

**К ВОПРОСУ СИСТЕМНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ**

**THE ISSUE SYSTEMIC EVALUATION
OF ENERGY SAVING MEASURES EFFECTIVENESS
IN HEAT SUPPLY SYSTEMS IN CITIES**

*В.Г. ХРОМЧЕНКОВ, У. ШЮТС, Ю.В. ЯВОРОВСКИЙ, Е.В. ЖИГУЛИНА,
Е.Г. ГАШО, И.А. СУЛТАНГУЗИН, К.С. АНДРЕЙЦЕВА, Е.В. ВОЙТОВИЧ, С.В. ЗАЙЦЕВ*

*V.G. KHROMCHENKOV, W. SHUTS, YU.V. YAVOROVSKIY, E.V. ZHIGULINA,
E.G. GASHO, I.A. SULTANGUZIN, K.S. ANDREYTSEVA, E.V. VOITOVICH, S.V. ZAYTSEV*

**(Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт",
Бранденбургский технический университет, г. Котбус, Германия,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
ООО АБЛ-Инжиниринг Групп)**

**(National Research University "Moscow Power Engineering Institute",
Brandenburg Technical University, Cottbus, Germany,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
LLC ABL-Engineering Group)**

E-mail: valeryg@list.ru; wschuetz@b-tu.de; y1000@list.ru; zhigulinaYV@mpei.ru;
290461@bk.ru; SultanguzinIA@mpei.ru

В статье представлены основные положения разработанного методического подхода для определения энергетической и экономической эффективности типовых энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения города. Отмечено, что существующие подходы для определения энергетического эффекта от реализации энергосберегающих мероприятий не учитывают взаимосвязь и взаимное влияние между элементами системы теплоснабжения. Обосновано, что экономия теплоты конечным потребителем является лишь потенциалом для возможной экономии топливно-энергетических ресурсов на источнике теплоснабжения и в системе в целом.

The article presents the main provisions of the developed methodical approach to determine the energy and economic efficiency of standard energy saving measures in the heating system of the city. It was noted that existing approaches for determination of energy effect of implemented energy saving measures do not consider the interaction and mutual influence between elements of the heating system. It is proved that heat saving at the final user is only a potential for possible savings of fuel and energy resources at the heat supply source and the system as a whole.

Ключевые слова: система теплоснабжения, энергосберегающее мероприятие, энергосбережение, тепловая сеть, потребитель теплоты.

Keywords: heating system, energy-saving measure, energy efficiency, heat network customer of warmth.

Практически половина добываемого в стране топлива расходуется на нужды системы теплоснабжения различных потребителей жилищно-коммунальной, социальной и производственной сфер. Только на теплоснабжение объектов ЖКХ и социальной сферы за год расходуется около 1000 млн. Гкал тепловой энергии. Рациональное ее использование является важнейшей задачей энергетики. Недоучет различных факторов, влияющих на системы теплоснабжения, ведет к большим перерасходам топлива.

К числу основных проблем, указанных в "Энергетической стратегии России на период до 2030 г." [1], в области развития теплоснабжения относятся:

- неудовлетворительное состояние систем теплоснабжения, характеризующееся высоким износом основных фондов;
- потребность в крупных инвестициях для обеспечения надежного теплоснабжения;
- отсутствие единой государственной политики, прежде всего научно-технической и инвестиционной;
- перерасходы теплоты в зданиях ("перетопы" и др.);
- необходимость институциональной перестройки всей системы теплоснабжения для вывода ее из кризиса и успешного функционирования в рыночных условиях.

Для решения отмеченных проблем предлагается реализовать комплекс мер по коренной модернизации системы теплоснабжения, который предусматривает, в том числе создание благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в теплоснабжение [1]. Естественно, что наиболее привлекательными являются инвестиции, которые быстро окупаются. Окупаемость энергосберегающих мероприятий, которые предлагаются и рассчитываются обычно при проведении энергоаудита,

в значительной степени определяется качеством проводимых расчетов. Хотелось бы подчеркнуть важность экономической оправданности энергосберегающих мероприятий. Энергосбережение является лишь способом для экономии денежных средств, приводящих к снижению стоимости тех или иных товаров или услуг, и, в конечном счете, к снижению энергоемкости внутреннего валового продукта всей страны.

Таким образом, крайне важен вопрос правильного определения сроков окупаемости тех или иных энергосберегающих мероприятий, что неразрывно связано с точным определением реальной экономии энергии, полученной в результате их реализации.

Система теплоснабжения потребителей в самом общем виде состоит из трех секторов: источника тепловой энергии, тепловых сетей и потребителя тепловой энергии.

Предлагаемые энергосберегающие мероприятия рассчитываются зачастую только для одной какой-либо части системы. Причин для этого множество, одной из них является тот факт, что различные части системы теплоснабжения могут находиться в различной собственности.

В этом случае нет необходимости учитывать влияние изменений в одной части системы на другие части. Собственник получает экономическую выгоду, а остальные проблемы остаются в стороне. Однако в масштабах системы такой подход является неверным. Действия собственников различных частей системы теплоснабжения должны быть согласованы и направлены на достижение максимального суммарного экономического эффекта для всех собственников. Разумеется, это относится и к случаю, когда вся система теплоснабжения находится в одних руках.

Важно отметить, что разработанные методики определения энергетических эф-

фектов, полученных в результате проведения типовых энергосберегающих мероприятий, не учитывают взаимосвязь и взаимовлияние между частями системы теплоснабжения. Очень часто можно наблюдать, когда энергоаудиторы не учитывают механизмы процессов теплоснабжения и транспортировки тепловой энергии.

То есть, если рассчитано, что после проведения энергосберегающих мероприятий потребителю потребуется меньшее количество теплоты на определенную величину, то эта величина и будет энергосберегающим эффектом, а меньшее количество тепловой энергии потребитель будет получать автоматически. Источник теплоты и тепловые сети это обеспечат.

Но, к сожалению, все гораздо сложнее: в абсолютном большинстве случаев типовые энергосберегающие мероприятия создают только потенциал для энергосбережения, и для его реализации необходим еще ряд мероприятий, иногда малозатратных, а иногда нет, но в любом случае капитальные затраты увеличиваются, что сказывается на сроке окупаемости. В ряде случаев может получаться так, что неправильно определенные энергетические эффекты приводят к тому, что бюджетные средства и инвестиции будут выделяться под экономически необоснованные мероприятия, что в корне нарушает принципы энергосбережения.

В данной статье представлена часть результатов работы по системному анализу типовых энергосберегающих мероприятий, рассмотренных во взаимосвязи и с учетом взаимного влияния изменений в различных частях системы теплоснабжения, с определением основных моментов, на которые необходимо обращать внимание при разработке программ энергосбережения. При проведении расчетных исследований использовалась разработанная авторами методика определения величины экономии теплоты, полученной в результате внедрения типовых энергосберегающих мероприятий. Методика обеспечивает корректное сравнение фактического энергопотребления здания до и после модернизации, с уче-

том возможного изменения его отопительной характеристики. При этом должны быть учтены фактические температуры наружного воздуха.

Все энергосберегающие мероприятия, связанные с экономией теплоты в системе теплоснабжения, можно разделить на две группы: мероприятия, реализация которых приведет к изменению величины расчетной отопительной нагрузки здания, и мероприятия, в результате реализации которых расчетная нагрузка здания останется неизменной.

К первой группе относятся мероприятия, связанные с улучшением теплотехнических характеристик здания (установка энергосберегающих окон, совершенствование узлов сопряжения ограждающих конструкций, остекление лоджий и др.).

Ко второй группе относятся энергосберегающие мероприятия, связанные с обеспечением подачи только минимально-необходимого количества тепла в отапливаемые помещения здания и эффективного его использования для обеспечения в них нормируемой температуры воздуха. В основном такие мероприятия связаны с внедрением систем автоматического регулирования подачи теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха (автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП)) и воздуха внутри помещений (термостатические клапаны), а также балансировкой и промывкой систем отопления.

В результате проведения энергосберегающих мероприятий, относящихся к первой группе, отопительная характеристика здания может существенно измениться в сторону уменьшения при обеспечении в помещениях комфортных температур внутреннего воздуха. Без этого практически вся сэкономленная теплота превратится в потери за счет "перетопов". Снижение количества подводимой теплоты к зданию может дать также экономию электроэнергии за счет снижения расхода прокачиваемого теплоносителя в тепловой сети.

Как отмечалось выше, при разработке энергосберегающих мероприятий в системе теплоснабжения часто рассматрива-

ется лишь один из ее компонентов, на котором оно и реализуется. Фокусируясь на потребителе тепловой энергии, очень легко забыть про источник, на котором собственно и образуется экономия энергоресурсов и соответственно денежных средств. Исключение составляет случай, когда потребитель получает тепловую энергию от стороннего источника. В этом случае необходимо увязывать возможное снижение потребления тепловой энергии, полученное в результате реализации энергосберегающих мероприятий, с условиями договора на поставку теплоты от его источника, который должен учитывать взаимосвязь и взаимозависимость его с остальными потребителями, в том числе и с теми, на которых не происходили модернизационные работы.

Потенциал энергосбережения мероприятий, направленных на снижение удельной отопительной нагрузки потребителя

Как отмечено ранее, реализация энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение удельной отопительной нагрузки здания, лишь создает потенциал энергосбережения, который в той или иной степени еще надо реализовать.

Проведенные расчетные исследования для различных схем присоединения тепловой нагрузки (независимая и зависимая, с элеватором и без него) показали, что если не снизить расход теплоносителя после уменьшения удельной отопительной характеристики, то больше половины потенциала энергосбережения уйдет на повышение температуры воздуха внутри отапливаемых помещений и лишь часть потенциала будет реализована за счет повышения температуры возвращаемого на источник теплоносителя. Таким образом, для реализации потенциала необходимы дополнительные меры по снижению расхода теплоносителя, что, безусловно, подразумевает дополнительные затраты и увеличение срока окупаемости.

На рис. 1 (зависимость фактической экономии тепловой энергии от потенциала энергосбережения) представлены результаты расчетов, проведенных для средних, за отопительный период, параметров

наружного воздуха и теплоносителя для различных температурных графиков.

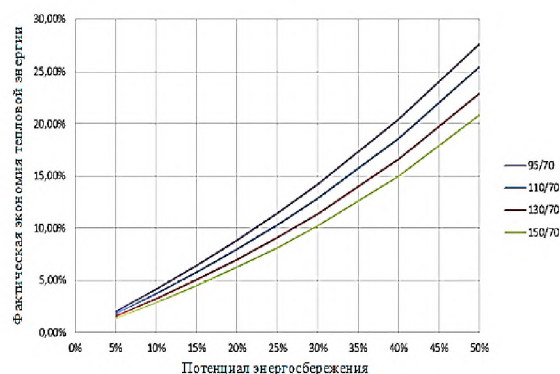


Рис. 1

Как видно из графика, фактическая экономия, которая может быть получена в результате реализации энергосберегающих мероприятий, связанных с уменьшением расчетной отопительной нагрузки на данную величину, примерно в два раза ниже этого значения. В случае же обеспечения комфортной температуры внутреннего воздуха за счет открытия окон (увеличения регулируемой инфильтрации) величина фактической экономии еще более снизится. Из рис. 1 также видно, что чем выше температурный график, тем хуже фактические показатели экономии тепловой энергии, так как в этом случае больше теплоносителя из обратной линии подмешивается к подающему теплоносителю. При низких температурах наружного воздуха фактическая экономия будет чуть больше, при температурах выше среднеотопительной экономия будет чуть меньше. Но в среднем за отопительный период больше половины потенциала энергосбережения будет теряться “через открытые форточки”.

Очевидно, что данные процессы должны быть учтены перед внедрением энергосберегающих мероприятий. В ряде случаев мероприятия по снижению расхода теплоносителя будут экономически оправданы, и тогда потенциал энергосбережения будет реализован полностью, в ряде случаев – нет. Но в любом случае срок окупаемости мероприятия будет определен значительно точнее.

Снижение тепловой нагрузки модернизированного здания

Проведенные расчетные исследования показали, что одним из наиболее приемлемых способов для реализации потенциала энергосбережения является снижение расхода теплоносителя в системе отопления модернизированного здания. Были рассмотрены и другие технические решения, такие как уменьшение площади отопительных приборов в помещениях здания; снижение температуры теплоносителя в подающем трубопроводе и снижение температуры теплоносителя на входе в отопительные приборы.

Следует отметить, что данный способ обеспечивает также экономию тепловой энергии и в случае установки автоматизированных ИТП, что позволит исключить осенне-весенние "перетопы" зданий. Установка шайб или балансировочных клапанов обеспечит снижение расхода теплоносителя на модернизируемое здание, что приведет к соответствующей экономии тепловой энергии. Однако при определении реальной экономии, как было отмечено выше, необходимо рассматривать всю систему теплоснабжения в целом.

В связи с качественным регулированием отопительной нагрузки и постоянным расходом теплоносителя в системе его сокращение для конкретного здания приведет к увеличению расхода теплоносителя у других потребителей, на которых не проводили работы по модернизации и которые не оборудовали автоматизированными ИТП. В конечном итоге это приведет к диссипации в том или ином объеме сэкономленной теплоты. Таким образом, реальная экономия топлива в котельной может быть существенно ниже расчетного значения, вплоть до полного отсутствия экономии.

Проведенные расчеты с использованием математической модели тепловой сети и с учетом характеристик сетевых насосов показали, что если осуществить снижение расхода теплоносителя у потребителей, расход на которых составлял, например, 10% от суммарного расхода теплоносителя во всей тепловой сети, то примерно 25% от

этого снижения расхода перераспределится на остальных потребителей.

В случае, если энергосберегающие мероприятия будут проведены у половины потребителей и расходы теплоносителя на них будут отрегулированы без учета изменений расхода у остальных потребителей, то фактически можно будет реализовать примерно 85% потенциала снижения расхода теплоносителя, а 15% перераспределится между неотрегулированными потребителями.

Таким образом, потенциал снижения расхода теплоносителя во всей тепловой сети не будет реализован полностью. Величина реализации потенциала снижения расхода теплоносителя будет зависеть от напорной характеристики сетевого насоса и конкретной рабочей точки, в которой он работал. Чем большую долю составляет расход теплоносителя на потребителя или группу потребителей, у которых он был снижен, тем больше значение реализованного потенциала снижения расхода теплоносителя.

ВЫВОДЫ

1. При анализе системы теплоснабжения необходимо рассматривать всю систему целиком, с учетом взаимного влияния систем производства теплоты, ее транспорта и потребления.

Результаты расчетов по экономии топливно-энергетических ресурсов и определению сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий показывают лишь потенциал возможной экономии энергоресурсов. Его реализация в полном объеме требует дополнительных капитальных вложений в систему теплоснабжения.

2. Наиболее приемлемым способом, обеспечивающим фактическое снижение потребления зданием тепла в соответствии с новыми значениями отопительной характеристики, является соответствующее уменьшение расхода теплоносителя не только у потребителя, но и на источнике (установка частотно-регулируемого привода сетевых насосов), а также гидравли-

ческая балансировка тепловой сети. Все это также потребует дополнительных затрат. В противном случае уменьшение расхода теплоносителя только у потребителей, на которых реализованы энергосберегающие мероприятия, приведет к увеличению его расхода у остальных не модернизируемых потребителей с соответствующими потерями тепла.

3. Предполагается выполнение совместного российско-германского проекта при участии авторов данной статьи по энергетическому исследованию жилого и офисного помещений с учетом российских и немецких нормативных документов и методов по энергосбережению. Полученные результаты послужат в дальнейшем примером и

стимулированием к решению вышеописанных проблем городских систем теплоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

REFERENCES

1. Jenergetičeskaja strategija Rossii na period do 2030 g. Utverzhdena rasporjazheniem Pravitel'stva RF ot 13 nojabrja 2009 g. № 1715-p.

Рекомендована кафедрой промышленных теплоэнергетических систем ИПЭЭФ. Поступила 03.04.17.
