

Об эффективности систем теплоснабжения в современных условиях

П.А.ЩИННИКОВ, доктор технических наук. E-mail: Shchinnikov@corp.nstu.ru
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск

Аннотация. Современное состояние систем теплоснабжения в крупных российских городах характеризуется сочетанием централизованной и распределенной генерации, которые развивались в разное время и независимо друг от друга. Их соперничество за потребителей приводит к снижению эффективности работы ТЭЦ и системы теплоснабжения в целом. Фактически в территориях формируются системы теплоснабжения, которые работают в неэффективных режимах с повышенными расходами топлива и экологической нагрузкой на среду. Автор рассматривает механизмы, которые могут стать базой или ее частью для создания регулятора отношений между вовлеченными в процесс теплоснабжения хозяйствующими субъектами с целью повышения общей эффективности энергосистемы. Первый из них (основанный на зонировании температурного графика) обеспечивает повышение эффективности и конкурентоспособности генерации теплоты на ТЭЦ, второй (основанный на определении эффективного радиуса теплоснабжения при учете показателя стоимости продукции) позволяет определить выгодные зоны размещения распределенной генерации. Показано, что при использовании загрузки энергоблоков ТЭЦ с учетом зонирования температурного графика годовой расход топлива может быть снижен приблизительно на 10%. С другой стороны, потеря 25% потребителей для ТЭЦ может обернуться 1,5-кратным увеличением стоимости теплоты для обеспечения централизованной инфраструктуры теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение; теплофикация; распределенная генерация; централизованное теплоснабжение; регулирование; комбинированная выработка энергии; зонирование температурного графика; эффективный радиус теплоснабжения

Обзор исследований в области развития современных систем теплоснабжения

Теплофикация – одна из определяющих отраслей жизнеобеспечения и развития страны. Исторически в России преимущественное распространение получили централизованные системы теплоснабжения (в 2002 г. они обслуживали 75% всех потребителей тепла)¹. Центральные источники тепла в виде

¹ Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу. URL: https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=27 (дата обращения: 19.02.2020).

теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) за счет комбинированной выработки электроэнергии и теплоты обеспечивали экономичность и эффективность всей системы. При этом ТЭЦ, как правило, проектировались в расчете на максимальную тепловую нагрузку с перспективой ее дальнейшего роста. Сегодня у большинства ТЭЦ нет не только перспективной тепловой нагрузки. За годы реформ они потеряли значительную долю производственных потребителей, что привело к снижению их эффективности и росту стоимости тепла для населения (на него перераспределались условно-постоянные затраты по производству теплоэнергии). Вместе с тем в последние десятилетия активно развиваются так называемые распределенные (местные, локальные, децентрализованные) системы теплоснабжения. Этот стихийный процесс, продолжающийся и в настоящее время, основан на желании собственников обособиться от монопольного диктата ТЭЦ. Централизованные и распределенные системы сосуществуют вне строгих количественных оценок их сочетания. Это приводит к избытку установленных мощностей, неэффективной загрузке оборудования, выходу на нерасчетные режимы работы, расхождению балансов энергии и мощности, повышенному расходу топлива, другим проблемам. Во всех случаях в конечном итоге страдает потребитель.

Такого масштаба централизации теплоснабжения, как в России, нет нигде в мире, поэтому в мировой практике не существует готовых решений, пригодных для нашей страны. Развитие теплоснабжающих систем за рубежом опирается на их многообразие и частную форму собственности, что позволяет использовать при тарифном регулировании экономический инструментарий в виде субсидирования тех или иных источников генерации (собственников), с учетом создания новых рабочих мест и увеличения налогооблагаемой базы. Опыт разрешения характерных для зарубежной энергетики проблем в нашей стране практически не может быть применен. Современная мировая практика развития систем теплоснабжения, при понимании выгоды комбинированной выработки и централизации [Mattia De Rosa et al., 2018; Abdur Rehman Mazhar et al., 2018], лежит в области экономических отношений [Mattia De Rosa et al., 2018; Hailong Li et al., 2015] и часто связана с изменением налоговой и/или тарифной базы на производимую продукцию при обеспечении

технических и экологических ограничений [Abdur Rehman Mazhar et al., 2018; Analysis..., 2016; Satu Paiho and other, 2018]. В странах постсоветского пространства, например, в Молдове, Беларуси и Украине, где так же, как и в России, исторически сложились централизованные системы теплоснабжения, главную проблему видят в старении трубопроводной инфраструктуры. Отмечаются 70%-й износ теплосетей и необходимость поиска инвесторов для замены и восстановительного ремонта [Леу, Черней, 2019; Пантелей, 2018]. Решений, позволяющих выйти из сложной ситуации, пока не найдено.

Теоретическая база по формированию систем теплоснабжения в современных условиях проработана и широко описана (см. работы А.И. Андриющенко, А.Ф. Редько, П.В. Ротова, М.Е. Орлова, В.И. Шарапова, М.С. Басса, И.В. Бородихина, Л.А. Огуречникова, М.Л. Шита, А.А. Францевой, Ю.Е. Николаева и др.). Системы, сочетающие в себе централизованный и распределенный (децентрализованный, удаленный и пр.) источник, в литературе получили название комбинированных систем теплоснабжения. Такие системы имеют ряд преимуществ [Андриющенко и др., 2008; Шарапов и др., 2014; Бородихин, 2005], есть возможность повышения эффективности тех или иных параметров этих систем [Басс и др., 2012; Францева, 2015; Огуречников, 2013], вместе с тем комплексные исследования по взаимодействию централизованных и распределенных источников теплоты в реальных условиях эксплуатации отсутствуют. Это можно объяснить тем, что фактически существуют две, часто независимые друг от друга, системы (централизованная и распределенная), собственники которых конкурируют друг с другом, преследуют разные цели и не заинтересованы во взаимодействии. В то же время исследования, направленные на повышение эффективности теплоснабжения в целом, чаще всего связаны с моделированием гидравлических режимов сложных и разветвленных сетей или применением специальных технических средств, с целью повышения надежности и эффективности за счет снижения аварийности и минимизации затрат на ремонт и замену.

Анализ научно-технической литературы показывает, что в наиболее представительном отечественном журнале «Теплоэнергетика» за последние 10 лет проблемам теплоснабжения посвящено всего 30 статей (около 2% от общего объема, из которых более половины написаны представителями Института систем

энергетики им. Л. А. Мелентьева (ИСЭМ СО РАН, Иркутск), для сравнения: энергетическим установкам и агрегатам посвящено более 50% публикаций). Расширение списка и учет других ведущих энергетических журналов России и стран СНГ («Известия РАН. Энергетика», «Известия вузов. Проблемы энергетики», «Проблемы региональной энергетики» (Молдова), «Энергетика. Известия вузов и энергетических объединений СНГ» (Беларусь), «Промышленная энергетика») ничего по существу не меняет – те же 2% статей, посвященные проблемам теплоснабжения, из которых более половины (51%) принадлежат иркутским ученым. В целом эти исследования носят частный и разрозненный характер, не имеют комплексности и не позволяют выделить существо проблем современного теплоснабжения. Единственной организацией в России, в которой системно занимаются проблемами отрасли, является ИСЭМ СО РАН [Токарев, Шалагинова, 2016; Шалагинова, 2014; Новицкий и др., 2018; Стенников и др., 2017; Пеньковский и др., 2017; Гребнева, Новицкий, 2014]. Здесь на основе многоуровневого моделирования тепловых сетей определяют параметры функционирования для систем с ограниченным числом источников рассчитывают варианты загрузок, системно изучают вопросы надежности теплоснабжения. Однако, на взгляд автора, и в этих работах недостаточно внимания уделено комбинированию генерирующих источников при теплоснабжении и не формулируются задачи схемно-параметрической и/или режимной оптимизации энергоблоков в изменившихся условиях, как и задачи оптимизации централизованной и распределенной генерации, в том числе с учетом резервирования тепловой мощности за счет распределенных источников.

Следует отметить, что работа различных семинаров и круглых столов, посвященных проблемам теплоснабжения, с широким представительством науки, бизнеса и власти, показывает, что задача формирования регулятора отношений между участниками рынка теплоэнергии, в основе которого должны лежать строгие и взаимовыгодные принципы взаимодействия, относится к числу наиболее актуальных. По сравнению с ней даже такие значимые проблемы, как повышение надежности, финансирование и проведение ремонтов, тарификация, отходят на второй план. Подобный регулятор может (а, возможно, должен) опираться на положения, в основе которых лежат строгие причинно-следственные связи

в системе генерация – тепловые сети – потребитель, которые, в свою очередь, базируются на физических законах производства, регулирования, передачи и потребления теплоты. Во всех случаях решения могут быть получены лишь на основе моделирования с применением непростого математического инструментария. Основная сложность заключается в многообразии технических систем, хозяйствующих субъектов и разнонаправленности их интересов. В целом задача взаимодействия разных хозяйствующих субъектов переводится в плоскость технических решений для повышения эффективности систем теплоснабжения. Такая постановка позволяет искать наилучшие решения для любого участника рынка – генератора теплоты (централизованного или распределенного), поставщика, потребителя. При наличии строгих технических оценок выгоды/невыгоды принимаемых решений с учетом обеспечения экономических интересов всех сторон могут быть обоснованы регулирующие управленческие механизмы, к которым применим термин «справедливый».

Далее предлагаются два механизма (модели), реализующие «техническую» постановку задачи в условиях развития систем теплоснабжения за счет включения распределенной генерации и потери централизованными источниками части потребителей, что для них выражается разукрупнением графика тепловых нагрузок. Полученные результаты могут быть использованы для формирования основных принципов регулирования отношений в развивающихся системах теплоснабжения с учетом их децентрализации.

Повышение эффективности централизованной генерации при потере тепловой нагрузки

В рассматриваемой модели считается, что децентрализованные источники теплоты реализованы и получили часть нагрузки, ранее обеспечиваемой ТЭЦ. При этом полагают, что данные источники обеспечивают потребителя теплотой в полном объеме во всем диапазоне нагрузок и с учетом климатических особенностей территории, которые характеризуются температурным графиком отпуска теплоты. При таком подходе интересы собственников распределенной генерации учтены фактическими нагрузками для нее. В то же время ТЭЦ, потерявшая часть нагрузки, оказывается в невыгодных условиях работы. Модель ориентирована на повышение эффективности подобной ТЭЦ.

Важной особенностью модели является необходимое для установления строгих физико-технических принципов взаимодействия разных систем отпуска теплоты звено, в качестве которого предлагается использовать температурный график, зонированный по принципу регулирования отпуска теплоты (такой подход был впервые предложен в работах ульяновской школы энергетиков [Ротов, 2015; Ротов и др., 2014]). В рамках моделирования разрабатываются 1) метод определения эквивалентной расчетной температуры для теплофикационных энергоблоков в условиях зонирования и 2) метод определения тепловых нагрузок, так как в этом случае известное выражение Россандера (нагрузка определяется по среднегодовой температуре отопительного сезона) не отражает физическую суть процесса регулирования. В итоге для каждой зоны температурного графика находятся оптимальные решения, обеспечивающие наилучшие сочетания параметров теплофикационного энергоблока, его режимных характеристик при работе в теплофикационной сети разного состава.

Централизованная генерация обеспечивает отпуск теплоты в соответствии с температурным графиком, который связывает температуры в прямой/обратной магистралях и окружающей среды (рис. 1).

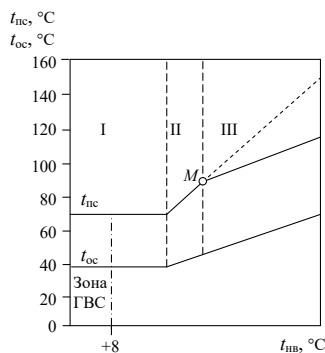


Рис. 1. Зонированный отопительно-бытовой температурный график 150/70 °С:

$t_{пс}$, $t_{ос}$, $t_{нв}$ – температура прямой, обратной сетевой воды и наружного воздуха соответственно;

M – точка максимальной нагрузки теплофикационного отбора турбины;

ГВС – зона обеспечения горячего водоснабжения;

+8 – температура начала отопительного сезона.

На графике выделяются три ярко выраженные зоны (периода), которые характеризуют разные способы регулирования.

Период I отвечает за режим горячего теплоснабжения и начало отопительного сезона и характеризуется количественным способом регулирования, когда увеличение количества отпускаемой тепловой энергии обеспечивается наращиванием расхода при неизменной температуре прямой сетевой воды ($t_{пс}$).

Период II является переходным от количественного регулирования к качественному, но одновременно он характеризует работу ТЭЦ в наиболее эффективном режиме, так как отопительная нагрузка уже подключена, а коэффициент теплофикации равен единице ($\alpha_{ТЭЦ}=1$). В этом смысле зону II графика можно считать базовой. Для регулирования отпуска теплоты в этой зоне применяется качественно-количественный способ, когда задействованы и расход сетевой воды, и температура отборного пара.

Период III начинается в точке максимальной теплофикационной нагрузки (точка M), обеспечивает отопительную нагрузку и характеризуется качественным регулированием, при котором рост количества отпускаемой теплоэнергии обеспечивается увеличением температуры (за счет увеличения давления в регулируемом отборе турбины). Одновременно с началом периода III вступает в работу пиковый водогрейный котел (ПВК) в стандартных схемах теплоснабжения ТЭЦ-ПВК-МТ-П (здесь МТ – магистральная теплосеть; П – потребитель теплоты). Коэффициент теплофикации становится меньше единицы ($\alpha_{ТЭЦ}<1$).

Для комбинированной системы отпуска теплоты задача выгодного сочетания всех ее элементов может быть представлена как минимизация суммарного расхода топлива (B). Этот показатель может служить критерием оптимизации сочетания установок разного типа, работающих в комбинированной системе теплоснабжения. Частным случаем является задача оптимизации параметров энергоблоков ТЭЦ в условиях разукрупнения и зонирования температурного графика [Щинников, Синельников, 2017]. Важно отметить, что при оптимизации параметров теплофикационных энергоблоков в каждой зоне температурного графика наблюдается экономия топлива для всех типов энергоблоков, которая может составить от 3 до 30% в зависимости от типа энергоблока, его мощности и зоны температурного графика (рис. 2).

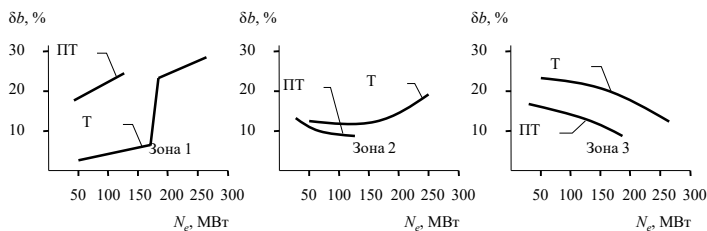


Рис. 2. Относительная экономия удельного расхода топлива (δb) на отпущенную продукцию при оптимизации параметров теплофикационных энергоблоков в условиях зонирования температурного графика в зависимости от единичной мощности энергоблока (N_c):
 Т – теплофикационный энергоблок;
 ПТ – энергоблок с производственным отбором пара.

Можно видеть, что в зоне количественного регулирования блоки типа ПТ позволяют экономить больше топлива, чем блоки типа Т, в зоне качественного регулирования, наоборот, – блоки Т предпочтительнее, по сравнению с ПТ, а в зоне смешанного регулирования оба типа энергоблоков равноценны.

Годовой расход топлива (в соответствии с выражением 2) может быть снижен в условиях зонирования температурного графика приблизительно на 10% (рис. 3).

V , тыс. т.ул./год

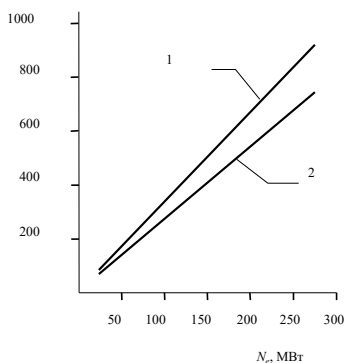


Рис. 3. Расход топлива теплофикационными энергоблоками в условиях расчета по стандартному температурному графику (линия 1) и при его зонировании (линия 2)

Эффективный радиус теплоснабжения от ТЭЦ при работе в условиях децентрализации

С использованием подходов, описанных в работах Е. П. Шубина, И. Г. Ахметовой [Шубин, 1957; Ахметова, 2017], предлагается определять эффективный радиус теплоснабжения от ТЭЦ ($R_{эф}$) с учетом оборота тепловой энергии (в терминологии Е. П. Шубина), который включает факторы протяженности тепловых сетей и нагрузки потребителя.

Для модели ТЭЦ с теплофикационной нагрузкой $Q_2=1000$ Гкал/ч (~1163 МВт) при 25 потребителях, расположенных на удалении 0,2...21 км, эффективный радиус теплоснабжения ($R_{эф}$) составит 7,39 км (рис. 4).

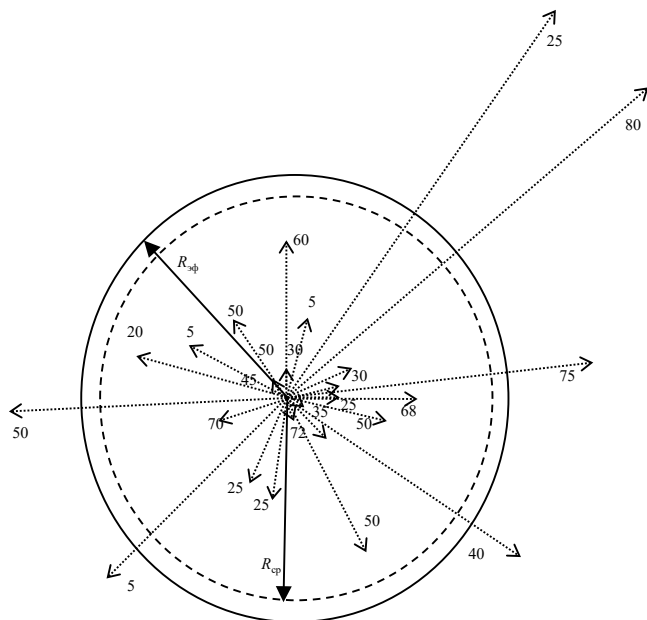


Рис. 4. Пример расчетной модели теплоснабжения:
 $R_{эф}$ – эффективный радиус теплоснабжения;
 $R_{ср}$ – среднearифметический радиус;
 цифрами показаны тепловые нагрузки, МВт

Примечательно, что среднearифметический (не зависящий от нагрузки i -го потребителя) радиус равен 6,94 км.

При потере ТЭЦ потребителя эффективный радиус теплоснабжения снижается (рис. 5). Можно видеть, что в том случае, когда децентрализованные установки «отбирают» у ТЭЦ потребителей, находящихся внутри эффективного радиуса, то собственно $R_{эф}$ снижается на 3–20%. При замещении источников генерации у «далеких» потребителей эффективный радиус теплоснабжения снижается кратно.

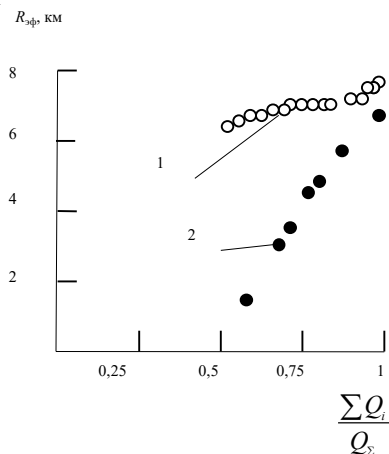


Рис. 5. Зависимость эффективного радиуса теплоснабжения ($R_{эф}$) для ТЭЦ при потере нагрузки, лежащей внутри (зависимость 1) и вне него (зависимость 2)

Полагая, что суммарная тепловая нагрузка может обеспечиваться разными источниками теплоты (как ТЭЦ, так и децентрализованными установками, в том числе независимыми котельными), равная эффективность централизованной и комбинированной систем теплоснабжения (с точки зрения потребителя) будет обеспечена равенством произведений соответствующих нагрузок и тарифов на теплоту.

С учетом эффективного радиуса теплоснабжения и при условии равенства тарифа на теплоту от ТЭЦ и децентрализованной установки можно получить условия увеличения стоимости отпусковой тепловой энергии от ТЭЦ при потере ею потребителя в условиях развивающихся децентрализованных систем теплоснабжения [Ахметова, Щинников, 2019]. Проведенные расчеты

показывают изменение стоимости теплоты, отпускаемой от ТЭЦ при потере теплофикационной нагрузки (рис. 6).

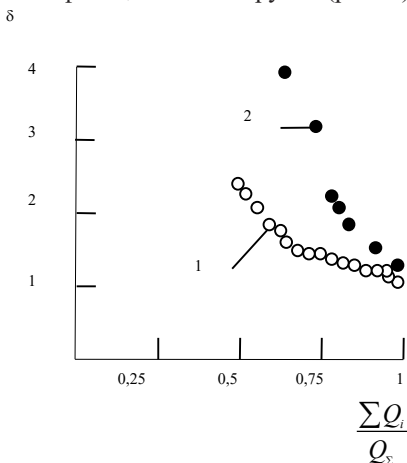


Рис. 6. Зависимость увеличения стоимости теплоты (δ) от потери теплофикационной нагрузки для обеспечения работы инфраструктуры системы централизованного теплоснабжения, лежащей внутри (1) и вне его (2).

Можно видеть, что стоимость теплоты от ТЭЦ для поддержания инфраструктуры централизованной системы теплоснабжения, в случае потери ею от 25 до 40% потребителей, возрастет в 1,5–4 раза. При этом наиболее высокое увеличение стоимости теплоты произойдет у «дальних» для ТЭЦ потребителей. Таким образом, с точки зрения потребителя зона наиболее эффективного применения децентрализованных систем теплоснабжения находится в непосредственной близости к ТЭЦ.

Следует отметить, что представленные в разделе результаты раскрывают лишь одну особенность процесса децентрализации, здесь не учитываются сложность и разветвленность тепловых сетей и наличие перемычек, надежность и резервирование тепловой мощности, тарификация теплоты и тарифные зоны и некоторые другие аспекты. В этом смысле подход требует развития. Вместе с тем очевидно, что разработка методического инструментария на основе строгих физических принципов с сохранением причинно-следственных связей позволяет обеспечить развитие

экономического «взгляда» на сложную проблему взаимодействия различных систем теплоснабжения.

Заключение

Развитие современных систем теплоснабжения в России связано с децентрализацией и потерей потребителей централизованными источниками. Централизованные и распределенные системы существуют вне строгих количественных оценок их сочетания. Это приводит к избытку установленных мощностей, неэффективной загрузке оборудования, выходу на нерасчетные режимы работы, расхождению балансов энергии и мощности, повышенному расходу топлива, другим проблемам. Во всех случаях в конечном итоге страдает потребитель.

Российские проблемы теплоснабжения связаны с историческим развитием страны и не имеют аналогов в мире. Лишь для стран постсоветского пространства характерны те же процессы, но удовлетворительных решений там не найдено. В отечественной научной литературе не уделяется достаточного внимания развитию систем теплоснабжения, имеющиеся исследования разнородны и не отражают всей глубины происходящих процессов. Единственная организация в России, комплексно занимающаяся исследованием проблем теплоснабжения, – это ИСЭМ СО РАН, однако охватить все их многообразие одному коллективу не под силу.

По мнению автора, задача формирования «справедливого» и эффективного регулятора отношений между участниками процесса теплоснабжения по своей актуальности намного превосходит, несомненно, значимые задачи повышения надежности, финансирования и проведения ремонтов, тарификации теплоснабжающих систем.

Для повышения эффективности систем теплоснабжения в современных условиях хозяйствования предложены механизмы (на основе строгих физико-технических соотношений и закономерностей), которые могут являться базой или ее частью для создания «справедливого» регулятора. При этом один из предложенных механизмов, на основе зонирования температурного графика, обеспечивает повышение эффективности и конкурентоспособности генерации теплоты на ТЭЦ, а другой, на основе определения эффективного радиуса теплоснабжения при учете

показателя стоимости продукции, позволяет определить эффективные зоны размещения распределенной генерации.

Литература

Андрющенко А.И., Николаев Ю.Е., Сизов С.В. Повышение эффективности систем теплофикации при совместной работе районных ТЭЦ, котельных и малых ТЭЦ // Промышленная энергетика. 2008. № 10. С. 19–22.

Ахметова И.Г. Система комплексной оценки и повышения эффективности централизованного теплоснабжения ЖКХ и промышленных предприятий. Дисс. на соискание степени доктора технических наук. Казань, 2017. 374 с.

Ахметова И.Г., Щинников П.А. Эффективный радиус теплоснабжения от ТЭЦ при работе в условиях децентрализации / Энергетика и теплотехника // Сб. науч. трудов. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. Вып. 22. С. 126–131.

Басс М.С., Батухтин А.Г., Батухтин С.Г. Методика оптимизации состава оборудования в комбинированных системах теплоснабжения // Промышленная энергетика. 2012. № 10. С. 49–52.

Бородихин И.В. и др. Эффективность комбинированных систем теплоснабжения. Программа энергоэффективности и энергобезопасности Новосибирской области на период до 2020 года // Сборник обосновывающих материалов. Новосибирск, 2005. С. 201–206.

Гребнева О.А., Новицкий Н.Н. Оптимизация состава измерений для идентификации трубопроводных систем // Теплоэнергетика. 2014. № 9.

Леу В., Черней М. Централизованные системы теплоснабжения в республике Молдова, реальность и перспективы // Проблемы региональной энергетики. 2019. № S1–3(42). С. 46–52.

Новицкий Н.Н., Шалагинова З.И., Токарев В.В., Гребнева О.А. Технология разработки эксплуатационных режимов крупных систем теплоснабжения на базе методов многоуровневого теплогидравлического моделирования // Известия РАН. Энергетика. 2018. № 1.

Огуречников Л.А. Энергосбережение в зоне децентрализованного теплоснабжения // Промышленная энергетика. 2013. № 6. С. 8–11.

Пантелей Н.В. Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей // Энергетика. Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. 2018. Т. 61. № 2. С. 179–188.

Пеньковский А.В. и др. Поиск равновесия Курно на рынке тепловой энергии в условиях конкурентного поведения источников тепла. Проблемы управления. 2017. № 1. С. 10–18.

Ротов П.В. Совершенствование систем централизованного теплоснабжения, подключенных к ТЭЦ, путем разработки энергоэффективных технологий обеспечения нагрузок отопления и горячего водоснабжения. Дисс. на соискание степени д.т.н., Иваново: ИГЭУ, 2015. URL: <http://ispu.ru/node/14077>

Ротов П.В., Орлов М.Е., Шаранов В.И. О температурном графике центрального регулирования систем теплоснабжения / Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2014. № 5–6. С. 3–12.

Стенников В. А. и др. Применение многоуровневого моделирования при определении оптимальных параметров теплоснабжающих систем // Теплоэнергетика. 2017. № 7. С. 64–72.

Стенников В. А. Проблемы энергоснабжения и энергоэффективности малонаселенных территорий // Промышленная энергетика. 2017. № 2. С. 2–9.

Токарев В. В., Шалагинова З. И. Методика многоуровневого наладочного расчета теплогидравлического режима крупных систем теплоснабжения с промежуточными ступенями управления // Теплоэнергетика. 2016. № 1.

Францева А. А. Оптимальная эффективность ТЭЦ в системе комбинированного теплоснабжения / Электротехника. Электротехнология. Энергетика // Сборник научных трудов VII международной научной конференции молодых ученых. Новосибирский государственный технический университет. 2015. С. 417–421.

Шалагинова З. И. Оценка потенциала энергосбережения от проведения наладочных мероприятий в системах теплоснабжения на основе моделирования теплогидравлических режимов // Теплоэнергетика. 2014. № 11.

Шарапов В. И., Орлов М. Е., Кунин М. В. Анализ надежности комбинированных теплофикационных систем // Надежность и безопасность энергетики. 2014. № 3 (26). С. 16–20.

Шубин Е. П. Проектирование городских тепловых сетей. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1957.

Щинников П. А., Синельников Д. С. Определение эквивалентной расчетной температуры при зонировании температурного графика / Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: 7-я междунар. науч.-техн. конф., Ульяновск, 21–22 апр. 2017 г. // Сб. науч. тр. Ульяновск: УлГТУ, 2017. Т. 1. С. 44–48.

Mattia De Rosa, Mark Carragher, Donal P. Finn. Flexibility assessment of a combined heat-power system (CHP) with energy storage under real-time energy price market framework. Thermal Science and Engineering Progress. 2018.

Abdur Rehman Mazhar, Shuli Liu, Ashish Shukla. A state of art review on the district heating systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. № 96. Pp. 420–439.

Hailong Li, Qie Sun, Qi Zhang, Fredrik Wallin. A review of the pricing mechanisms for district heating systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. № 42. Pp. 56–65.

Analysis of the Energy Consumption and Economic for Combined Heating Supply System Based on Groundwater Heat Pump and Boiler Plant / Kang Zhiqiang [and etc.] // Procedia Engineering. 2016. № 146. Pp. 530–535.

Satu Paiho and outhor. Increasing flexibility of Finnish energy systems – A review of potential technologies and means // Sustainable Cities and Society, 2018. № 43. Pp. 509–523.

Статья поступила 18.02.2020.

Статья принята к публикации 05.03.2020.

Для цитирования: Щинников П. А. Об эффективности систем теплоснабжения в современных условиях // ЭКО. 2020. № 4. С. 28-44. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2020-4-28-44.

Summary

Shchinnikov, P.A., Doct. Sci. (Techn.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

Efficiency of Heat Supply Systems in Modern Conditions

Abstract. Modern heating systems in large Russian cities represent a combination of centralized and distributed parts. These parts developed at different times and independently of each other. Their competition for consumers leads to lower overall performance. In fact, current trends promote inefficient regimes with increased fuel consumption and a heavy burden on the environment. The author considers mechanisms that may serve as a basis for creating a regulator of relations between business entities. The goal is increasing the overall efficiency of the power system. The first of them is based on zoning of the temperature schedule of the loads. It stimulates increased competitiveness of the central heat source. The second one is based on determining an effective radius of the heat supply. It allows identifying inefficient areas for placing small sources of heat. It is shown that zoning of the temperature schedule may reduce the annual fuel consumption by about 10%. On the other hand, the loss of 25% of consumers for a CHPP may result in a 1.5-fold increase in the cost of heating.

Keywords: *heat supply; heating; distributed generation; district heating; regulation; combined energy production; cogeneration; zoning of the temperature schedule; effective radius of heat supply*

References

Abdur Rehman Mazhar, Shuli Liu, Ashish Shukla. (2018). A state of art review on the district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. No. 96. Pp. 420–439.

Akhmetova, I.G. (2017). *A system for the comprehensive assessment and improvement of the efficiency of district heating of housing and communal services and industrial enterprises*: The dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Kazan. 374 p. (In Russ.).

Akhmetova, I.G., Shchinnikov, P.A. (2019). *The effective radius of the heat supply from the CHPP when working in decentralized conditions*. Energy and Heat Engineering. Collection of scientific papers. Novosibirsk: Publishing House of NSTU Publ. Vol. 22. Pp.126–131. (In Russ.).

Analysis of the Energy Consumption and Economic for Combined Heating Supply System Based on Groundwater Heat Pump and Boiler Plant. (2016). Kang Zhiqiang [and etc.] *Procedia Engineering*. No. 146. Pp. 530–535.

Andryushchenko, A.I., Nikolayev, Yu. E., Sizov, S.V. (2008). Improving the efficiency of heating systems during the joint work of district thermal power plants, boiler houses and small thermal power plants. *Industrial energy*. No. 10. Pp. 19–22. (In Russ.).

Bass, M.S., Batukhtin, A.G., Batukhtin, S.G. (2012). Technique for optimizing the composition of equipment in combined heat supply systems. *Industrial energy*. No. 10. Pp. 49–52. (In Russ.).

Borodikhin, I.V. and other. (2005). *The effectiveness of combined heat supply systems. Energy Efficiency and Energy Security Program of the Novosibirsk Region for the period until 2020* / Collection of substantiating materials. Novosibirsk. Pp. 201–206. (In Russ.).

Frantseva, A.A. (2015). *Optimal efficiency of combined heat and power plants in the combined heat supply system*. Electrical Engineering. Electrotechnology. Energy. Collection of scientific papers of the VII international scientific conference of young scientists. Novosibirsk State Technical University. Pp. 417–421. (In Russ.).

Grebneva, O.A., Novitskiy, N.N. (2017). Optimizing the Composition of Measurements for Identifying pipeline Systems. *Thermal Engineering*. T. 61. No. 9. Pp. 685–690. (In Russ.).

Hailong, Li, Qie Sun, Qi Zhang, Fredrik Wallin. (2015). A review of the pricing mechanisms for district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. No. 42. Pp. 56–65.

Leu, V., Chernei, M. District Heating Systems in Republic of Moldova: Reality and Perspectives. (2019). *Problemele Energeticii Regionale*. No. 1–3 (42). Pp. 46–52. (In Russ.).

Mattia De Rosa, Mark Carragher, Donal P. Finn. (2018). Flexibility assessment of a combined heat-power system (CHP) with energy storage under real-time energy price market framework. *Thermal Science and Engineering Progress*.

Novitskiy, N.N., Shalaginova, Z.I., Tokarev, V.V., Grebneva, O.A. (2018). Technology for the development of operational modes of large heat supply systems based on the methods of multilevel thermohydraulic modeling. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Energetics*. No. 1. (In Russ.).

Ogurechnikov, L.A. (2013). Energy conservation in the zone of decentralized heat supply. *Industrial Energy*. No. 6. Pp. 8–11. (In Russ.).

Panteley, N.V. (2018). Assessment of the State and Analysis of Damageability of Heating Grids Pipelines. *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* Vol. 61. No. 2. Pp. 179–188. (In Russ.).

Penkovskiy, A.V. and other. (2017). Search for Cournot equilibrium in the market of thermal energy in the conditions of competitive behavior of heat sources. *Management issues*. No. 1. Pp. 10–18. (In Russ.).

Rotov, P.V. (2015). *Improving district heating systems connected to the CHPP by developing energy-efficient technologies to provide heating loads and hot water*. – Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences, Ivanovo. IGEU Publ. Available at: <http://ispu.ru/node/14077>

Rotov, P.V., Orlov, M. E., Sharapov, V.I. (2014). About the temperature schedule of the central regulation of heat supply systems. *News of higher educational institutions. Energy Issues*. No. 5–6. Pp. 3–12. (In Russ.).

Satu, Paiho and other. (2018). Increasing flexibility of Finnish energy systems – A review of potential technologies and means. *Sustainable Cities and Society*. No. 43. Pp. 509–523.

Shalaginova, Z.I. (2014). Estimating the Energy Saving Potential from Carrying out Adjustment Works in Heat Supply Systems on the Basis of Modeling

their Thermal-Hydraulic Operating Modes. *Thermal Engineering*. T. 61. No. 11. Pp. 829–835. (In Russ.).

Sharapov, V.I., Orlov, M. E., Kunin, M.V. (2014). Reliability analysis of combined heating systems. *Reliability and energy security*. No. 3 (26). Pp. 16–20. (In Russ.).

Shchinnikov, P.A., Sinelnikov, D.S. (2017). *Determination of the equivalent design temperature during zoning of the temperature graph. Energy conservation in urban economy, energy, industry: 7th International Scientific and Technical Conference, Ulyanovsk, April 21–22. Collection of scientific papers. Ulyanovsk. UISTU Publ. T. 1. Pp. 44–48. (In Russ.).*

Shubin, E.P. (1957). *Design of urban heating networks*. Moscow-St. Petersburg. Gosenergoizdat. (In Russ.).

Stennikov, V.A. (2017). Problems of energy supply and energy efficiency in sparsely populated areas. *Industrial Energy*. No. 2. Pp. 2–9. (In Russ.).

Stennikov, V.A., Barakhtenko, E.A., Sokolov, D.V. (2017). Use of Multilevel Modeling for determining optimal Parameters of Heat Supply Systems. *Thermal Engineering*. T. 64. No. 7. Pp. 518–525. (In Russ.).

Tokarev, V.V., Shalaginova, Z.I. (2016). Technique of Multilevel adjustment Calculation of the Heat-hydraulic Mode of the Major Heat Supply System with the Intermediate Control Stages. *Thermal Engineering*. T. 63. No. 1. Pp. 68–77. (In Russ.).

For citation: Shchinnikov, P.A. (2020). Efficiency of Heat Supply Systems in Modern Conditions. *ECO*. No. 4. Pp. 28–44. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2020-4-28-44.