

## ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В статье кратко охарактеризованы особенности современного теплоснабжения в условиях сложившейся экономической ситуации, рассмотрены причины снижения энергоэффективности и тенденции развития современной теплофикации, приведены примеры зарубежного опыта, сформулированы основные задачи и предложены критерии оптимизации экономии топливно-энергетических ресурсов в системах теплоснабжения.

Энергетическая независимость – серьезное преимущество экономики государства и весьма важная предпосылка ее устойчивого роста. Для реализации этого преимущества необходимо рациональное и экономичное использование как первичных энергоресурсов, так и вырабатываемой энергии. Из всех форм вырабатываемой энергии наиболее широкое использование находят два вида энергии – электрическая энергия и теплота низкого и среднего потенциала, на выработку которых в настоящее время затрачивается свыше половины всех используемых первичных энергоресурсов. Теплоснабжение является одной из основных подсистем энергетики. На теплоснабжение народного хозяйства и населения расходуется около трети всех используемых первичных топливно-энергетических ресурсов. Основным направлением совершенствования этой подсистемы являются концентрация и комбинирование производства теплоты и электрической энергии (теплофикация) и централизация теплоснабжения [1].

Действительно, централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепла и электрической энергии имеет очевидные преимущества: обеспечивает основную долю потребности в тепле промышленного и жилищно-коммунального хозяйства, существенно уменьшает расходование топливно-энергетических ресурсов, а также материальных и трудовых затрат в системах теплоснабжения. В свою очередь, эффективность работы системы теплоснабжения во многом зависит не только от рационального размещения теплоэлектроцентралей, которые стремятся по возможности приблизить к крупным потребителям тепла и электрической энергии. Централизованное теплоснабжение от теплоэлектроцентралей сочетается с целесообразным применением экономичных котельных установок и утилизацией вторичных энергоресурсов промышленных предприятий. Каждый из этих источников теплоснабжения имеет свою область целесообразного использования. Кроме того, централи-

зация теплоснабжения способствует благоустройству теплоснабжаемых районов и повышению комфортабельности теплоснабжаемых зданий, позволяет уменьшить трудозатраты на обслуживание теплового хозяйства городов и промышленности, облегчает использование низкосортного топлива.

Однако кризисные явления, наблюдаемые в последние годы в экономике страны, крайне негативно сказались на работе систем централизованного теплоснабжения. Резко снизилась эффективность комбинированной выработки электричества и теплоты, существенно возросли потери при транспорте теплоты, понизился уровень эксплуатации систем теплоснабжения городов. Низкое качество теплоснабжения привело к массовому, нередко несанкционированному покрытию потребителями отопительной нагрузки от систем электро- и газоснабжения [2].

Вместе с тем развитие промышленности и широкое жилищно-коммунальное строительство вызывает непрерывный рост тепловой нагрузки. Одновременно идет процесс концентрации этой нагрузки в крупных городах и промышленных районах, что создает базу для дальнейшего развития теплофикации и централизованного теплоснабжения. Многолетний опыт эксплуатации тепловых сетей, как в нашей стране, так и за рубежом, указывает на то, что никакие меры по улучшению технических характеристик автономных источников тепловой энергии, какими бы они ни были совершенными и экономичными, не могут сравниться по уровню экономии топливно-энергетических ресурсов с централизацией теплоснабжения и теплофикацией.

Для поиска путей реального снижения затрат топлива весьма полезно обратиться к зарубежному опыту экономии топливно-энергетических ресурсов в системах теплоснабжения [3]. Наибольший интерес представляют меры, принятые зарубежными фирмами в период энергетического кризиса 1970 годов. Организационные и технические меры, принятые

энергоснабжающими компаниями западных стран и работающими по заказам этих компаний исследовательскими организациями, характеризовались решительностью, прагматизмом и высокой эффективностью предпочтение отдавалось поиску конкретных технических решений, дающих очевидный и значительный выигрыш в энергетической эффективности тепло- и электроснабжении.

В ФРГ, Дании, Нидерландах произошло радикальное изменение структуры теплогенерирующих мощностей. В полной мере был учтен позитивный опыт централизованного теплоснабжения на базе комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ (теплофикации) в Советском Союзе. К началу 80-х годов в ФРГ эксплуатировались 135 ТЭЦ [4] с теплофикационными турбоагрегатами большой единичной мощности. Так, в Мангейме в 1982 году были введены в эксплуатацию турбоустановки электрической мощностью 400 МВт с отопительными отборами пара тепловой мощностью 465 МВт. Развитию крупных систем централизованного теплоснабжения и ТЭЦ способствовало активная государственная поддержка.

Как в Западной Европе, так и в США и Японии в 70-80-х годах построено значительное количество ТЭЦ с газотурбинными и парогазовыми установками.

Существенный прогресс в энергосбережении на западе достигнут за счет совершенствования систем транспорта теплоты.

Ускоренное развитие теплофикации и централизованного теплоснабжения обусловило строительство крупных и сверхкрупных, вплоть до региональных, систем транспорта теплоты в странах Западной Европы. Лидером в развитии этих систем в 70-80 года стала Дания. Протяженность теплопровода Архуса составила 100 км, а Копенгагена – 157 км [5].

В отечественных системах теплоснабжения их укрупнение нередко сопровождалось ростом потерь теплоносителя и теплоты, удорожанием теплопроводов, понижением управляемости и надежности, именно по этому в нашей стране в последние десятилетия стало вырабатываться скептическое отношение к крупным системам централизованного теплоснабжения и появился интерес к заведомо менее эффективным в термодинамическом отношении мелким автономным системам, главным достоинством которых является отсутствие протяженных тепловых сетей.

В системах централизованного теплоснабжения Дании, Швеции, Финляндии, а в последствии и других европейских стран укрупнение систем транспорта теплоты, напротив, происходило одновременно с радикальным повышением их надежности, снижением стоимости теплопроводов и потерь в сетях.

Впечатляющие достижения в этой области связаны, прежде всего, с массовым применением бесканальной бескомпенсаторной прокладки теплопроводов заводского изготовления со встроенными проводными системами обнаружения мест увлажнения теплоизоляции [6]. Наибольшее распространение получила конструкция теплопроводов с защитой трубой-оболочкой из высокоплотного полиэтилена и пенополиуретановой теплоизоляцией.

Затраты на эксплуатацию и ремонт теплопроводов этой конструкции многократно ниже, чем на эксплуатацию традиционных теплопроводов в каналах, благодаря существенному повышению надежности и уменьшению потерь теплоты и теплоносителя. Так, при эксплуатации новых теплопроводов достигается принятая в Дании предельная норма потерь сетевой воды до одного кубометра в сутки на жилой район, эквивалентный 300 условным отдельным домам [7]. Подпитка системы с такими утечками сетевой воды составила бы не более 10-20 т/ч в расчете на средний российский областной центр. Фактически же величина потерь сетевой воды в среднем российском городе превышает 1000 т/ч.

Таким образом, необходимо, прежде всего, полностью использовать уже имеющиеся в отечественных системах теплоснабжения преимущества: широкое распространение термодинамически более выгодной комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, высокую степень централизации теплоснабжения, к которой в западных странах пришли в конечном итоге именно в интересах энергосбережения. Сказанное не исключает применение компактных и экономичных автономных источников теплоснабжения, но только в тех случаях, когда их применение не приведет к увеличению потребления топлива в регионе по сравнению с теплофикационной выработкой теплоты.

Как известно, выбор рациональной степени централизации теплоснабжения, т. е. числа источников теплоснабжения для удовлетворения тепловой нагрузки района, зави-

сит от ряда экономических и территориальных условий. С повышением степени централизации, т. е. уменьшением числа источников теплоснабжения, как правило, повышается экономичность выработки теплоты и снижаются начальные затраты и расходы по эксплуатации источников теплоснабжения, но одновременно увеличиваются затраты на сооружение тепловых сетей и эксплуатационные расходы по транспорту теплоты. Таким образом, для разрешения проблемы повышения эффективности современного теплоснабжения необходимо, во-первых, использовать уже имеющиеся преимущества существующих централизованных систем, во-вторых, для достижения наилучшего эффекта оптимизировать макроструктуру систем теплоснабжения. Для этого необходим поиск новых методов повышения эффективности использования энергетических ресурсов.

Для постановки оптимизационной задачи в первую очередь необходимо выбрать критерий оптимизации, т. е. наиболее важный количественный признак, на основании которого требуется выявить наилучший вариант или множество наилучших условий функционирования системы.

В инженерных приложениях обычно выбираются критерии экономического характера. Однако спектр возможных формулировок таких критериев весьма широк; при определении критерия оптимизации могут использоваться такие экономические характеристики, как валовые капитальные затраты, издержки в единицу времени, чистая прибыль в единицу времени, доходы от инвестиций, отношение затрат к прибыли или собственный капитал на данный момент времени. Однако оптимизационный критерий, минимизация которого обеспечивает наилучшие экономические характеристики системы, может основываться также на некоторых технологических факторах, например, когда требуется минимизировать продолжительность процесса производства изделия, максимизировать темпы производства, минимизировать количество потребляемой энергии, максимизировать величину крутящего момента и т. д. Как правило, большинство инженерных задач оптимизации связаны именно с поиском оптимального технологического критерия, обеспечивающего наилучшие с экономической точки зрения параметры исследуемой системы.

Существующие критерии оценки эффективности централизации теплоснабжения, как правило, используются для решения узконаправленных, часто специфичных оптимизационных задач. При определении комплексного критерия следует учитывать тот факт, что централизация может быть осуществлена при подаче теплоты не только от теплоэлектроцентралей, но и от других источников, например, крупных котельных или промышленных теплоутилизационных установок.

Кроме того, во время эксплуатации тепловых сетей по многим причинам происходит разрегулирование процесса теплоснабжения, и возникают так называемые переменные тепловые режимы (при отклонении от расчетных температур, при пуске и останове оборудования и др.). В технической литературе они практически не рассматривались. Нормативно-директивная документация также не содержит показателя, с помощью которого можно было бы в таких ситуациях определить, когда и насколько эффективнее работает теплосеть, например, с параметрами  $t_{\text{н}}/t_{\text{о}} = 79/60^{\circ}\text{C}$  или  $91/69^{\circ}\text{C}$ . Встречающиеся в технических отчетах предприятий некоторые величины можно отнести к дополнительным и вспомогательным (утечка сетевой воды, потеря теплоты при ее транспорте, расход электроэнергии на перекачивающие сетевые насосы и др.). К тому же все это в большей мере касается всего лишь одного звена теплофикации – транспортировки и перераспределения теплоты. А как реализуется основная задача теплосети и тепломагистрали – в полной мере отдать теплоту потребителю и там рационально использовать ее – не отражается ни одним показателем.

Упускается в общей деятельности тепловых сетей оценка еще одной очень важной фазы – отдачи тепла теплоприемникам и теплообменникам. Например, не будет достоверной и полной информация об эффективности работы всей ТЭЦ, взятая только по показателю одиночного, хотя и главного объекта электростанции – по котлу или турбине. Их коэффициенты полезного действия каждый в отдельности не дают достаточной оценки в целом по всему термодинамическому циклу ТЭЦ. Только совместное рассмотрение определяет общий единый КПД станции по выработке электроэнергии [8].

Совсем по-иному складывается ситуация оценки эффективности теплофикации, которая

содержит все три звена – генерирование теплоты, передача (транспортировка и распределение) и конечное использование приемником. Здесь традиционно рассматривается каждое из звеньев в отдельности, а последнее звено часто вообще остается без оценки. В итоге остается, не известен их единый общий (или хотя бы двух последних звеньев) коэффициент эффективности использования тепловой энергии сетевой воды. Хотя это важно для всего технологического процесса в целом, потому что теплота как конечный продукт ТЭЦ через возвращаемую сетевую воду имеет жесткую обратную связь с первоначальным источником – электростанцией или водогрейным котлом. И в большей мере

отрицательно влияет на все три звена технологического процесса.

Таким образом, для оптимизации теплоснабжения необходима методика оценки энергоэффективности, опирающаяся на комплексный критерий, учитывающий все звенья технологического процесса. На наш взгляд, одним из наиболее перспективных методов в этом направлении может стать метод оптимизации структуры энергетических потоков централизованного теплоснабжения на основе определения потенциала энергосбережения и использовании шкалы энергоэффективности по критериям минимума энергетических затрат и приведенных затрат.

**Список использованной литературы:**

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергоиздат, 2004.
2. Шарапов В.И., Ротов П.В. Кто и как осуществляет сегодня теплоснабжение городов // Новости теплоснабжения. 2001, №2.
3. Rudig Wolfgang. Combined heat and power for district heating // Phis. Technol. 1986, №3.
4. Persson Tina, Jander Lars, Stockholm – the city of large heat pumps // ASEA Journal. 1985, №2.
5. Winkens H.P. Surveying report of the Study Committee for General Questions: District heating development situation and future possibilities in the Countries of UNICHAL during 1973 and 1982 // Fernwarm international 4<sup>th</sup> edition. 1985.
6. Madsen Mads. 45 000 km of prefabricated pipes in Europe // Fernvarmen. 1985. №3.
7. Kristensen O. Watertreatment. Hjallerup: Hdro-X A/S. 1985.
8. Г.А. Рябцев, В.И. Рябцев. Новый общий показатель эффективности работы теплосети // Новости теплоснабжения. 2003, №9.