

Комплексный территориальный подход к повышению эффективности (и надежности) комплекса жизнеобеспечения, во-первых, неизбежно требует согласованности технических, организационно-экономических решений, политико-правовых предпосылок и сопутствующих социальных технологий. Необходимость рассмотрения в качестве объекта целостных территориальных образований вызвана тем, что именно на этом уровне возможно радикально повысить эффективность всего комплекса жизнеобеспечения, включая источники ТЭР, системы распределения и разнородных потребителей. Необходимо понимание проблематики энергетической эффективности территориально распределенных иерархических систем теплоэнергоснабжения, напрямую связанной с использованием разных дисбалансов энергии различного потенциала, и в этом качестве могут быть равноправно использованы утилизационные, аккумулирующие и пиковые агрегаты разной мощности. В конечном счете, речь идет о создании заинтересованности всех звеньев коммунального комплекса территории — от поставщиков до потребителей, в экономном расходовании и использовании ТЭР.

**Автор** Е.Г. ГАШО, доцент, к.т.н., Объединение «ВНИПИЭнергопром»

## Особенности проведения работ по энергосбережению в распределенных системах теплоснабжения городов

Формирование, или определенная самоорганизация крупных энергетических территориальных промышленных комплексов во второй половине XX в. в СССР происходило в значительной степени согласно основным принципам теории энергопроизводственных циклов, в которой увязывались ресурсные, энергетические, материальные потоки в рамках ТПК. Поскольку именно рост промышленности был важнейшим фактором урбанизации в СССР, то промышленные ТЭЦ и системы энергоснабжения стали в первую очередь базовой неотъемлемой составляющей систем жизнеобеспечения промузлов и городов. Интенсивный промышленный рост, развитие городов, систем теплоэнергоснабжения замедлились, начиная со второй половины 70-х гг., при этом динамика инвестиций в развитие сетей показывает их существенное отставание от вложений в источники теплоэнергоснабжения (ТЭЦ, ГРЭС). Системы жизнеобеспечения населенных пунктов, тем не менее, формируются вместе с жилым фондом в определенных пропорциях, что характеризует процессы территориальной самоорганизации.

Преобладание промышленной нагрузки ТЭЦ, превышающей отопительную нагрузку практически вдвое, во многом сглаживала сезонные пики коммунального теплопотребления городов. Резкое сокращение промышленного теплопотребления привело к пере-

избытку 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 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. Кроме того, существенная доля промкомплекса и сопутствующих энергоисточников после распада СССР оказалась вне России. 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 [1].

Как видно из рис. 1, при уходе бывших республик СССР после 1991 г. население страны уменьшается на 45–46%, при этом если большинство населения СССР (свыше 60%) проживало с климатической зоне с  $ГСОП = 3000-4000$ , то

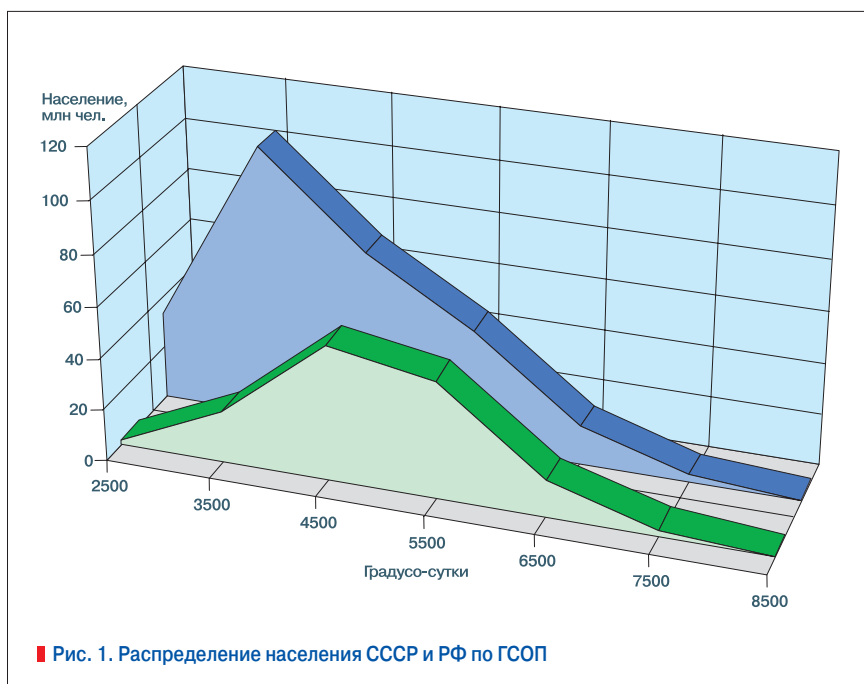
в границах современной РФ большинство населения (72%) проживает при гораздо более неблагоприятных условиях с  $ГСОП = 4000-6000$ .

Если сопоставлять системные изменения общей тепловой нагрузки (и ее структуры) систем теплоснабжения, необходимо обратить внимание на совместное действие нескольких факторов:

- сокращение территории страны на 30% (а так называемой «эффективной» территории — практически вдвое);
- соответствующее сокращение численности населения на 46%;
- резкое падение совокупной тепловой нагрузки в связи с промышленным кризисом и стагнацией;
- падение загрузки основного турбинного оборудования ТЭЦ и показателей эффективности их работы;
- износ основного и вспомогательного энергетического оборудования, тепловых сетей.

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.

Развитые энергетические инфраструктуры и оптимизация их режимов, в любом случае являются предпосылкой



более полного использования всего потенциала энергоносителей. Такое построение систем выработки и использования ТЭР отражает и эффективность так называемого энерготехнологического комбинирования, наиболее полного использования всего потенциала располагаемой энергии топлива во всех диапазонах возможных тепловых нагрузок. Сочетание климатических условий и размера города обуславливают такую конфигурацию СЦТ, сочетание источников и распределительного оборудования, которое подразумевает максимальное энерготехнологическое комбинирование, то есть совместную выработку электроэнергии и теплоты, и построение эффективных систем их распределения и доставки потребителям.

Взаимосвязка 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.

Повышение транзакционных затрат (то есть затрат на распределение и доставку ТЭР потребителям) в централизованных системах СТЭС/СЦТ породило целую волну мероприятий по разделению сетей, появление различных автономных источников тепловой энергии разной мощности, обслуживающих не-

посредственно здания, и в конечном счете, к поквартирным теплогенераторам.

Разделение СЦТ на автономные и квазиавтономные элементы и блоки, предпринимаемое якобы в целях повышения эффективности, приводит только к дополнительной дезорганизации и неразберихе. Важнейшая особенность сетевой организации состоит в том, что она нуждается в максимальной интеграции и кооперации между ее участниками. Радикальное сокращение энергозатрат в коммунальном комплексе городов требует рассмотрения в качестве объекта уже не зданий, сооружений или сетей энергоснабжения, а целостного территориального комплекса источников и систем теплоснабжения.

Выбор непосредственных схемных решений для тех или иных участков системы базируется на типологических моделях энергопотребляющих элементов. При этом дисбалансы в разных частях системы могут быть столь значительными, что требуют наличия специальных технологических устройств поглощения (диссипации) или аккумуляирования для построения подсистемы распределенного регулирования или управления энергопотоками.

Речь идет о понимании проблематики энергетической эффективности территориально распределенных систем теплоэнергоснабжения, напрямую связанной с использованием разных дисбалансов энергии различного потенциала. В этом качестве могут быть равноправно использованы утилизационные, аккумулирующие и пиковые агрегаты разной мощности. Выбор схемно-параметрических решений и функционального энергетического оборудования должен базироваться на поэтапном сведении и рационализации балансов потребляемой и генерируемой энергии.

В распределенных системах, когда потребление удалено от источника энергии, режимы функционирования системы транспорта энергии в значительной степени определяются потребителями. В этом случае происходит многократная коррекция параметров и нагрузок в зависимости от реальных климатических условий и схемно-параметрических особенностей систем теплоэнергоснабжения. Проблема такого подхода заключается в том, что в разное время года это могут быть разные источники и типы оборудования, и их эффективность (окупаемость) должна быть взаимообусловле-

■ Параметры городского хозяйства и элементы развития систем теплоэнергоснабжения таб. 1

Тип городов	Число городов	Общая численность населения, млн чел.	Доля в общем числе городов, %	Расчетная тепловая нагрузка, Гкал/час	Годовой расход тепла, тыс. Гкал	Зданий в городе	Источники ТЭР	Длина сетей, км
До 100 тыс.	948	~40	85	40-120	100-350	100-300	5-10 котельных	25-50
100-300	106	~17,5	9,0	200-650	500-1500	500-1500	1 ТЭЦ, до 100 котельных	70-170
300-750	48	~20	4,3	700-2000	2000-4000	2000-4000	1-3 ТЭЦ, пром. ТЭЦ, 100-250 котельных	180-350
900-1400	14	~15,5	1,2	3000-4000	5000-7000	5000-7000	2-4 ТЭЦ, 2-3 пром. ТЭЦ, 300-500 котельных	350-700

на с единой инфраструктурой городского хозяйства.

Дисбалансы энергопотребления в рамках мегаполиса вполне можно прогнозировать и нейтрализовать при комплексном территориальном подходе к городскому хозяйству как единому механизму жизнеобеспечения. Развитие городов представляет собой сложный эволюционный процесс, в котором системы жизнеобеспечения способствуют этому развитию как необходимый каркас нового городского строительства и реконструкции существующего жилищного фонда.

Как показывает анализ, после определенной величины дефицита тепла ( $\approx 4000\text{--}4500$  градусо-суток отопительного периода) отчетливо наблюдается тенденция концентрации (централизации) расселения, обусловленная климатическими условиями и необходимостью устраивать централизованные системы жизнеобеспечения для обеспечения приемлемых условий жизни и работы населения [2].

Таким образом, территориальная самоорганизация систем городов и населенных мест есть проявление наиболее оптимальной стратегии преодоления сопротивления среды, а эволюция инфраструктур жизнеобеспечения — структурная перестройка систем в соответствии с наиболее рациональным способом обеспечения жизненно необходимых потребностей социума.

В данных климатические условия при возрастании градусо-суток отопительного периода (ГСОП) обуславливают такую конфигурацию ТСТЭС, сочетание источников и распределительно-оборудования, которое подразумевает максимальное энерготехнологическое комбинирование, то есть совместную выработку электроэнергии и теплоты (и, возможно, холода), и построение эффективных систем их распределения и доставки потребителям. Для этого теплотехнологические комплексы (техноценозы) систем жизнеобеспечения в таких населенных пунктах неизбежно должны включать в себя разнородные дублирующие, резервирующие системы топливо-, тепло-, водо-, электрообеспечения, канализации, с применением разноплановых устройств взаимозаменяемости энергоносителей.

Задача нахождения оптимальной степени централизации (коммунальности) систем теплоэнергоснабжения состоит в преодолении порогов повышения эф-

■ **Комплекс мероприятий и технологий для рационализации энергетических инфраструктур крупных городов**

таб. 2

Диверсификация источников энергоснабжения	Зонирование территории города	Энерготехнологическое комбинирование	Использование дисбалансов энергопотребления
Оптимизация состава источников энергоресурсов и потребителей ресурсов	Инфраструктурная обустроенность и выбор мер рационализации СТЭС	Применение различных взаимозаменяющих энергоносителей	Применение детандер-генераторов для получения электроэнергии на избыточном давлении
Использование промышленных ТЭЦ для энергоснабжения	Стыковка энергетических, транспортных и др. инфраструктур	Переработка отходов для выработки энергии	Использование крупных источников вторичных энергоресурсов
Применение АСТ, АТЭЦ для тепло- и электроснабжения промзон и ЖКХ	Построение локальных инфраструктур по зонам города, промзла	Утилизация низкопотенциальных ВЭР в энергобиологических комплексах	Активное использование местных условий привлечения НВИЭ

фективности городских инфраструктур, обусловленных в том числе и определенным типом самоорганизации сложного городского хозяйства. Первый связан с концентрацией проживания (снижение удельных отопительных затрат) и значительным количеством зданий достаточно большого размера, второй — с повышением компактности проживания, третий с применением теплофикации в крупных городах.

Дальнейший рост города к мегаполису и далее требует набора особых структурных решений, органично стыкующихся с другими важнейшими городскими инфраструктурами. При этом важен размер города, численность населения, структура промышленных и бытовых нагрузок.

Разделим города и их систем теплоснабжения на типологические греппы (табл. 1), добавив для каждого размера города сопутствующие характеристики тепловых сетей и потребителей тепла. Минимальное взаимовлияние наблюдается в системах теплоснабжения с одним источником, несколькими десятками потребителей и небольшой распределительной сетью. Это соответствует максимальной расчетной нагрузке города ориентировочно до 100 МВт (80–90 Гкал/ч) с «кустовыми» сетями от нескольких котельных. В этом случае достаточно установки приборов учета на источнике тепловой энергии, приемлемой тепловой изоляции распределительных магистралей.

Это особенно важно для городов небольшого размера, когда система теплоснабжения представляет собой набор котельных средней мощности с собственными сетями, обслуживающими несколько десятков зданий (табл. 1). Этих городов немногим меньше тысячи и возможные решения в ряде случаев будут очень сильно отличаться в силу индивидуальных особенностей поселений.

Для второго типа систем, когда число потребителей вырастает почти на порядки, становится целесообразным производить учет поступаемых ресурсов на наиболее крупных потребителях, частичное регулирование по группам потребителей. Этих городов чуть более сотни, здесь уже возможно тиражирование наиболее оптимальных решений и схем. В случае развитых систем теплоснабжения крупных городов необходимо вести речь о полномасштабном комплексе мероприятий учета и распределенного регулирования (табл. 2).

Около полусотни городов такого размера имеют, как правило, промышленные ТЭЦ, предприятия со значительным количеством вторичных энергоресурсов, что позволяет использовать уже технические решения следующего уровня (рис. 2).

Мегаполисы с миллионным населением (14 городов) и супермегаполисы (Москва и Санкт-Петербург), как уже отмечалось выше, требуют для устойчивого развития специальных инфраструктурных решений, в том числе взаимосогласованных с другими важнейшими инфраструктурами города. Концентрация потребителей, повышение степени централизации СТЭС при этом повысить степень надежности как за счет развития общей сети (и ее закольцовывания), так и путем применения распределенных утилизационных и пиковых устройств, в том числе на возобновляемых источниках энергии.

Таким образом, стратегия энерготехнологического комбинирования для систем теплоэнергоснабжения и городов любого размера явно указывает на пути рационализации и совершенствования соответствующего оборудования, схемных решений, оптимизацию структуры и состава системы. Органичное использование разнородных источников энергии, включая нетрадиционные и возобновляемые источники (НВИЭ), будет

Рис. 2. Общий перечень оптимальных мероприятий энергосбережения в городах разного размера и климата (ГСОП)

								тыс. чел.
ТЭЦ + Пром. ТЭЦ, ЭБК, ЧРП, ДГА, ТНУ, АСТ, АТЭЦ, САУР энергосервис, экомониторинг, резервные источники (НВИЭ) Дополнительные инфраструктурные решения (энерготехнологическое комбинирование)								800
Блоки ТЭЦ, (ГТУ), пиковые источники в микрорайонах, контроль качества воды, утилизация тепла промзон, КРП на магистралях, ИТП + ЦТП, ЧРП насосов, ДГА, ТНУ, ЭБК, САУР мониторинг								600
Увеличение мощности ТЭЦ, узлы учета, распределение пиковых источников по городу, закольцовка контуров сети, применение ЦТП (ИТП), ЧРП насосов, контроль качества воды								400
Установка узлов учета на котельных и зданиях, контроль качества воды, регулирование в котельных и зданиях								200
1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	ГСОП

характеризовать «зрелость» развития системы, ее устойчивость и надежность функционирования [3].

Именно разноплановая инфраструктура, способная интегрировать в себя источники НВИЭ 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. То есть эффективность системы тем выше, чем больше разнообразие ее элементов (источников, сетей, потребителей), обеспечиваемое при прочих равных затратах энергии.

Многие современные проекты в области энергетических инфраструктур имеют достаточно большие сроки окупаемости, а в ряде случаев просто не оправдывают вложенных средств. Тому виной сочетание различных факторов: износ основного оборудования, его резкопеременные режимы работы, цены на энергоресурсы, протяженность страны и необходимые масштабы систем жизнеобеспечения, климатические условия большинства территорий РФ, состояние энергомашиностроения. Полная и частная «неокупаемость» энергосберегающих проектов потребителей, современных источников энергии (ГТУ ТЭЦ

и ПГУ ТЭЦ) при их неполной загрузке ставит перед нами три важных вопроса:

- при каких условиях, факторах возможна окупаемость различных элементов энергетической инфраструктуры;
- как быстро строить необходимые системы жизнеобеспечения разных городов и поселков, если эти проекты не вполне окупаемы?
- какова должна быть некая оптимальная форма (степень) государственного участия в планировании, поддержке скорейшего сооружения энергетических инфраструктур?

Ответом на эти «энергетические вызовы» XXI в. должно быть выстраивание и апробация адекватной концепции энергетического развития страны, включающей в себя:

1. Разработку перспективной территориальной схемы размещения энергетической инфраструктуры;
2. Выработку широкого спектра стратегий энергообеспечения разных проектов территориального развития с учетом масштабов страны, существенных территориальных различий;
3. Отработку набора взаимосвязанных схемных решений с комплектами (кластерами) оборудования отраслевого и коммунального энергообеспечения;
4. Создание и апробация комплекса решений инфраструктурного освоения труднодоступных территорий с экстремальными природными условиями;
5. Создание специального Кодекса об основах политики обеспечения жизне-

деятельности и безопасности страны, определяющего рамочные условия функционирования систем энергообеспечения на основе реализации базовых конституционных прав и свобод.

Согласование успешной и эффективной эксплуатации СЦТ 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.

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- и водоснабжения, канализации, специализированными системами жизнеобеспечения северных территорий. Эволюция сопутствующих правоустанавливающих институциональных принципов в этой сфере также должна вбирать в себя современные концепции регулирования услуг общественного назначения, увязки роста тарифов с разработкой программ комплексного развития энергетических систем городов, законодательство о концессиях. □

1. Байдаков С.Л., Гапо Е.Г., Анохин С.М. ЖКХ России / Деп. ВИНТИ, 3 марта 2005 г., №305 — В2005. www.rosteplo.ru/kniga\_gkh.php  
2. Гапо Е. Г. Особенности эволюции городов, промузлов, территориальных систем жизнеобеспечения. — М, Центр системных исследований, 2006.  
3. Кудрин Б. И. Техногенная самоорганизация. — М.: Центр системных исследований, 2004.