

СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОМПЛЕКСНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

УДК 620:621.31

Е.Е. НИКИТИН, канд. техн. наук
Институт газа НАН Украины, г. Киев

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ УКРАИНЫ

Рассмотрены концептуальные вопросы модернизации теплообеспечения населенных пунктов: комплексный системный подход, многовариантность рассматриваемой задачи, долговременное прогнозирование цен на топливно-энергетические ресурсы и спроса на тепловую энергию, проведение энергоаудитов, внедрение систем энергетического менеджмента и широкое использование энергетического перформанс-контракта.

Ключевые слова: термомодернизация зданий и систем теплоснабжения.

Актуальность проблемы модернизации систем теплоснабжения населенных пунктов Украины отмечается в ряде работ [1, 2]. Данная работа посвящена комплексному рассмотрению проблемы теплообеспечения населенных пунктов, включая тепловые источники, сети и здания.

В Украине насчитывается 29355 населенных пунктов, в которых проживает 45,6 млн человек. Жилой фонд Украины насчитывает 19,3 млн квартир общей площадью 1,1 млрд м². Услуги централизованного теплоснабжения оказывают 268 предприятий, которые эксплуатируют 3112 котельных с установленной мощностью 127235 Гкал/ч. Централизованное теплоснабжение населенных пунктов осуществляется также от 44 ТЭС с электрической мощностью 36,5 млн кВт и 5 АЭС. Общая протяженность тепловых сетей централизованных систем теплоснабжения составляет 33836 км (в двухтрубном исчислении).

Основным видом топлива для теплообеспечения населенных пунктов является природный газ, потребление которого предприятиями коммунальной теплоэнергетики в период отопительного сезона 2010–2011 годов составило 8963,9 млн м³. Отпуск тепловой энергии предприятиями теплоснабжения составляет 97784 тыс. Гкал (см. сайт minregion.gov.ua).

В сфере централизованного теплоснабжения населенных пунктов накопился целый ряд взаимосвязанных проблем, которые имеют технические, финансово-экономические, социальные, нормативно-правовые и политические аспекты: низкие теплоизоляционные характеристики большинства существующих зданий; значительный физический износ и низкая энергоэффективность оборудования; низкое качество услуг централизованного теплоснабжения; отсутствие приборов и практики учета отпуска и потребления тепловой энергии; разница в цене на природный газ для теплоснабжающих организаций и для населения; массовое бессистемное отключение потребителей тепловой энергии и горячей воды, наличие зданий, в которых только часть квартир отключена от централизованной системы; неоптимальная структура и теплогидравлическая разрегулировка централизованных систем теплоснабжения; отсутствие экономических стимулов для внедрения энергоэффективных мероприятий и привлечения инвестиций в модернизацию систем теплоснабжения; отсутствие в государственном секторе экономики достаточных финансовых ресурсов для термомодернизации зданий и систем теплоснабжения; низкий уровень организации жильцов многоквартирных зданий для проведения термомодернизации; наличие социально незащищенных слоев населения, неспособных оплатить реальную стои-

© Е.Е. НИКИТИН, 2012

мость потребленной тепловой энергии при существующей рыночной цене на природный газ; значительная зависимость систем теплоснабжения большинства населенных пунктов от одного вида топлива – природного газа.

Функционирование централизованного теплоснабжения населенных пунктов Украины связано с оборотом крупных финансовых ресурсов. Так, стоимость потребленного за один отопительный сезон природного газа для нужд теплоснабжения составляет около 14 млрд грн, стоимость отпущенной тепловой энергии – около 24 млрд грн (при средней стоимости тепловой энергии около 250 грн/Гкал). Еще более значительные суммы связаны с модернизацией сферы теплообеспечения. Стоимость замены 20% труб тепловых сетей (средний диаметр 200 мм, ориентировочная стоимость предварительно изолированной трубы – 1000 грн/м п.) составляет около 68 млрд грн. Стоимость термомодернизации 50% жилого фонда составляет около 500 млрд грн (ориентировочная стоимость комплексной термомодернизации – 800 грн/м²).

Приведенные цифры носят весьма приближенный характер, тем не менее очевидно, что в сфере теплообеспечения сфокусированы крупные интересы не только потребителей тепловой энергии, главным из которых является население, но и целого ряда субъектов соци-

ально-экономической деятельности (см. таблицу).

Как видно из таблицы, интересы потребителей тепловой энергии и других субъектов социально-экономической деятельности совпадают не в полной мере, а в отдельных случаях и противоречат друг другу. Поэтому без четко сформулированной долговременной политики государственного регулирования сфера теплообеспечения населенных пунктов эффективно функционировать не может. С иной стороны, очевидно, что государственный сектор экономики не располагает достаточными финансовыми ресурсами для проведения энергоэффективной модернизации сферы теплообеспечения. Необходимо привлечение негосударственных финансовых ресурсов. Государственное регулирование и привлечение негосударственных финансовых ресурсов возможно только на основе долговременной и четко сформулированной стратегии. В данной работе рассматриваются некоторые концептуальные вопросы этой стратегии.

Комплексный подход к термомодернизации зданий и систем теплоснабжения. В наследство от СССР Украине перешли мощные централизованные системы теплоснабжения, обеспечивающие тепловой энергией «холодные» здания. Долгое время сохранялась традиция отдельного рассмотрения проблем

Таблица – Целевые установки субъектов социально-экономической деятельности в сфере теплообеспечения населенных пунктов

Субъект социально-экономической деятельности	Целевые установки
Потребители тепловой энергии	Комфортный и надежный тепловой режим в помещениях по доступной цене
Теплоснабжающие организации	Обеспечение рентабельности производства и увеличение объемов сбыта тепловой энергии
Органы местной исполнительной власти	Снижение затрат на теплоснабжение объектов бюджетной сферы. В отдельных случаях, стремление переложить ответственность за теплоснабжение жилых домов на владельцев квартир
Органы центральной исполнительной власти	Энергетическая независимость и экологическая безопасность страны
Поставщики топлива и электрической энергии	Увеличение объемов сбыта топлива и электроэнергии
Поставщики оборудования и услуг	Увеличение объемов поставок энергетического оборудования, материалов и услуг определенных видов
Финансовые организации, инвесторы	Выгодное вложение финансовых ресурсов, гарантии возврата вложенных средств

теплоснабжения и термомодернизации зданий. При этом приоритетными оставались вопросы модернизации централизованных систем теплоснабжения, а вопросам термомодернизации зданий не уделялось должного внимания. Только в последнее время, благодаря ряду публикаций, в том числе [3], а также работам, проведенным в рамках проекта USAID «Реформа муниципального теплоснабжения», получило распространение положение о комплексном подходе к разработке программ модернизации систем теплоснабжения и термомодернизации зданий в рамках единого энергетического плана населенного пункта.

Основным аргументом сторонников раздельного рассмотрения проблем модернизации систем теплоснабжения и термомодернизации зданий является высокая стоимость термомодернизации зданий, с одной стороны, и стремительное исчерпание ресурса существующих централизованных систем теплоснабжения, требующее немедленного реагирования, с другой стороны. Эти факторы нельзя не принимать во внимание. Однако правильным представляется решение разделить задачи стратегической модернизации и планово-предупредительных ремонтов тепловых сетей и источников. В настоящей работе рассматриваются вопросы долговременной комплексной термомодернизации зданий и систем теплоснабжения в рамках единого энергетического плана населенного пункта.

Модернизация сферы теплообеспечения как задача оптимизации. Проблему модернизации сферы теплообеспечения населенных пунктов следует рассматривать как многовариантную задачу оптимизации, для описания которой следует сформулировать основные критерии оптимизации, дополнительные целевые установки и ограничения, а также множество рассматриваемых вариантов.

Основным критерием оптимизации является минимизация суммарных (капитальных и эксплуатационных) затрат за период эксплуатации рассматриваемых объектов [4]. Выбор планируемого периода определяется сроком службы рассматриваемых объектов и рядом других факторов. Для тепловых источников и сетей срок службы составляет 10–15, для зданий – не менее 50 лет.

Оценка того или иного нового варианта модернизации системы теплообеспечения

населенного пункта осуществляется путем его сравнения с базовым (существующим) вариантом. Характеристики базового варианта существующей системы теплообеспечения, включая характеристики тепловых источников, сетей и зданий, определяются в результате проведения энергетического аудита.

Минимизация суммарных затрат является основным, но не единственным критерием оптимизации. Необходимо принимать во внимание и другие целевые установки: диверсификацию источников энергии и повышение энергетической независимости, социальный эффект (например, создание дополнительных рабочих мест, улучшение внешнего вида зданий) и другие целевые установки. Многокритериальная расчетно-экспертная оптимизация выбора проектов по энергоэффективности рассмотрена в работе [5].

При выборе оптимального варианта системы теплообеспечения следует принимать во внимание ограничения, связанные с необходимостью обеспечения комфортного теплового режима у потребителей тепловой энергии, с необходимостью обеспечения надежности и экологической безопасности теплоснабжения, а также ограничения финансового характера.

Финансовые ресурсы для модернизации системы теплообеспечения населенного пункта ограничены величинами, которые сопоставимы с величиной годового бюджета этого населенного пункта.

Множество вариантов теплообеспечения населенного пункта является результатом сочетания различных опций, главными из которых являются:

- вид используемого топливно-энергетического ресурса (ТЭР) (природный газ, уголь, мазут, электроэнергия, биотопливо, солнечная энергия, сбросная тепловая энергия);

- вид применяемого технического устройства (водогрейный или паровой котел, отопительная печь, ТЭС, АЭС, газопоршневая когенерационная установка, тепловой насос, солнечный коллектор);

- степень централизации системы теплоснабжения (городская, районная, квартальная, домовая, квартирная);

- глубина термомодернизации зданий населенного пункта (отсутствие термомодернизации, термомодернизация зданий бюджетной

сферы, термомодернизация всех зданий, другая программа термомодернизации).

Не вдаваясь в детальное рассмотрение множества возможных вариантов систем теплообеспечения населенных пунктов, можно сформулировать ряд общих положений:

□ Глубокая термомодернизация зданий позволит не только в несколько раз сократить потребление тепловой энергии, но и пропорционально уменьшить необходимую установленную мощность тепловых источников, диаметры тепловых труб, абсолютные потери тепловой энергии при производстве и транспортировке теплоносителя и соответствующие капитальные затраты на замену (модернизацию) тепловых источников и тепловых сетей. Однако вариант теплообеспечения на основе глубокой термомодернизации зданий связан с наибольшими капитальными затратами.

□ Варианты теплообеспечения, связанные с использованием более экономичного оборудования, как правило, являются более дорогостоящими по сравнению с вариантами использования менее экономичного оборудования. Так, стоимость конденсационных котлов почти в два раза превышает стоимость традиционных котлов, однако конденсационные котлы потребляют природного газа на 15 – 20% меньше, чем традиционные. При выборе оборудования следует учитывать то, что доля капитальных затрат в суммарных затратах за период эксплуатации оборудования не является доминирующей. За десятилетний период эксплуатации, доля капитальных затрат для электродкотлов и газовых котлов не превышает 5%, для автоматизированных котлов на щепе, тепловых насосов и комбинированных тепловых источников в составе тепловых насосов и когенерационных установок доля капитальных затрат более существенна, но не превышает 37%. Таким образом, определяющим фактором формирования суммарных затрат является не величина капитальных затрат, а экономичность теплового источника [6].

□ Множество вариантов порождается стремлением найти оптимальную степень централизации теплоснабжения. Крайними вариантами этого множества является вариант сохранения существующей конфигурации системы теплоснабжения, с одной стороны, или полный отказ от ее использования с установкой индивидуальных (домовых или квар-

тирных) тепловых источников, с другой стороны. Промежуточным вариантом является частичное сохранение централизованной системы с выделением отдельных зданий и районов, переводимых на индивидуальное отопление. Оптимальность того или иного варианта по критерию минимизации суммарных затрат зависит, главным образом, от плотности застройки и состояния существующей централизованной системы теплоснабжения. Выбор того или иного варианта осуществляется на основании данных, полученных при проведении энергетического аудита.

Энергоаудит систем теплоснабжения и зданий является отправной точкой разработки энергетического плана населенного пункта. В процессе проведения энергоаудита должны быть решены две основные задачи: оценка показателей технико-экономической эффективности существующей системы теплообеспечения и разработка оптимального варианта модернизации этой системы.

Показатели эффективности существующей системы теплообеспечения должны охватывать такие элементы этой системы, как тепловые источники, тепловые сети и здания и включать в себя следующие группы показателей:

- показатели эффективности использования топлива, электроэнергии и воды;
- показатели надежности системы теплоснабжения;
- показатели качества теплоснабжения;
- показатели динамики изменения объемов услуг теплоснабжения.

Более подробно эти показатели, а также показатели, характеризующие структуру систем теплоснабжения, рассмотрены в работе [7].

Одним из наиболее проблемных и трудоемких вопросов оценки фактического состояния существующих централизованных систем теплоснабжения является определение потерь в тепловых сетях. Замена труб тепловых сетей требует значительных финансовых затрат и имеет, как правило, большой срок окупаемости. Величина потерь в тепловых сетях и уровень их изношенности в значительной мере определяет выбор оптимального варианта теплообеспечения.

Существуют три возможности определения потерь в тепловых сетях:

- расчетным путем на основе экспертной оценки состояния отдельных участков;

– экспериментальным путем на основании выборочных измерений тепловых потерь в отдельных участках и распространения полученных результатов на всю теплотсеть;

– экспериментальным путем на основании показаний приборов учета отпуска на тепловых источниках и потребления у потребителей тепловой энергии.

Результаты, полученные последним методом, являются наиболее достоверными. Однако применение этого метода в настоящее время ограничено из-за низкого уровня оснащенности тепловых источников и потребителей приборами учета. Второй метод является весьма трудоемким и не позволяет получить достоверной картины потерь в тепловых сетях населенного пункта из-за неправомерности распространения локальных измерений на систему в целом. Первый метод имеет в настоящее время наибольшее практическое применение. Однако для получения достоверных результатов требуется оснащение приборами учета всех тепловых источников и потребителей и применение третьего метода. Поскольку полное оснащение и обеспечение работоспособности приборов учета на всех тепловых источниках и потребителях является труднодостижимой задачей, представляется целесообразным разработка и практическое использование приборно-расчетного метода оценки потерь в тепловых сетях.

Задачи прогнозирования. Срок осуществления любого проекта создания или модернизации системы теплообеспечения составляет не менее 10 – 15 лет. Поэтому при оценке технико-экономической эффективности различных вариантов теплообеспечения должны использоваться не текущие, а прогнозные исходные данные, включая:

– объемы спроса на тепловую энергию в рассматриваемом населенном пункте;

– цену на потребляемые ТЭР, включая топливо и электроэнергию;

– показатели надежности элементов систем теплообеспечения, среди которых основным является количество повреждений тепловых сетей.

Наиболее распространенным способом прогнозирования является анализ ретроспективных данных и их экстраполирование на будущие периоды. Однако чисто механическое применение этого метода не может дать надеж-

ного результата. Требуется всестороннее качественное изучение долговременных тенденций в сфере теплоснабжения.

Внедрение энергетического менеджмента является базовым мероприятием для реализации энергетического плана населенного пункта. В 2011 году принят международный стандарт ISO 50001 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» (Системы энергоменеджмента – Требования и руководство по использованию), который должен быть использован для внедрения энергетического менеджмента во всех отраслях экономики, в том числе в сфере теплообеспечения населенных пунктов.

Можно сформулировать четыре основные задачи энергетического менеджмента систем теплообеспечения населенных пунктов:

□ Оперативная задача, содержанием которой является оперативный контроль и анализ эффективности использования ТЭР в тепловых источниках, сетях и у потребителей, который позволяет минимизировать текущие затраты на теплообеспечение путем организации эффективной эксплуатации, технической диагностики и своевременного ремонтно-технического обслуживания. Эта задача решается в пределах оперативных интервалов времени (сутки, неделя, месяц).

□ Инвестиционная задача, содержанием которой является интегральный контроль и анализ эффективности использования ТЭР, который позволяет устанавливать обоснованную цену на тепловую энергию, включая инвестиционную составляющую, и разрабатывать научно обоснованные проекты энергоэффективной модернизации и инвестиционные программы.

□ Задача прогнозирования рассмотренных выше показателей работы систем теплообеспечения.

□ Задача мониторинга фактической экономии ТЭР, достигнутой в результате внедрения энергоэффективных проектов и программ. Реализация задачи мониторинга имеет особенно важное значение при реализации энергосберегающих проектов за счет кредитных средств или реализуемых по схеме энергетического перфоманс-контракта.

Схемы финансирования. Если проранжировать проблемы в сфере теплообеспечения по степени сложности их решения, то на первое

место, безусловно, следует поставить финансово-экономические проблемы.

Базовым условием решения финансово-экономических проблем является введение экономически обоснованных цен на тепловую энергию [8, 9]. В работе [10] рассмотрена методика и выполнено расчетное исследование взаимосвязи между показателями рентабельности, энергетической эффективности, ценами на энергоресурсы, конструктивными и эксплуатационными характеристиками централизованных систем теплоснабжения. Это исследование наглядно иллюстрирует возможность реализации принципа «потери энергии – в прибыль».

На практике такой принцип реализуется с помощью энергетических перфоманс-контрактов (Energy Performance Contracting), получивших широкое распространение в Западной Европе и, в особенности, в США в 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия. Сущность этой схемы финансирования заключается в том, что специализированная компания (энергосервисная компания, сокращенно ЭСКО) путем проведения энергоаудита выявляет потенциал энергосбережения у заказчика, разрабатывает энергосберегающий проект и за собственные или заемные средства его реализует (см. сайт esco-ecosys.narod.ru/sections/sec.21.htm).

Для широкого использования энергетических перфоманс-контрактов в сфере термомодернизации зданий и систем теплоснабжения необходимо:

- разработать и ввести в действие соответствующую нормативно-правовую и нормативно-методическую базу;
- провести широкую кампанию популяризации этой схемы финансирования среди населения, руководителей муниципалитетов и теплоснабжающих организаций.

Представляется целесообразным использование схемы энергетического перфоманс-контракта для термомодернизации зданий местными теплоснабжающими организациями, что позволит им компенсировать потерю прибыли от снижения объемов поставок тепловой энергии за счет реализации имеющегося потенциала энергосбережения в зданиях.

ВЫВОДЫ

1. Украина обладает развитой системой централизованного теплоснабжения населен-

ных пунктов. В то же время сами здания, которые обслуживаются этими системами, характеризуются низкой энергетической эффективностью. В сфере теплообеспечения населенных пунктов имеется целый ряд взаимосвязанных проблем, которые имеют технические, финансово-экономические, социальные, нормативно-правовые и политические аспекты.

2. В сфере теплообеспечения сфокусированы интересы различных субъектов социально-экономической деятельности, которые не в полной мере соответствуют, а иногда и противоречат интересам потребителей тепловой энергии, главным из которых является население. Поэтому без четко сформулированной долговременной политики государственного регулирования сфера теплообеспечения населенных пунктов эффективно функционировать не может.

3. Государственный сектор экономики не располагает достаточными финансовыми ресурсами для проведения модернизации сферы теплообеспечения населенных пунктов. Необходимо привлечение негосударственных финансовых ресурсов и организация государственно-частного партнерства. Одной из перспективных схем финансирования проектов термомодернизации зданий и систем теплоснабжения является схема энергетического перфоманс-контракта.

4. Долговременная стратегия теплообеспечения населенных пунктов должна базироваться на согласованных между собой программах термомодернизации зданий и систем теплоснабжения в рамках комплексных энергетических планов населенных пунктов.

5. Модернизация сферы теплообеспечения населенных пунктов является многовариантной задачей оптимизации. Основным критерием оптимизации является минимизация суммарных затрат за длительный период эксплуатации. Наряду с основным критерием оптимизации необходимо принимать во внимание и дополнительные целевые установки: социальный эффект, повышение энергетической независимости и другие целевые установки. При решении рассматриваемой задачи необходимо принимать во внимание ряд ограничений, которые должны быть выполнены: обеспечение необходимого качества, надежности, экологической безопасности теплообеспечения, а также объем доступных финансовых ресурсов,

которые могут быть затрачены на проведение модернизации.

6. Схемы теплоснабжения и комплексные энергетические планы должны разрабатываться на основе энергетических аудитов систем теплоснабжения и зданий. Необходима разработка национальных стандартов проведения энергоаудитов этих объектов. На муниципальном уровне необходимо внедрение систем энергетического менеджмента. Методической основой создания этих систем является международный стандарт ISO 50001, который необходимо гармонизировать в Украине и разработать на его основе национальный стандарт по энергетическому менеджменту для систем теплообеспечения населенных пунктов.

1. Кулик М.М., Куц Г.О., Білодід В.Д. Аналіз стану розвитку систем теплопостачання в Україні // Проблеми загальної енергетики. – 2007. – №15. – С. 13 – 25.
2. Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Кучин Г.П. Основні положення концепції Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т.31, №4. – С. 68 – 78.
3. Карп И.Н., Никитин Е.Е. Пути решения проблем коммунальной энергетики // Житлово-комунальне господарство України. – 2011. – №6 (39). – С. 16 – 22.
4. Никитин Е.Е. Системный подход к разработке энергоэффективных схем теплоснабжения городов и населенных пунктов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2009. – №4. – С. 89 – 97.

5. Никитин Е.Е. Оптимизация выбора энергоэффективных проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений // Проблеми общей энергетики. – 2011. – Вып. 3 (26). – С. 25 – 31.
6. Никитин Е.Е., Федоренко В.Н. Выбор теплового источника по критерию минимизации суммарных затрат // Промышленная теплотехника. – 2012. – Том 34, №4. – С. 59 – 67.
7. Никитин Е.Е., Дутка А.В., Тарновский М.В. Анализ структуры и эффективности функционирования централизованных систем теплоснабжения населенных пунктов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – №3. – С. 30 – 42.
8. Кулик М.М., Кобрин П.П. Основні напрями діяльності у сфері підвищення енергетичної ефективності // Проблеми загальної енергетики. – 2007. – №16. – С. 7 – 10.
9. Новосельцев О.В., Євтухова Т.О. Концептуальні засади, методи і модель системного регулювання цін і тарифів на енергоємні ресурси, продукти та послуги // Проблеми загальної енергетики. – №2007. – №16. – С. 21 – 27.
10. Никитин Е.Е. Моделирование показателей технико-экономической эффективности централизованных систем теплоснабжения с водогрейными котлами // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – Вып. 1 (21). – С. 32 – 39.

Надійшла до редколегії 12.07.2012 р.