежного, устойчивого, эффективного энергообеспечения коммунально-технологических комплексов зачастую подменяют надуманными дилеммами подбора источников энергии, настойчивой пропагандой автономности теплоэнергоснабжения, при этом активно ссылаясь на избранный зарубежный опыт. Повышение транзакционных затрат (т.е. затрат на распределение и доставку ТЭР потребителям) в системах централизованного теплоснабжения (ЦТ) породило целую волну мероприятий по разделению сетей, появление различных автономных источников тепловой энергии разной мощности, обслуживающих непосредственно здания, и в конечном счете, к квартирным теплогенераторам. Разделение систем ЦТ на автономные и квазиавтономные элементы и блоки, предпринимаемое якобы в целях повышения эффективности, зачастую приводит только к дополнительной дезорганизации и неразберихе.

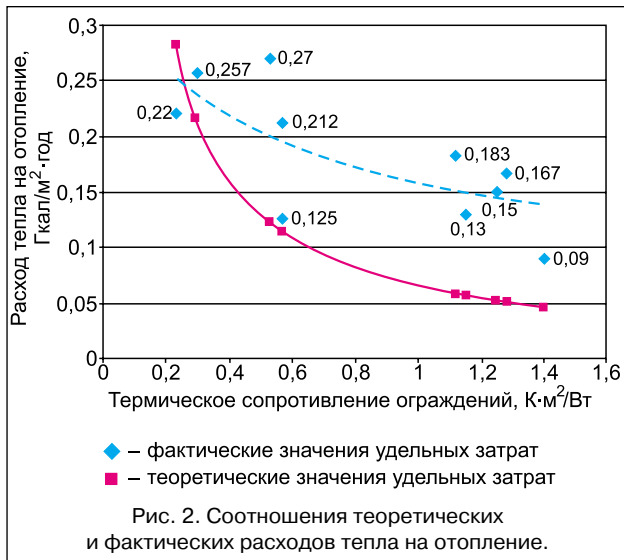
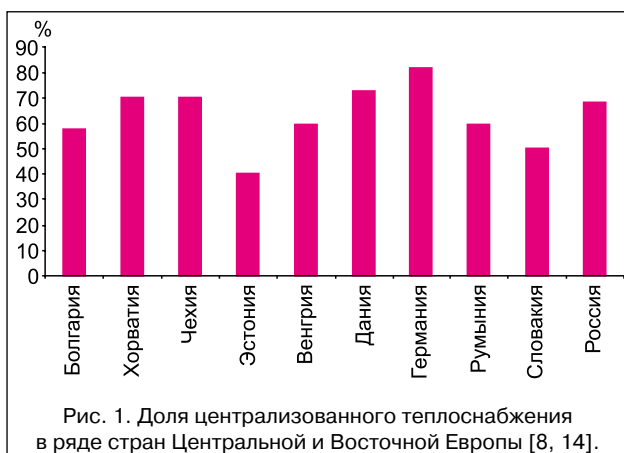
Отставание строительства тепловых сетей, не всегда своевременный ввод тепловых нагрузок промышленности и ЖКХ, завышение тепловых нагрузок потребителей, изменение состава и технологии предприятий приводило к недопустимо долгому (10-15 лет) сроку вывода турбин на проектные параметры с полной загрузкой отборов. Именно недостатки структурного развития систем теплоснабжения (нехватка пиковых агрегатов, неразвитость сетей, отставание ввода потребителей, завышение расчетных нагрузок потребителей и ориентация на строительство мощных ТЭЦ) обусловили существенное снижение расчетной эффективности теплофикационных систем.

В основе всеобъемлющего и массового кризиса систем жизнеобеспечения страны лежит комплекс причин, в числе которых не только удорожание топлива, износ основных фондов, но и существенное изменение расчетных условий эксплуатации, графика тепловых нагрузок, функционального состава оборудования. Кроме того, существенная доля промкомплекса и сопутствующих энергоисточников, а это не менее 30-35% суммарного энергопотребления, после распада СССР оказалась вне России. Значительное число мощных энергообъектов, линий электропередач, трубопроводов, энергомашиностроительных заводов находятся на территории соседних государств (Казахстана, Украины, Беларуси и др.). Соответствующие разрывы технологических связей и систем энерго-, топливоснабжения послужили дополнительным фактором ухудшения условий функционирования систем жизнеобеспечения [1].

Преобладание промышленной нагрузки ТЭЦ, превышающей отопительную нагрузку практически вдвое, во многом сглаживала сезонные пики коммунального теплопотребления городов. Резкое сокращение промышленного теплопотребления привело к переизбытку централизованных мощностей при возрастании роли именно пиковых источников и агрегатов. Проблема стоит острее именно в крупных городах с высокой долей промышленного энергопотребления, в небольших городах система легче выходит на расчетные параметры.

Зарубежный опыт

Большинство работ, активно пропагандирующих автономные системы отопления, считают своим долгом ссылаться на западный опыт, в котором практически нет места ТЭЦ и «гигантским расточительным теплотрассам». Фактический Европейский опыт свидетельствует об обратном. Так, в Дании, во многом под влиянием советской практики, основой жилищной инфраструктуры стало именно централизованное теплоснабжение. В результате реализации государственной программы, к середине 1990-х гг. доля систем ЦТ в этой стране составляла около 60% общего потребления тепла, а в крупных городах – до 90%. К системе централизованного теплоснабжения было подключено более тысячи когенерационных установок, обеспечивающих теплом и электроэнергией более 1 млн зданий и промышленных сооружений. При этом потребление энергоресурсов на 1 м² только за период 1973-1983 гг. сократилось в два раза [2]. Причины разительных отличий между Россией и Дани-



ей заключаются в первоначальных вложениях и возможностях эксплуатации теплосетей. Эффективность датского примера обусловлена введением новых материалов и технологий (пластиковые трубы, современное насосное и запорное оборудование и пр.), способствовавших видимому снижению потерь. В магистральных и распределительных трубопроводах Дании они составляют всего около 4%.

Использование систем ЦТ для теплообеспечения потребителей по отдельным странам Центральной, Восточной Европы показано на рис. 1.

К примеру, рационализация теплоснабжения Восточного Берлина основывалась на поэтапной замене, реконструкции магистралей, установке узлов учета и регулирования, применении более совершенных схемно-параметрических решений и оборудования. В зданиях до реконструкции наблюдались значительные «перетопы» и неравномерность при распределении тепловой энергии как в объеме зданий, так и между зданиями. Реконструкции были подвергнуты около 80% зданий, в 10% системы теплоснабжения полностью заменены, в процессе реконструкции внутренних и перехода от однотрубных систем в зданиях к двухтрубным, были пе-

ресчитаны площади отопительных приборов, рассчитаны расходы воды в системах отопления зданий, заказаны новые регулировочные вентили. Отопительные приборы были оснащены вентилями с термостатами, регулировочные клапаны установлены на стояках зданий.

Системы присоединения в целом заменены на независимые, произведен переход от ЦТП к ИТП, температура теплоносителя снижена до 110 °С. Расход воды в системе удалось снизить на 25%, снизились отклонения температур у потребителей. Циркуляционные сети отопления зданий использованы для нагрева воды в системе ГВС. В настоящее время нет лимитов по тепловым мощностям источников, есть ограничения только по пропускной способности трубопроводов [3].

Расходы горячей воды у жильцов составляли свыше 70-75 л/сутки, после переоборудования системы снизились до 50 л/сутки. Установка счетчиков воды дополнительно привела к снижению до 25-30 л/сутки. В целом совокупность мероприятий и схемных решений привела к снижению затрат на отопление зданий с величины 100 Вт/м² до 65-70 Вт/м². Законы в Германии предписывают нормативное снижение энергозатрат с величины 130 кВт·ч/м²·год в 1980 г. до 100 кВт·ч/м²·год в 1995 г., и до 70 кВт·ч/м²·год к 2003 г.

Отечественный опыт

Значительное число работ по установке и наладке систем учета энергоресурсов свидетельствует, что максимальные потери тепла наблюдаются не в сетях, о чем говорилось выше, а именно в зданиях. Во-первых, эти нестыковки обнаружались между договорными значениями и фактически полученным количеством тепла. И, во-вторых, между фактически полученным и необходимым количеством тепла зданию. Эти расхождения доходят до 30-35%! Безусловно, снижать потери тепла при транспортировке по тепловым сетям необходимо, хотя они существенно ниже [4].

Также необходимо отметить наличие «перетопов» в жилых зданиях, которые обусловлены разными факторами. Здания рассчитаны на одинаковые нагрузки, а на самом деле в одних потребляется больше тепла, в других меньше. Обычно люди мало жалуются на «перетопы». И, скорее всего, если в квартире установлен собственный котел, экономия тепла получается не такая уж и большая, поскольку человек, привыкнув к таким температурным условиям, будет давать столько тепла, сколько ему необходимо, чтобы обеспечить себе комфортные условия.

Фактические значения удельных энергозатрат зданиями в зависимости от термического сопротивления ограждений представлены на рис. 2. Верхняя линия тренда – по фактическим значениям удельных энергозатрат, нижняя – теоретичес-

кие балансовые затраты для зданий, при среднем нормативном значении для Москвы $q=0,15-0,21$ Гкал/м²·год. Нижняя линия тренда на рис. 2 – функциональные балансовые значения, необходимые для поддержания нормативных температур в зданиях. Эти значения (фактические и теоретические) близки в зоне недостаточных термических сопротивлений $R=0,25-0,3$ К·м²/Вт, т.к. в этом случае зданиям требуется значительное количество тепла. Одна из точек, близкая к нижнему тренду с $R=0,55$ К·м²/Вт принадлежит комплексу зданий в Мещанском районе ЦАО г. Москвы, в которых была осуществлена полная промывка системы отопления. Сравнение показывает, что ряд зданий города, будучи «освобожденными» от 15% «перетоков», вполне удовлетворяют современным Европейским требованиям по энергоэффективности [5].

Видно, что фактические значения энергопотребления для зданий с приемлемыми термическими сопротивлениями довольно сильно отклоняются от теоретической балансовой кривой. Степень отклонения фактических точек от идеальной нижней кривой характеризует неэффективные режимы работы, нерациональный перерасход энергии, а степень совпадения – относительную эффективность по сравнению с оптимальным базовым (балансовым) вариантом. В том числе по нижней базовой кривой целесообразно рассчитывать минимально необходимые лимиты теплоснабжения зданий и сооружений, исходя из фактических или прогнозируемых температур отопительного периода.

Выявленные «перетоки» значительного числа городских зданий ставят под сомнение некоторые сложившиеся в последнее время стереотипы, связанные с показателями энергетической эффективности коммунального хозяйства. Сравнительный анализ показывает, что ряд городских зданий потребляет тепла на отопление единицы площади в пересчете на климат Берлина даже меньше, чем это требуется по Европейским нормам 2003 г.

Конкретная реализация проектов поквартирного отопления

Начиная с 1999 г., Госстрой РФ (ныне Федеральное агентство по строительству и ЖКХ РФ – Росстрой) проводит эксперименты по строительству и эксплуатации многоэтажных домов с поквартирным отоплением. Такие жилые комплексы уже построены и успешно функционируют в Смоленске, Серпухове, Брянске, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Калининграде, Нижнем Новгороде. Самый большой опыт эксплуатации настенных котлов с закрытой камерой сгорания накоплен в Белгороде, где ведется квартальная застройка домов с применением систем поквартирного отопления. Есть положи-

тельный пример их эксплуатации и в северных районах – например, в г. Сыктывкаре.

Город Белгород был одним из первых городов России (в 2001-2002 гг.), в котором стали использовать поквартирное отопление в новых многоквартирных жилых зданиях. Это обуславливалось рядом причин, в том числе, как ранее всем казалось, большими тепловыми потерями в магистральных и разводящих тепловых сетях. А также достаточно активным строительством жилых многоэтажных зданий, что в первую очередь объяснялось притоком денег с Севера. В результате этого в ряде случаев некоторые здания были оборудованы системой индивидуального отопления помещений.

Для квартирного отопления использовались котлы как отечественных, так и зарубежных производителей. Несколько зданий с подобными системами было возведено достаточно быстро и без присоединения к тепловым сетям (в центре города, в Южной его части). Система автономного отопления в здании выглядит следующим образом. Котел располагается на кухне, от него дымовая труба пронизывает балкон (лоджию) и «врезается» в общую дымовую трубу, которая уходит наверх и от верхнего этажа поднимается на несколько метров.

Дымовая труба в этом случае в несколько раз ниже, чем у обычной квартальной котельной, естественно ожидать больших приземных концентраций выбрасываемых компонентов. В конкретных условиях необходимо сопоставлять еще и другие факторы (экономия топлива, снижение валового объема выбросов и пр.).

Безусловно, с точки зрения бытового комфорта, поквартирное отопление поначалу представляется более удобным. Например, котел включается при более низких наружных температурах, чем в случае использования системы ЦТ (ориентировочно при $t_{нв}=0 - -2$ °С), т.к. в квартире приемлемая температура. Котел включается автоматически при снижении температуры внутри помещения, на которую его настраивают жильцы. Также котел автоматически включается при появлении нагрузки на ГВС.

Практически первым важным фактором здесь является не поквартирная разводка, а именно термическое сопротивление здания (наличие больших лоджий, которые люди дополнительно утепляют). При отсутствии должного опыта эксплуатации пока трудно провести адекватное сравнение удельных затрат на отопление при поквартирной системе и в случае ЦТ, будем надеяться, такая возможность нам представится позднее.

При оценке финансовых затрат на систему поквартирного отопления в процессе активной эксплуатации не всегда учитывалась амортизация котлов, их полная стоимость (для жителей) и т.д.

Производить корректное сравнение возможно только при сопоставимых энергетических условиях. Если разобраться комплексно, то система поквартирного отопления получается не такой уж и дешевой. Понятно, что индивидуальный комфорт с возможностью такого распределенного регулирования всегда стоит дороже.

Что получили в процессе эксплуатации системы поквартирного отопления на примере г. Белгород

1. В жилых зданиях появились неотапливаемые зоны: подъезды; лестничные клетки. Известно, что для нормальной эксплуатации зданий необходимо обеспечивать отопление всех его помещений (всех зон). Почему-то на этапе проектирования жилых построек об этом не задумывались. И уже во время их эксплуатации начали придумывать всякие экзотические способы отопления нежилых зон, вплоть до электроотопления. После чего сразу возник вопрос: а кто будет платить за отопление нежилых зон (за электроотопление)? Начали думать как «разбрасывать» плату на всех жителей, и каким образом. Таким образом, у жителей появилась новая статья расходов (дополнительные затраты) на отопление нежилых зон, которую, конечно, никто не учитывал на стадии проектирования системы (как было сказано выше).

2. В г. Белгороде, как и в ряде других регионов, определенная доля жилья покупается населением впрок. Это в первую очередь касается жилья для «северян». Люди, как правило, оплачивают все предоставляемые им жилищные услуги, но в квартирах не живут или живут наездами (например, в теплое время года). По этой причине многие квартиры также явились холодными (неотапливаемыми) зонами, что привело к ухудшению теплового комфорта, так и к ряду других проблем (система рассчитана на общую циркуляцию). В первую очередь появилась проблема, связанная с невозможностью запустить котел в неотапливаемых квартирах ввиду отсутствия их хозяев, а компенсировать тепловые потери необходимо (за счет соседних помещений).

3. Если котел долгое время не работает, он требует определенного предварительного осмотра перед запуском. Как правило, обслуживанием котлов занимаются специализированные организации, а также газовые службы, но, несмотря на это, вопрос обслуживания индивидуальных источников тепла в городе до конца не решен.

4. Котлы, используемые в системе поквартирного отопления, являются оборудованием высокого уровня и, соответственно, требуют более серьезного обслуживания и подготовки (сервиса). Таким образом, требуется соответствующий энерго-сервис (не дешевый), а если у ТСЖ нет средств для проведения такого рода обслуживания?

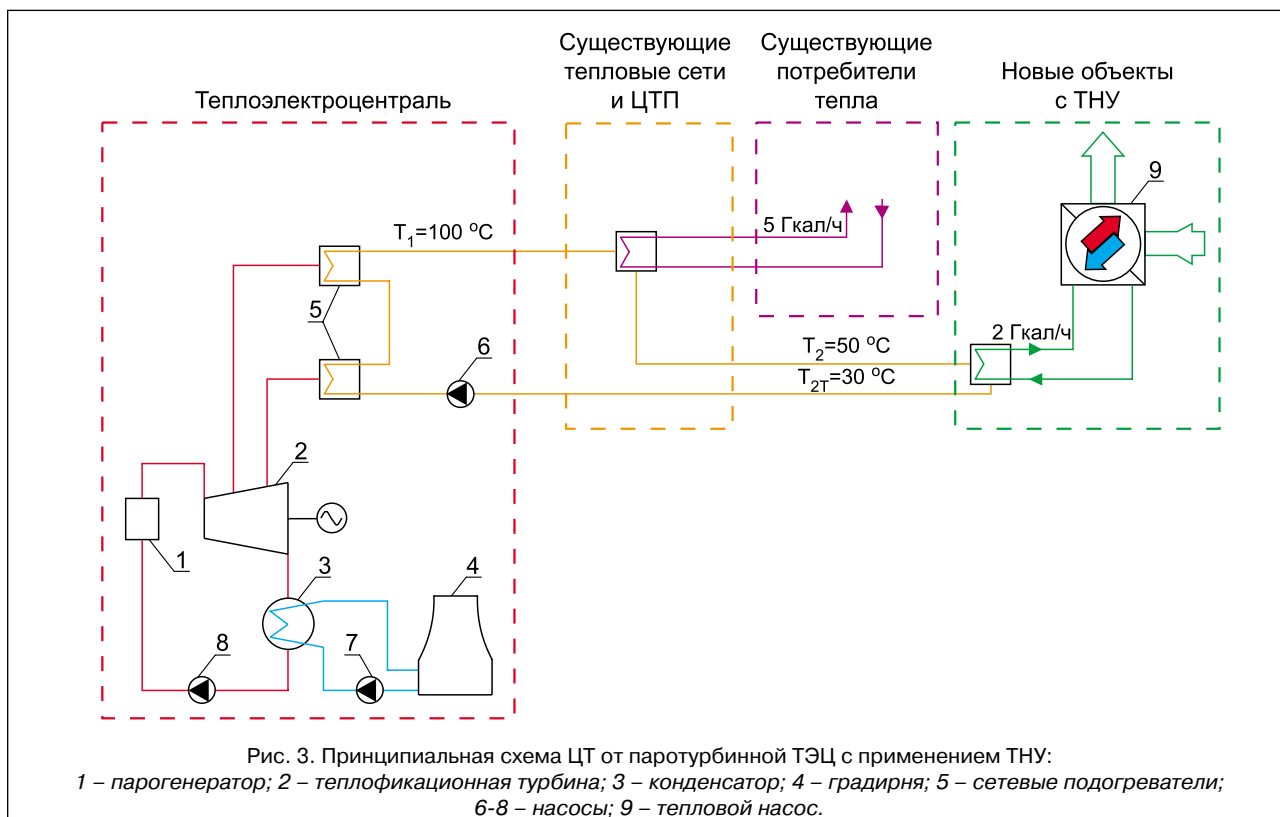
Распределенное регулирование теплопотребления

Как крышные котельные, так и поквартирные системы наиболее эффективны только при возможности использования в качестве топлива природного газа. Резервного топлива для них, как правило, нет. Поэтому возможность ограничения поставок или повышения стоимости газа настоятельно требуют поиска на перспективу новых решений. В электроэнергетике для этого вводятся мощности на угольных, атомных и гидроэлектростациях, более активно используется местное топливо, отходы, есть перспективные решения по использованию биомассы. Но решить вопросы теплоснабжения за счет электрогенерации на ближайшую перспективу экономически нереально. Эффективнее применение теплонасосных установок (ТНУ), в этом случае расход электроэнергии составляет только 20-30% от общей потребности в тепле, остальное получают преобразованием тепла низкого потенциала (рек, грунта, воздуха). На сегодняшний день тепловые насосы широко применяются во всем мире, количество работающих в США, Японии и Европе установок исчисляется миллионами. В США и Японии наибольшее применение получили ТНУ класса «воздух – воздух» для отопления и летнего кондиционирования воздуха. Однако для сурового климата и городской застройки с высокой плотностью тепловой нагрузки получить нужное количество низкопотенциального тепла в период пиковых нагрузок (при низких температурах наружного воздуха) затруднительно, в реализованных проектах крупные ТНУ используют тепло морской воды. Наиболее мощная теплонасосная станция (320 МВт) работает в Стокгольме.

Для городов России с крупными теплофикационными системами наиболее актуален вопрос эффективного применения ТНУ как дополнения к существующим системам централизованного теплоснабжения.

На рис. 3, 4 показана принципиальная схема ЦТ от паротурбинной ТЭЦ и типовой температурный график сетевой воды. Для существующего микрорайона при подаче на ЦТП сетевой воды 100 т/ч с температурами 100/50 °С потребители получают свои 5 Гкал/ч тепла. Новый объект может получить из той же сетевой воды еще 2 Гкал/ч тепла, при охлаждении с 50 до 30 °С, что не изменяет расхода сетевой воды и затрат на ее перекачку, и обеспечивается без перекачки теми же тепловыми сетями. Важно то, что в соответствии с температурным графиком обратной сетевой воды есть возможность получения дополнительного количества тепла именно при низких температурах наружного воздуха.

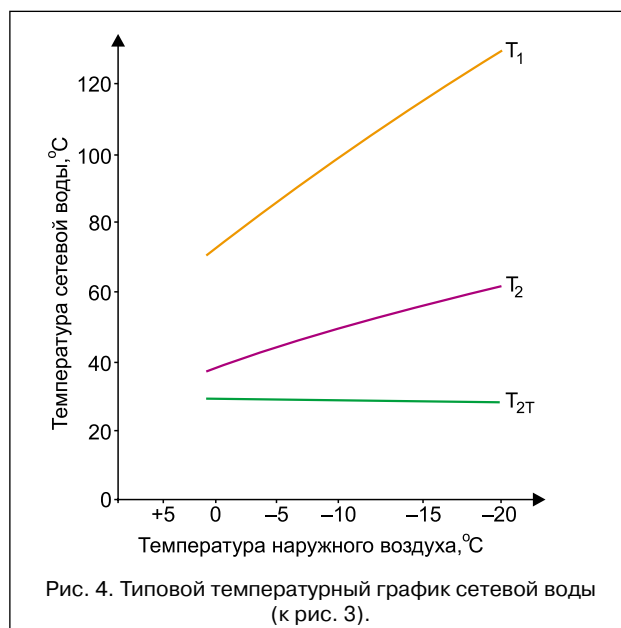
На первый взгляд, применение ТНУ, используемой в качестве источника тепла об-



ратную сетевую воду, при учете полной стоимости тепла неэкономично. Например, эксплуатационные затраты на получение «нового» тепла (при тарифе ОАО «Мосэнерго» по постановлению РЭК г. Москвы от 11.12.2006 г. № 51 на тепло 554 руб./Гкал и на электроэнергию 1120 руб./МВт·ч) составят 704 руб./Гкал ($554 \times 0,8 + 1120 \times 0,2 \times 1,163 = 704$), т.е. на 27% выше собственно тарифа на тепло. Но если новая система позволяет (такая возможность есть, что является предметом последующего рассмотрения) сократить теплотребление на 25-40%, то такое решение становится экономически равноценным по текущим эксплуатационным расходам.

Заметим также, что в структуре тарифа для ОАО «Мосэнерго» тариф на производство тепла составляет только 304 руб./Гкал, а 245 руб./Гкал – это тариф на транспорт тепла (сбытовая надбавка – 5 руб./Гкал). Но передача дополнительного низкопотенциального тепла не увеличила затрат на его транспорт! Если исключить, что вполне обоснованно, для ТНУ транспортную составляющую, то получаем эксплуатационную составляющую стоимости «нового» тепла от ТНУ уже только 508 руб./Гкал.

Более того, в перспективе реально введение разных тарифов на тепло от ТЭЦ – в зависимости от потенциала – ведь снижение температуры обратной сетевой воды и дополнительный отпуск тепла обеспечивают на ТЭЦ выработку электроэнергии наиболее эффективным комбинированным теплофикационным способом, меньший



сброс тепла в градирнях и повышает пропускную способность тепломагистралей. Так, в работах А.Б. Богданова [6] приведена характеристика относительного прироста топлива на отпуск тепла от паровой турбины Т-185/215 Омской ТЭЦ-5 и показано, что прирост условного расхода топлива на прирост тепловой нагрузки составляет 30-50 кг/Гкал в зависимости от температуры сетевой воды и от электрической загрузки турбины, что подтверждается путем прямых измерений. Т.о. при неизменной электрической нагрузке дополнительный расход топлива на ТЭЦ для отпуска тепла в 3-5 раз ниже, чем от водогрейных котлов.

Наиболее эффективно применение в климатических системах применение ТНУ «вода – воздух», т.е. не нагрев воды для системы отопления, а получение воздуха требуемых параметров – это реальная возможность создания комфортных условий даже при нестабильной работе теплосети, где не выдерживаются температурные и гидравлические режимы, используя количество тепла от источника и переводя его в качество теплоснабжения. Одновременно такая система решает вопрос охлаждения воздуха в летнее время, что особенно актуально для современных офисных и культурно-бытовых центров, элитных жилых комплексов, гостиниц, где вполне естественное требование – кондиционирование воздуха – зачастую крайне неэффективно обеспечивается стихийным оснащением помещений сплит-системами с внешними блоками на фасаде здания. Для объектов с необходимостью одновременно нагревать и охлаждать воздух используется кольцевая система нагрева и кондиционирования воздуха – решение, в России известное по 15-летнему опыту эксплуатации гостиницы «Ирис Конгресс Отель» в Москве [7], в настоящее время такие решения реализуются и на других объектах. В основе кольцевой системы – циркуляционный контур с температурой воды на уровне 20-30 °С; у потребителей установлены тепловые насосы «вода – воздух», которые охлаждают воздух в помещении и перекачивают его тепло в общий водяной контур или из общего (водяного) контура перекачивают тепло в помещение, подогревая воздух. Температура воды в водяном контуре поддерживается в определенном диапазоне известными методами – это отвод избыточного тепла летом с помощью градирни, подогрев воды зимой сетевой водой. Расчетная мощность как градирни, так и теплоисточника при этом существенно меньше, чем требовалось бы при традиционных системах кондиционирования и теплоснабжения, а строительство зданий, оснащенных такими системами, меньше зависит от возможностей системы транспорта тепла.

Вместо заключения

На сегодняшний день можно сделать однозначный вывод – той эйфории, которая была на начальном этапе внедрения систем поквартирного отопления в многоквартирных жилых зданиях, сейчас уже нет. Системы поквартирного отопления устанавливались потому, что темпы строительства были достаточно интенсивными, и имелась возможность внедрения новых проектов подобного рода (хотя, возможно, не всегда обдуманно). Сейчас полного отказа от этих систем не произошло, идет понимание плюсов и минусов как автономных устройств, так и систем ЦТ.

Необходимо максимально использовать имеющиеся возможности теплофикационных

систем крупных городов, развивать их, включая меры государственного регулирования для обеспечения коммерческой эффективности теплофикации.

Дисбалансы энергопотребления в рамках мегаполиса вполне можно прогнозировать и нейтрализовывать при комплексном территориальном подходе к городскому хозяйству как единому механизму жизнеобеспечения, если не видеть в нем только отраслевые структуры и интересы, и не выделять и приватизировать частные обособленные участки для извлечения прибыли, без поддержания состояния полной работоспособности и надлежащей технологической модернизации. Очевидно, что никакие частные решения автономного энергообеспечения не спасут ситуацию. Необходимо повышение устойчивости энергетических инфраструктур с помощью разнообразных энерготехнологических агрегатов и систем. Взаимувязка и согласование режимов выработки и потребления энергоресурсов никак не подразумевает отказа от единых городских систем жизнеобеспечения, наоборот, они стыкуются с возможными автономными агрегатами таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность энергоиспользования, надежность и экологическую безопасность.

Литература

1. Гашо Е.Г. Особенности и противоречия функционирования систем теплоснабжения и пути их рационализации // *Новости теплоснабжения*. 2003. № 10. С. 8-12.
2. Скоробогаткина М. Центральное и автономное отопление // *Коммунальный комплекс России*. 2006. № 9.
3. Москва – Берлин // *Энергоназор и энергоэффективность*. 2003. № 3.
4. Байдаков С.Л., Гашо Е.Г., Анохин С.М. *ЖКХ России*, www.rosteplo.ru.
5. Клименко А.В., Гашо Е.Г. Проблемы повышения эффективности коммунальной энергетики на примере объектов ЖКХ ЦАО г. Москвы // *Теплоэнергетика*. 2004. № 6.
6. Богданов А.Б. Котельнизация России – беда национального масштаба (ч. 1-3), www.rosteplo.ru.
7. Шабанов В.И. Кольцевая система кондиционирования воздуха в гостинице // *АВОК*. 2004. № 7.
8. Автономов А.Б. Положение в области систем централизованного теплоснабжения в странах Центральной и Восточной Европы // *Электрические станции*. 2004. № 7.
9. Гагарин В.Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях «рыночной экономики» // *Новости теплоснабжения*. 2002. № 1. С. 3-12.
10. Reich D., Тутунджян А.К., Козлов С.А. Теплонасосные климатические системы – реальное энергосбережение и комфорт // *Энергосбережение*. 2005. № 5.
11. Кузнецова Ж.Р. Проблемы теплоснабжения и подходы к их решению на региональном уровне (на примере Чувашской Республики) // *Новости теплоснабжения*. 2002. № 8. С. 6-12.
12. Лапин Ю.Н., Сидорин А.М. Климат и энергоэффективное жилище // *Архитектура и строительство России*. 2002. № 1.
13. Реформа муниципальной энергетики – проблемы и пути решения / Под ред. В.А. Козлова. – М., 2005.
14. Пузаков В.С. О комбинированной выработке тепла и электроэнергии в странах Европейского союза // *Новости теплоснабжения*. 2006. № 6. С. 18-26.