

Особенности развития и проблемы повышения эффективности систем энергообеспечения городов

К.т.н. Е.Г. Гапо, главный специалист, отдел проблем энергетики, ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром»
(публикуется в сокращении, полную версию см. на сайте РосТепло.ру – www.rosteplo.ru)

Коммунальные и промышленные системы теплоэнергоснабжения являются важнейшими элементами системы жизнедеятельности, напрямую определяющими условия жизни значительного количества людей в суровых условиях континентальной части России. Жилищно-коммунальное хозяйство и соответствующие системы жизнеобеспечения играют важную, ключевую роль практически во всех сферах народного хозяйства страны.

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. Но климатические параметры, социально-экологические ограничения и цены в Европейских странах определяют другую роль систем жизнеобеспечения. Это чисто технический, отчасти методический вопрос: внимательный инженерный и экономический анализ подтверждает эту очевидность. За разговорами и спорами о централизации (децентрализации) теплоэнергоснабжения не виден базовый вопрос социально-политического характера и оценки важнейшей роли коммунального энергокомплекса.

Введение

Сложившиеся структуры теплоэнергоснабжения в промузлах и больших городах сформированы в основном на базе централизованных систем с крупными источниками теплоты и электроэнергии, и являются, по сути, сложными иерархическими системами. Особенности распределенных объектов и систем теплоэнергоснабжения (СТЭС) заключаются в том, что простой набор частных решений далеко не всегда приводит к повышению системной эффективности. Многие современные проекты в области энергетических инфраструктур, как отмечают профессионалы, имеют достаточно большие сроки окупаемости, а в ряде случаев просто не оправдывают вложенных средств. Тому виной сочетание различных факторов: параметры основного оборудования, его резко-переменные режимы работы, цены на энергоресурсы, масштабы систем жизнеобеспечения, климатические условия большинства территорий РФ, состояние энергомашиностроения и т.д. Чтобы понять, при каких условиях возможна окупаемость различных элементов энергетической инфраструктуры, необходимо проанализировать особенности эволюции систем энергообеспечения городов.

Эволюция систем энергообеспечения городов

Массовое строительство жилья в стране в основном производилось за счет типовых зданий и сооружений с известными паспортными тепло-

гидравлическими характеристиками. Системы теплоэнергоснабжения сооружались и проектировались в расчете на номинальную (максимальную проектную) нагрузку, при этом расходы ТЭР, как правило, не являлись предметом пристального инженерного анализа. Рост и развитие систем теплоснабжения (и теплофикации) городов происходил в бывшем СССР по своему достаточно самобытному пути, как составная часть общего плана электрификации страны. Наряду с существенным ростом единичной мощности ТЭЦ, росли магистральные и «вторичные» распределительные сети, к старым сетям подключались новые потребители. Интенсивный рост жилищного строительства в стране требовал адекватного создания производственной инфраструктуры коммунального комплекса – систем тепло-, водоснабжения и канализации.

Основным фактором, способствовавшим развитию теплофикации промышленности, являлось создание крупных предприятий и комплексных узлов энергоемких отраслей промышленности. Сооружаемые на этой основе промышленные ТЭЦ во многих случаях осуществляли теплоснабжение целых групп предприятий, расположенных в пределах рациональной дальности транспорта тепла, и одновременно являлись базой для теплофикации жилого фонда соответствующих городов (рис. 1).

Поскольку именно рост промышленности был важнейшим фактором урбанизации в СССР, то промышленные ТЭЦ стали в первую очередь

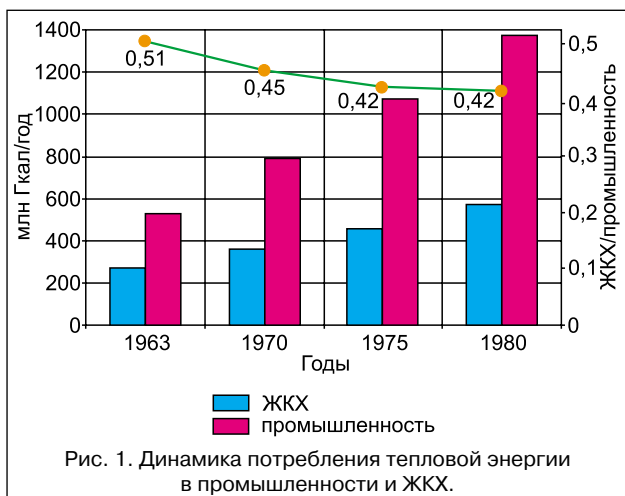


Рис. 1. Динамика потребления тепловой энергии в промышленности и ЖКХ.



Рис. 2. Динамика удельных показателей теплофикационных систем.

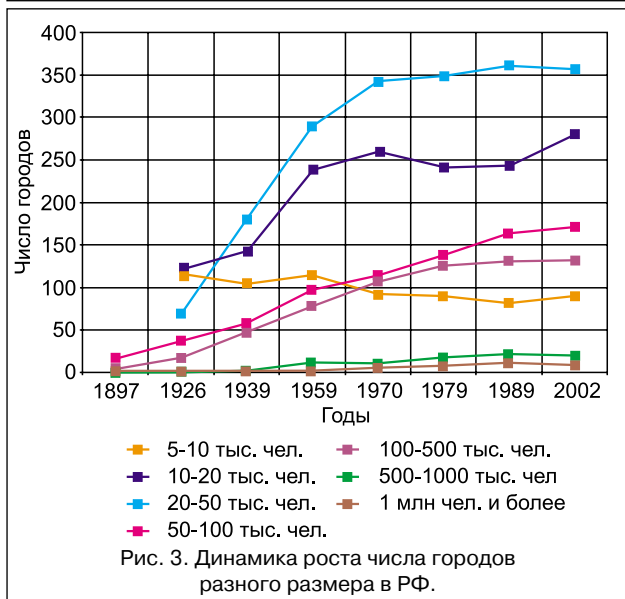


Рис. 3. Динамика роста числа городов разного размера в РФ.

неотъемлемой составляющей систем жизнеобеспечения промузлов и городов. СТЭС была в основном рассчитана на промышленное потребление (в разных регионах от 60 до 80%), и собственно коммунальные нужды в первое время обеспечивались промышленно-отопительными котельными и ТЭЦ.

При этом теплофикация как способ теплоснабжения в городах получила наибольшее рас-

пространение в области промышленного теплопотребления: теплофикация в промышленности в среднем составила 51%, в ЖКХ – 26%. Уровень теплофикации промышленности и доля коммунального теплопотребления в разных экономических районах существенно различались. Крупные промузлы и предприятия, в том числе имеющие промышленные ТЭЦ, обладали существенными количествами тепловых вторичных энергоресурсов, способными покрыть отопительную нагрузку прилегающих поселков. Вместе с тем необходимо отметить, что недостаточное развитие энергетических систем в отдельных районах в период их промышленного формирования явилось одной из основных причин сооружения многочисленных промышленных ТЭЦ малой мощности.

Этому способствовал и ведомственный подход к теплоснабжению различных отраслей промышленности. Соответственно, теплофикация в ЖКХ была развита значительно слабее. Чисто отопительные ТЭЦ (в основном с параметрами пара на 13 МПа) сооружались уже в создаваемых крупных городах с высокой концентрацией тепловой нагрузки.

Рост промышленного и коммунального энергопотребления приводил к сооружению новых ТЭЦ с разводящими сетями, далее в регионе опять шло наращивание промышленного производства, интенсивное жилищное строительство. При этом базовые удельные показатели: удельная протяженность сетей на единицу установленной мощности, удельная выработка теплоты на 1 МВт (рис. 2) практически не меняется, что свидетельствует об определенной сбалансированности развития источников и потребителей. Таким образом, развитие систем теплоснабжения городов шло вслед за созданием промышленных комплексов и их систем энергообеспечения: удельное потребление тепла на промышленные нужды превышало коммунально-бытовые в 1,6-2 раза.

Типы городов и систем централизованного теплоснабжения

Подобно тому, как растущие промышленные предприятия и системы жизнеобеспечения оказывали серьезное влияние на формирование и развитие городских поселений, собственная динамика эволюции городов также существенно определяет особенности и конфигурацию энергообеспечения. Процесс урбанизации в России был кардинальным и чрезвычайно быстрым, количественный рост явно опережал качественное развитие. Примерно 2/3 ныне существующих городов России образованы в течение XX в. Около 400 городов имеют городской стаж менее 40 лет.

На рис. 3 показана динамика роста городов РФ во времени, рассчитанная по итогам последней переписи населения 2002 г. Видна постоян-

Таблица 1. Характеристики городов и их тепловых нагрузок.

Характеристики городов	Показатели				
	до 100	100-300	300-490	500-1000	свыше 1000
Население, тыс. чел.	до 100	100-300	300-490	500-1000	свыше 1000
Количество городов	948	106	29	21	13
Доля в общем числе городов, %	84,9	9,5	2,6	1,9	1,1
Численность населения, млн чел.	40,5	17,5	11,02	12,4	27,4
Расчетная тепловая нагрузка, Гкал/ч	до 150	150-500	500-1000	1000-3500	более 3500
Годовое количество тепла, тыс. Гкал/год	до 500	500-1500	1500-2000	2500-4000	более 4000
Доля в суммарной нагрузке, %	37,6	16	9,6	11,4	24,7
Суммарные доли, %	53,6		21		24,7

Примечание: расчет числа городских поселений выполнен на основе данных последней переписи населения 2002 г.

ная устойчивая динамика роста городов численностью 50-100 тыс. и 100-500 тыс. чел. При численности населения 500-1000 тыс. чел. темп роста городов существенно падает. Кроме того, видно, что после 1979-1980 гг. рост крупных городов замедлился. В последние 15 лет большая часть мегаполисов начала терять население.

Приведем общее распределение городов по размеру (населенности) и, соответственно, по их тепловой нагрузке, чтобы потом сопоставить это с особенностями отопительного периода. Доля суммарной тепловой нагрузки систем централизованного теплоснабжения (ЦТ), как видно из данных табл. 1, ориентировочно совпадает с долей городского населения. Исходя из плотностей тепловой нагрузки, условная граница централизованных систем теплоснабжения начинается с уровня 150-200 тыс. чел. Таким образом, всего 63 города (~6% общего числа) можно считать имеющими развитые системы ЦТ, остальные 1054 (~94%) – имеют разнородные автономные системы теплоснабжения. Первые 6% городов потребляют на отопление, как можно видеть из таблицы, около 46% всей тепловой энергии, 10% городов среднего размера потребляют еще 16% тепла, и 85% небольших городов – оставшиеся 37,6%.

Доля централизованного сектора теплоснабжения достигает 68-69%, что соответствует доле городов с населением свыше 100-150 тыс. чел. Вместе с тем в городах с населением 50-150 тыс. чел. в достаточной степени развиты так называемые «кустовые» схемы, когда существующие городские отопительные (промышленно-отопительные) котельные обслуживают свой ареал потребителей, при этом перемычек между этими «кустами», как правило, нет. Размер населенных пунктов свидетельствует о плотности тепловой нагрузки, используемом фонде зданий, их размерах, характеристиках протяженности распределительных сетей, а распределение городов по размеру в разных территориально-климатических условиях ясно свидетельствует о наличии тенденций централизации или децентрализации энергообеспечения.

Таким образом, около 950 городов численностью до 100 тыс. чел. (это ~85% всех городов) имеют разрозненные «кустовые» схемы теплообеспечения, и потребляют до 40% тепла; чуть больше 100 городов численностью 100-300 тыс. чел. (~10%) развивают централизованные системы, потребляя около 16% тепла, 50 городов численностью до 1 млн чел. (~4,5%) в разной степени используют теплофикацию, их потребление достигает 21% всей тепловой энергии. И, наконец, 13 мегаполисов, составляя всего 1,1% от общего числа городов, имеют разветвленные системы энергообеспечения, суммарное потребление тепла составляет около 25%. Города с численностью до 300-350 тыс. чел. имеют, как правило, невысокую долю теплофикации, т.е. участия ТЭЦ в покрытии графика тепловой и электрической нагрузки.

В большей степени активное участие ТЭЦ проявляется в достаточно крупных городах с численностью 350-550 тыс. чел. Таких городов в стране 35, общая численность проживающего в них населения составляет 14,6 млн чел. Городов с численностью от 550 до 850 тыс. чел. всего 10, в них проживает 6,15 млн чел. Безусловно, существенную роль играют отопительные и промышленные ТЭЦ в энергообеспечении мегаполисов (15 городов с численностью ~14,7 млн чел.) и двух «столиц» – Москвы и Санкт-Петербурга с суммарной численностью около 15 млн жителей. Вместе с тем в расселении и, соответственно, в урбанизации существует серьезная асимметрия. Почти 3/4 населения РФ, как видно из рис. 4, живет в условиях средне-умеренных зим, что характеризует базовые условия функционирования подавляющего большинства систем теплообеспечения городов.

Проведенный анализ показал, что предельной численностью основной группы (ядра) городов, т.е. определенным максимально-оптимальным размером является величина в 550-600 тыс. чел. Развитие городов сверх этого размера уже не дает выигрыша по транспортной или энергетической эффективности, требует вместе с тем, существенного структурного раз-



Рис. 4. Распределение населения страны по климатическим зонам (ГСОП).

вития «каркаса» города (включая системы жизнеобеспечения).

Анализ эффективности и рациональной конфигурации систем жизнеобеспечения городов, таким образом, в первую очередь должен опираться на климатические параметры (градусо-сутки отопительного периода – ГСОП) и размер населенного пункта, что определяет соответствующие плотности тепловых нагрузок. Экологические особенности территории также являются важным детерминирующим фактором выбора рациональной конфигурации систем тепло- и энергоснабжения, основного и резервного топлива, привлечения нетрадиционных источников ТЭР.

Одной из главных причин замедления роста больших городов являются высокие затраты на инженерное обустройство, снижение эффективности городских инфраструктур при росте городов свыше ~500 тыс. чел. Износ инженерных сетей, неразбериха с применением различных автономных источников энергии, тяжелая экологическая обстановка, транспортные перегрузки – все вместе свидетельствует о тупиковости сложившейся ситуации, чреватой кроме всего прочего авариями и экологическими бедствиями.

Экономичность централизованных систем теплоснабжения в городах в зависимости от численности населения и климата связана с концентрацией проживания (снижение удельных отопительных затрат) и значительным количеством зданий достаточно большого размера – с уровня 80-120 тыс. чел.; с повышением компактности проживания (снижение транспортных издержек) – с уровня 250-300 тыс. чел.; с активным применением теплофикации в крупных городах с численностью 450-500 тыс. чел. Рост численности городского населения свыше 550-600 тыс. чел. и далее – к мегаполису, требует особых инфраструктурных решений, которые позволили бы выйти на новый качественный уровень.

О существующих проблемах функционирования систем ЦТ в городах

Системы жизнеобеспечения населенных пунктов формируются вместе с жилым фондом в

определенных пропорциях. Поскольку разнокачественность объектов-потребителей и условий окружающей среды приводит к наличию дисбалансов ресурсопотребления, что обуславливает эффекты самоорганизации. Взаимоувязка 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.

Уже не вызывает сомнений тот факт, что каждой из используемых в настоящее время систем теплоснабжения соответствуют свои условия, при которых она является оптимальной. Эти условия в основном определяются концентрациями и плотностями тепловых нагрузок. Оба этих показателя, даже для существующих узлов теплоснабжения, со временем значительно изменяются. Вследствие этого используемые системы теплоснабжения во многих случаях морально устаревают и не соответствуют вновь образованным условиям. Из этого вытекает необходимость рассматривать структуру источников тепла в динамическом развитии, с постепенной заменой одних, реконструкцией других, и изменением режимов функционирования.

К сожалению, есть города и регионы, где до сих пор работают безнадежно устаревшие ТЭЦ малой мощности с агрегатами полувековой давности. В связи с этим значительную часть тепловой нагрузки берут на себя муниципальные, ведомственные котельные, иногда промышленные ТЭЦ. В самое последнее время к этому добавился спад промышленного производства, который привел к резкому сокращению промышленной нагрузки ТЭЦ и котельных. Все это приводит к существенным отклонениям режимов эксплуатации от расчетных (табл. 2), что наблюдается во многих регионах страны.

Существенные нарушения оптимальных режимов территориально-распределенных систем теплоснабжения свидетельствуют о невозможности полного соответствия подачи тепловой энергии и ее потребления без сочетания централизованного и распределенного регулирования теплопотребления.

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.

Резкое падение промышленной нагрузки на ТЭЦ, которая превышала отопительную нагрузку практически вдвое, в ряде регионов привело

Таблица 2. Основные факторы снижения расчетной эффективности и надежности интегрированных систем теплоэнергоснабжения.

Блоки факторов	Содержание
Резкое изменение расчетных условий функционирования	Резкое сокращение промышленного теплопотребления
	Отставание ввода в строй источников и сетей по сравнению с потребителями
Изменение экономических условий хозяйствования	Разделение интегрированных систем на экономически независимые субъекты
	Рост цен на топливо, комплектующие
	Нехватка средств на амортизацию и реконструкцию сетей, источников
Организационно-информационные факторы	Нехватка квалифицированных кадров коммунальной энергетики
	Отставание освоения современных систем учета и мониторинга
Институциональные факторы	Ухудшение координации действий всех звеньев системы теплоэнергоснабжения
	Изменение правил расчета, оценки эффективности, экономического стимулирования

к тому, что суммарное теплопотребление стало определяться именно нагрузкой коммунального комплекса, с присущей ей сезонностью и иными колебаниями. Помимо климатических особенностей эта нагрузка определяется в первую очередь численностью населения.

В основе всеобъемлющего и массового кризиса систем жизнеобеспечения (тепло-, водоснабжения) 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.

Помимо существенного изменения режимных характеристик всего комплекса (источники, магистральные и распределительные сети), это также существенно меняет состав и номенклатуру необходимого для покрытия измененной нагрузки оборудования, делает более значимым и актуальным использование различного рода пикового, аккумулирующего оборудования. 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.

В любом случае, стратегия энерготехнологического комбинирования для СТЭС и городов любого размера явно указывает на пути рационализации и совершенствования соответствующего оборудования, схемных решений, оптимизацию структуры и состава системы.

Выводы

1. Проблемы согласованной работы источников тепловой энергии и потребителей в распределенных системах теплоснабжения требуют применения целостного комплекса как технических мер и мероприятий, так и сопутствующих правовых и экономических решений. Для их выработки и реализации необходим переход к новой идеологии анализа и синтеза, создания и рационализации распределенных систем энергообеспечения коммунальных и технологических комплексов. Речь идет о понимании проблематики территориально-распределенных иерархических СТЭС, напрямую связанной с использованием разных дисбалансов энергии различного потенциала, и в этом качестве могут быть равноправно использованы утилизационные, аккумулирующие и пиковые агрегаты разной мощности.

2. Дисбалансы энергопотребления в рамках мегаполиса вполне можно прогнозировать и нейтрализовать при комплексном территориальном подходе к городскому хозяйству как единому механизму жизнеобеспечения. Если не видеть в нем только отраслевые структуры и интересы, 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. Взаимовязка 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.

3. Органичное использование разнородных источников энергии, включая нетрадиционные и возобновляемые источники, будет характеризовать «зрелость» развития системы, ее устойчивость и надежность функционирования. Именно разноплановая инфраструктура, способная интегрировать в себя нетрадиционные и возобновляемые источники энергии является наиболее совершенной в инфраструктурном плане, экологически приемлемой и безопасной. Использование таких разнообразных источников ТЭР, включая нетрадиционные, безусловно, будет стимулировать привлечение населения к построению общих энергоэффективных систем, применению частных и распределенных решений энергосбережения в разных сферах городского хозяйства.

4. Согласование успешной и эффективной эксплуатации системы ЦТ с окупаемостью капитальных затрат массового строительства или реконструкции является важнейшей прерогативой именно государственной политики энергосбережения, что требует законодательного отражения в Законах РФ, в региональных нормативно-правовых документах. Базовая, институциональная роль энергокомплекса громадной страны требует соответствующего взаимоувязанного правового закрепления в целом ряде Федеральных законов и кодексов: Законодательстве об энергосбережении и теплоснабжении, Жилищном и Гражданском Кодексе, Законодательстве о местном самоуправлении и защите прав потребителей.

5. Эволюция сложных технических систем жизнеобеспечения городов самой крупной северной страны мира прошла непростой и неоднозначный путь от первых отопительных печей и плана ГОЭЛРО к крупнейшей и разветвленной метасистеме промузлов и городских агломераций с разнообразными комплексами электро-, тепло-, водоснабжения, канализации, специализированными системами жизнеобеспечения северных территорий. Эволюция сопутствующих правоустанавливающих институциональных принципов в этой сфере также должна опираться не на устаревшие постулаты «народного капитализма» XIX в., а вбирать в себя современные концепции регулирования услуг общезкономического назначения, увязки роста тарифов с разработкой программ комплексного развития энергетических систем городов.

Литература

1. Автономов А.Б. Положение в области систем централизованного теплоснабжения в странах Центральной и Восточной Европы // Электрические станции. 2004. № 7.
2. Бабурин В.Л. Эволюция российских пространств. – М.: Изд-во УРСС, 2002. – 272 с.
3. Байдаков С.Л., Гашо Е.Г., Анохин С.М. ЖКХ России / Деп. ВИНТИ 3 марта 2005 г. № 305 – В2005 / www.rosteplo.ru/kniga_gkh.php.
4. Байдаков С.Л., Гашо Е.Г. Эффективные системы жизнеобеспечения мегаполисов – основа устойчивого развития государства // Энергетическая политика. 2005. № 3.
5. Бочаров Ю.П., Фильваров Г.И. Производство и производственная организация городов. – М.: Стройиздат, 1987. – 256 с.
6. Гашо Е.Г. Степень централизации, распределенность и пути рационализации теплоэнергетической нагрузки территориальных промышленных узлов в России // Вестник МЭИ. 2003. № 4. С. 34-39.
7. Гашо Е.Г., Спиридонов А.Г. Функциональные особенности отопительных систем и комплексная оценка их эффективности // Новости теплоснабжения. 2001. № 3.
8. Гашо Е.Г., Ковылов В.К., Парщиков В.П. Методологический подход к решению проблемы рационализации регионального энергопромышленного комплекса // Промышленная энергетика. 2002. № 10. С. 2-7.
9. Гашо Е.Г. Особенности и противоречия функционирования систем теплоснабжения и пути их рационализации // Новости теплоснабжения. 2003. № 10.
10. Гашо Е.Г., Панфилов В.А. Проблемы рационализации теплоснабжения и оптимизации параметров территориально распределенных систем коммунального теплоснабжения городов // Энергосбережение и водоподготовка. 2005. № 1.
11. Гашо Е.Г. Особенности эволюции городов, промузлов, территориальных систем жизнеобеспечения. Монография. – М.: Центр системных исследований, 2006.
12. Зубкова А.Г., Гашо Е.Г., Кузькина Е.В., Шандрук Д.А. Факторы энергосбережения системы теплоснабжения г. Домодедова // Вестник МЭИ. 2004. № 3.
13. Клименко А.В., Гашо Е.Г. Проблемы повышения эффективности коммунальной энергетики на примере объектов ЖКХ ЦАО г. Москвы // Теплоэнергетика. 2004. № 6.
14. Клименко В.В. Влияние климатических и географических условий на уровень потребления энергии // Доклады академии наук. 1994. Т. 339. № 3. С. 319-322.
15. Логовский К.В. Энергетическая инфраструктура региона. Планирование и организация управления. – Минск, 1990. – 103 с.
16. Мастепанов А.М., Саенко В.В., Шафраник Ю.К. Экономика и энергетика регионов – М.: Экономика, 2001. – 476 с.
17. Методическое пособие по энергосбережению в протяженных системах централизованного теплоснабжения. – М.: Объединение ВНИПИэнергопром, 2001.
18. Национальный доклад о теплоснабжении Российской Федерации // Новости теплоснабжения. 2001. № 4.
19. Некрасов А.С., Воронина С.А. Состояние и перспективы теплоснабжения в России // Электрические станции. 2004. № 5. С. 2-8.
20. Роголев Н.Д., Гашо Е.Г. Энергопотребление мегаполиса. О некоторых результатах комплексного подхода к рационализации энергопотребления коммунального хозяйства мегаполиса // АВОК. 2005. № 3.
21. Россия как система. Web – атлас / В. Артюхов, А. Мартынов. Practical science – www.sci.aha.ru.
22. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий – М.: НП АВОК, 2002.
23. Теплофикация СССР. Сборник статей под общ. ред. С.Я. Беллинского, Н.К. Громова. – М.: «Энергия», 1977. – 312 с.

В интернет-магазине «Технарь» в продаже имеется книга Е.Г. Гашо «Особенности эволюции городов, промузлов, территориальных систем жизнеобеспечения» (М.: Центр системных исследований, 2006, 152 с.).

По вопросам приобретения книги обращаться в интернет-магазин «Технарь» по телефону: +7 (495) 360-39-59, по электронной почте: books@rosteplo.ru.