

## Особенности и противоречия функционирования систем теплоснабжения и пути их рационализации

К.т.н. Е.Г. Гашо, доцент, Московский энергетический институт (технический университет)

Одна из самых масштабных и наукоемких технических систем – теплоэнергетический комплекс страны – встречает свой вековой юбилей в условиях, существенно отличающихся от первоначальных. Чтобы понять, насколько изменились эти условия, сделаем короткий экскурс в прошлое. Индустриализация новых регионов и территорий, масштабное строительство жилья, развитие централизованного теплоснабжения привело к существенному росту тепловых нагрузок как в промышленности, так и в коммунальном комплексе. Потребовалось создание новых источников тепловой и электрической энергии. Произошел существенный рост единичной мощности ТЭЦ, увеличились начальные параметры пара. Росли магистральные и «вторичные» распределительные сети, к старым сетям подключались новые потребители пара, горячей воды. Наряду с мощными теплофикационными турбинами нового поколения Т-100-130, Т-175/185-130, Т-250-240 получили развитие турбины с промышленными отборами пара для технологических нужд ПТ-60-130, ПТ-135-130, противодавленческие турбины Р-50-130, Р-100-130 для обеспечения технологическим паром крупных предприятий металлургии, химии, нефтехимии [13, 14].

Одновременно с началом строительства в городах-миллионниках атомных станций теплоснабжения (АСТ), разрабатывались проекты атомных станций промышленного теплоснабжения (АСПТ), проводились активные разработки хемотермических систем дальнего теплоснабжения [7]. Эффективность функционирования таких систем в значительной мере оценивалась по эффективности работы источника, КПД которого по своим термодинамическим параметрам определялся лишь возможностями материалов и температурными характеристиками низкопотенциальных потребителей тепловой энергии, т.е. систем отопления, вентиляции и др. При этом распределительная сеть рассматривалась в основном как второстепенный механизм распределения и доставки тепловой энергии.

В то же время опыт эксплуатации систем водо- и теплоснабжения с большой присоединенной нагрузкой показывает, что затраты на содержание систем транспорта и распределения воды и теплоты становятся существенными и, в процессе их старения, определяющими, при дальнейшей оценке эффективности всей системы в целом. Современные системы централизо-

ванного энергообеспечения с разнородной нагрузкой являются разветвленными и распределенными системами, как правило, обратного типа, с нестационарными теплогидравлическими режимами функционирования. В частности, для систем коммунального теплоснабжения, тепловая нагрузка весьма существенно меняется в течение непосредственно отопительного периода, в течение суток; расход сетевой воды (общий и по отдельным видам нагрузок) колеблется в зависимости от потребления воды абонентами, т.е. населением.

Расчетные параметры систем теплоснабжения многих систем теплоснабжения в конкретный год эксплуатации существенно отличаются от расчетных проектных параметров, что приводит к разрегулировке тепловых и гидравлических режимов. Ближние абоненты при этом могут получать теплоты сверх необходимости, дальние – испытывают дефицит тепла, повышаются расходы теплоносителя и затраты электроэнергии на его «прокачку» по сети. В то же время проектирование систем теплоснабжения согласно нормативным документам и правилам производится на максимальную (перспективную) нагрузку при наибольшем расходе сетевой воды (или другого теплоносителя).

Существующие методики расчета параметров теплосетей носят самый общий характер, не учитывая различных нюансов и территориальных особенностей конкретных сетей, и обеспечивают точность не выше 20-30%. Построение оптимальных температурных графиков и подбор оборудования можно производить лишь на основе современного программного обеспечения, учитывающего эти региональные особенности с дополнительным исследованием гидравлических режимов и наладкой сети.

Ключевые технологические особенности территориально распределенных централизованных систем энергообеспечения можно перечислить в общем виде:

- Общая технологическая целостность системы, общий теплоноситель в системе;
- Наличие разнородного оборудования на разных уровнях системы;
- Наличие разнофункционального и многофункционального оборудования;
- Совмещение стационарных, нестационарных, переходных режимов работы оборудования;
- Разные степени задержки (транспорта) по тепловым и гидравлическим контурам;

- Различное техническое состояние участков и элементов систем централизованного теплоснабжения (СЦТ);
- Разное интегральное влияние населения и эксплуатационного персонала на разных участках СЦТ.

Наращивание СЦТ происходило в последнее время практически только за счет присоединения новых зданий и микрорайонов с распределительными сетями. Инфраструктурная реконструкция тепловых магистралей проводилась крайне недостаточно. Условия функционирования СЦТ в разных городах и регионах страны различаются настолько значительно, что в ряде случаев картина меняется качественно (как по источникам, так и непосредственно по сетевым структурам). Присоединение новых районных котельных также производилось по самым разным схемам, в зависимости от ситуации с водой в регионе и ряда других факторов. Есть города и регионы, где до сих пор работают безнадежно устаревшие ТЭЦ малой мощности с агрегатами полувекковой давности. В связи с этим значительную часть тепловой нагрузки берут на себя муниципальные, ведомственные котельные, иногда промышленные ТЭЦ.

Повышение доли централизованного теплоснабжения в городах привело к возникновению новой системной проблемы – затруднению центрального балансового регулирования по всему комплексу потребителей теплоты разного потенциала. Взаимная привязка электрической и тепловой нагрузки в ряде случаев приводит к дисбалансам и сокращению выработки электроэнергии на тепловом потреблении. В то же время эта проблематика особенно актуальна в тех городах, где доля ТЭЦ превышает 60-70% общей нагрузки.

Существенные изменения в режим функционирования всей сети вносят непосредственные абонентские установки, присоединенные через

элеваторные узлы смешения. Падение температуры теплоносителя непосредственно у отопительных приборов приводит к резкому сокращению теплоотдачи, к нехватке теплоты в здании, завышает температуры возвращаемого теплоносителя, ухудшает режим функционирования ТЭЦ при комбинированной выработке теплоты и электроэнергии, в конечном счете, ведет к существенному системному падению эффективности всего комплекса.

Конечно, различные факторы снижения полной эффективности СЦТ достаточно известны специалистам, но речь идет о том, насколько их сочетание в каждом конкретном случае определяет сложившуюся картину в конкретном регионе. Попытаемся вычленить основные системные факторы снижения эффективности СЦТ [10]:

- Износ магистральных и распределительных сетей (изоляция);
- Зашлакованность теплопроводов и отопительных приборов;
- Слабый сток тепла отопительными приборами зданий;
- Нерасчетные режимы большего времени функционирования системы;
- Несбалансированность гидравлических режимов по разным участкам СЦТ;
- Отсутствие современных контрольно-измерительных приборов на базовых участках сети;
- Различная балансовая принадлежность участков и элементов сети;
- Активное влияние потребителей на режимы работы сети;
- Ценовая несбалансированность продукции сетевых предприятий.

Изменение расчетных режимов эксплуатации систем теплоснабжения, как видно из таблицы, достигает по нагрузке 50%, по массовому расходу теплоносителя 45%, по удельному расходу сетевой воды 55%, резко возрастает

**Таблица.** Параметры и характеристики систем теплоснабжения ряда регионов ЦФО РФ [9].

Источники тепла	Тепловая нагрузка		Расход сетевой воды		Удельный расход		Температурный режим			
	Присоед. Гкал/ч	Факт. Гкал/ч	Расчетн. м³/ч	Факт. м³/ч	Расчетн. м³/Гкал	Факт. удельн.	Расчетн. °С	Факт. °С	Расчетн. график	Факт. график
Архангельская ТЭЦ	1299	638	14094	15750	10,8	24,7	-31	-37	150-70	91,5-51
Курская ТЭЦ-1	58	326	8892	8292	15,2	27,2	-26	-22,6	125-70	87-51
Курская ТЭЦ-4	210	140	3066	3568	14,6	27,4	-26	-22,6	120-70	86-55
Курская КСЗР	321	155	4558	4776	14,2	33	-26	-22,6	120-70	86-52
Ефремовская ТЭЦ	260	183	3250	6060	12,5	55,1	-27	-24,5	95-70	63,1-47,5
Первомайская ТЭЦ	90	70	1701	2480	19	40	-27	-21,6	150-70	92-67
Щекинская ГРЭС	36	29	828	833	23	31	-27	-24,6	105-70	79-47
Тамбовская ТЭЦ	579	315	6676	9750	11,5	31	-28	-27	130-70	74-53
Дягилевская ТЭЦ	400	171	5680	3737	14,2	22,5	-27	-25	130-70	91-48,6
Алексинская ТЭЦ	158	87	3570	3619	22,6	45,5	-27	-23	100-70	83-61
Смоленская ТЭЦ-2	649	443	10513	11231	16,2	29,2	-26	-16	115-70	85,2-51,9

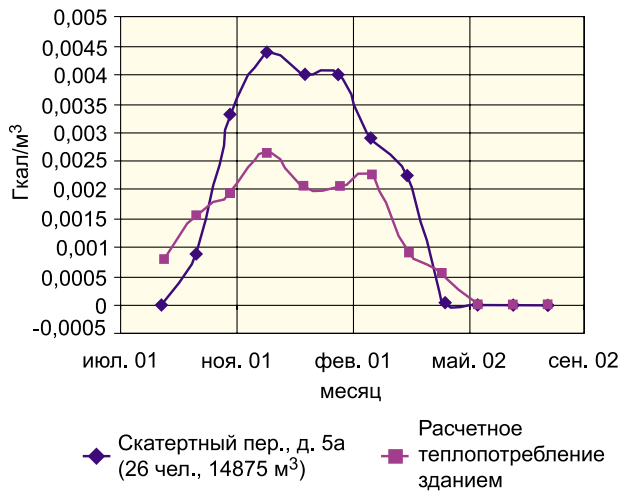


Рис. 1. Сравнение расчетных и фактических значений теплопотребления здания с термическим сопротивлением ограждений  $R=1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

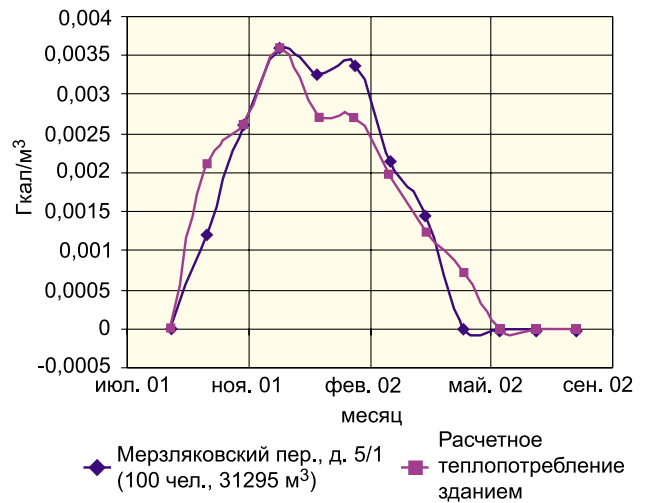


Рис. 2. Сравнение расчетных и фактических значений теплопотребления здания с термическим сопротивлением ограждений  $R=1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

удельный расход воды на единицу переданной сетью тепловой энергии, и, соответственно, затраты электроэнергии.

Уникальность ситуации каждой распределенной СЦТ приводит к важным методическим последствиям:

- наличие разнородных потребителей энергоресурсов определяет уникальные графики и режимы энергоиспользования (балансы и дисбалансы);
- частные оптимизационные решения и отдельные агрегаты не выправят ситуацию по всей системе;
- применение индивидуального регулирования (по зданиям, фасадам, квартирам) без согласования по укрупненным контурам может привести к увеличению дисбалансов;
- нахождение главных резервов и потенциалов энергосбережения в ряде случаев является задачей многофакторного анализа;
- принципиально важным является поэтапное согласование режимов (балансов) от первичных потребителей к укрупненным контурам и системе в целом.

Коммунально-промышленные объекты и комплексы различного состава и размера являются наиболее разветвленной и распределенной системой как по электро-, так и по тепловой нагрузке. Кроме этого, эти объекты требуют подвода топлива, воды, промышленных энергоносителей, обустройства системами промышленной и бытовой канализации. Базовые магистрали разветвляются на десятки субмагистралей, далее – десятки интегральных объектов (зданий), каждое из которых может включать десятки и сотни конкретных потребителей. Совокупная степень распределенности на 3-4 уровнях иерархии может достигать несколько тысяч потребителей, расположенных на площади в несколько тысяч гектар. В зависимости от особен-

ности присоединения и энергоклиматических параметров объектов потребители осуществляют регулирование потребления различных ТЭР по отопительной нагрузке, горячему водоснабжению и др.

Собственно, проблема технически состоит в том, что такая распределенная система функционально обеспечивает приемлемую доставку энергоносителей разного потенциала тысячам потребителей, и задача сочетать это с регулированием функционально не предусматривалась. Плотность тепловой нагрузки в 1-3 МВт/га требует разветвленной системы присоединения потребителей к общим источникам энергии, с соответствующим обеспечением балансового регулирования. Осуществлять же приемлемое балансовое регулирование только централизованным образом в настоящее время практически невозможно. Именно возникающие дисбалансы энергии разного потенциала являются главным фактором снижения расчетной эффективности функционирования, физических потерь энергоресурсов или потерь качества (потенциала) энергоносителей, аварийных ситуаций.

В качестве примера приведем значения дисбалансов прихода тепла с отопительной системой и теплопотерь зданиями с разными термическими сопротивлениями ограждений, полученные в ходе реализации программы энергосбережения в Центральном округе Москвы [3, 4]. Эти два типа зданий связаны единой распределительной сетью в пределах одного микрорайона, поэтому несбалансированность теплогидравлических режимов приводит к существенным перетокам (до 18%) по всему комплексу зданий в целом (рис. 1, 2).

Анализ процессов энергообеспечения пространственно распределенных объектов с помощью существующих подходов и методик дает

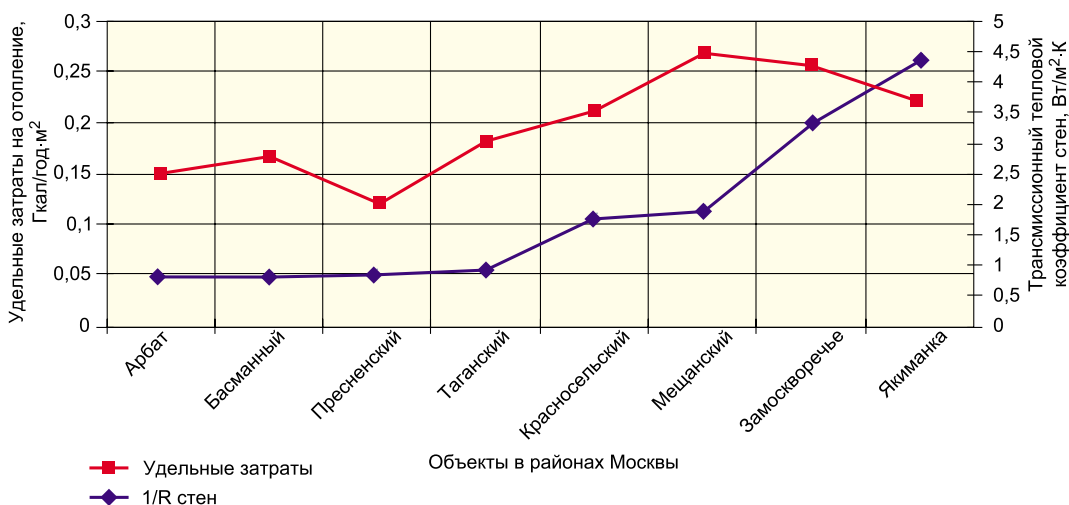


Рис. 3. Сопоставление удельных затрат на отопление зданий в объектах энергетической эффективности Москвы.

результаты практически только в направлении совершенствования непосредственно сосредоточенных энерготехнологических агрегатов. Вместе с тем уже системы энергоснабжения зданий, не говоря о предприятиях, обладают признаками распределенности, которые обуславливают особый характер функционирования, специфику номинальных и нестационарных режимов, особенности регулирования и управления системой.

В случае отдельных объектов в районах Центрального округа Москвы в целом наблюдается устойчивая тенденция зависимости расходов тепла на отопление от теплофизических параметров ограждений (рис. 3).

Эффективная и безопасная работа коммунальных систем жизнеобеспечения возможна лишь при согласовании технических, организационно-экономических и правовых особенностей источников ТЭР, транспортных магистралей и потребителей. Полагаем принципиально важным срочное создание корректных методических принципов оценки эффективности всего комплекса с разбивкой по составным частям, что позволит выявлять критические звенья энергосбережения [6].

Вышеперечисленное свидетельствует в пользу необходимости перехода к новой идеологии анализа и синтеза, создания и рационализации распределенных систем энергообеспечения коммунальных и технологических комплексов. Применение различных измерительно-регулирующих устройств и комплексов ряда зарубежных фирм носит в основном фрагментарный характер, обусловленный проблемами не технического, а экономико-политического плана. Не решен методически и законодательно вопрос о разделении и адекватном учете нормативной и сверхнормативной части сетевых потерь. Используемый в настоящее время «по умолчанию» порядок «балансового» разнесения всех сетевых

потерь пропорционально нагрузкам всех абонентов ставит потребителей в неравное положение. Потребители ТЭР, оснащенные счетчиками, платят только по показаниям приборов учета, и их часть сетевых потерь перекалывается на всех остальных; возникает парадокс – чем больше учета, тем больше платят остальные абоненты за чужие потери, невзирая на проведение реального энергосбережения.

Выше уже отмечалось, что ситуация в каждой распределенной системе теплоснабжения является достаточно уникальной, и в этой связи выглядит несколько странным полагаться на предлагаемые в качестве очередной «энергетической панацеи» солнечные нагреватели, встроенные автономные источники, системы «квартирного отопления» и другие маркетинговые уловки производителей.

Речь идет о понимании проблематики энергетической эффективности территориально распределенных 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. Безусловно, в каждом конкретном случае выбор технических решений и функционального энергетического оборудования должен базироваться на поэтапном сведении и рационализации балансов потребляемой и генерируемой энергии [11].

В такой постановке проблемы соответствующие «экологические ниши» появляются у различного оборудования – от утилизаторов тепла до детандер-генераторов, подтопочных устройств, тепловых насосов, аккумуляторов энергии. Кстати говоря, одно из наиболее эффективно и часто применяемых устройств – частотно-регулируемый привод насосов воды – в полной мере является удачной иллюстрацией такого

распределенного управления энергопотреблением. Развитые энергетические инфраструктуры в любом случае являются предпосылкой более полного использования всего потенциала энергоносителей.

Степень централизации теплоэнергоснабжения, таким образом, оказывается куда более серьезным фактором обеспечения жизненно важных потребностей общества в виде комплекса различных энергоресурсов, чем скороспелые решения сооружения различных автономных источников тепловой энергии. Согласование предпосылок успешной и эффективной эксплуатации СЦТ с окупаемостью капитальных затрат массового строительства или реконструкции, не может быть отдано на откуп стихийным рыночным механизмам и магии банковского процента рефинансирования, а является важнейшей прерогативой государственной политики энергосбережения [4, 5].

В небольшой статье невозможно дать исчерпывающую характеристику как насущной проблематике современного теплоснабжения, так и проводимым в этом направлении разноплановым работам. Но можно и нужно выразить твердую уверенность в необходимости дальнейшего эффективного развития теплоэнергетического комплекса страны на новом методическом и техническом уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарин В.Г. Энергию надо тратить. // Энергия: экономика, техника, экология. 2002 г. № 11. С. 23-28.
2. Гашо Е.Г., Спиридонов А.Г. Функциональные особенности отопительных систем и комплексная оценка их эффективности. // Новости теплоснабжения. 2002 г., № 2.
3. Гашо Е.Г. Рационализация коммунального теплоснабжения: территориальный опыт создания и тиражирования объектов энергоэффективности и энергосбережения. // Новости теплоснабжения. 2003 г., № 5. С. 44-49.
4. Дегтев Г.В. Организационно-экономические аспекты реализации программы энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве Центрального административного округа. // Энергосбережение. 2002 г. № 6. С. 9-12.
5. Клименко А.В., Клименко В.В. Приведет ли развитие теплоэнергетики к экологическому коллапсу. // Теплоэнергетика. 1990 г. № 10. С. 4-9.
6. Концепция развития теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу. Принята Департаментом Госэнергонадзора РФ. – М., 2002 г.
7. Корякин Ю.И. Окресности ядерной энергетики России: новые вызовы. – М., Изд-во ГУП НИКИЭТ, 2002 г. – 334 с.
8. Мастепанов А.М., Саенко В.В., Шафраник Ю.К. Экономика и энергетика регионов. – М.: Экономика, 2001 г. – 476 с.
9. Методическое пособие по энергосбережению в протяженных системах централизованного теплоснабжения. М.: Объединение ВНИПИЭнергопром, 2001 г.
10. Национальный Доклад о теплоснабжении Российской Федерации. // Новости теплоснабжения. 2001 г., № 4.
11. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промпредприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
12. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 1999 г.
13. Теплофикация СССР. Сборник статей под общ. ред. С.Я.Белинского, Н.К.Громова. – М., «Энергия», 1977 г. – 312 с.
14. Хрилев Л.С. Теплофикационные системы. – М., Энергоатомиздат, 1988 г. – 272 с.

## О выборе основополагающих принципов организации работ в сфере энергосбережения

К.т.н. А.А. Гришан, Управление Госэнергонадзора по Приморскому краю

По данным Института энергетической стратегии Минэнерго РФ [1], с учетом имеющихся в распоряжении общества природных ресурсов, энергетический сектор в координатах «экономика-энергетика-экология» не может быть доминирующим фактором устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Вместе с тем, хозяйствующие субъекты, ориентированные на успешный бизнес, не могут при планировании успеха обойти вниманием тот факт, что, чем больше выпущено товаров или произведено работ (услуг) при равном энергопотреблении, тем лучше соотношение «выручка/затраты». Для потребителей, в свою очередь, важен показатель эксплуатационной энергоёмкости готовой продукции. Совокуп-

ность множества частных успехов, основанных на эффективном энергопотреблении в различных сферах экономики, формирует в конечном итоге устойчивое развитие региона. Если при этом иметь в виду, например, жилые здания, как вид продукции, то можно распространить этот тезис на долгосрочную перспективу – на 50 и более лет.

В связи с этим представляется, что энергосбережение может рассматриваться в качестве фактора, объединяющего основные координаты устойчивого развития в единую систему, а также способствующего достижению его целей. Однако новизна предполагаемой системообразующей роли для энергосбережения требует уточнения некоторых отправных позиций в целях