

УДК 697.34

Соломин И.Н. – младший научный сотрудник

E-mail: solill@yandex.ru

Даминов А.З. – кандидат технических наук

E-mail: daminov@list.ru

Караева Ю.В. – кандидат технических наук

E-mail: julieenergy@list.ru

**Исследовательский центр проблем энергетики ФГБУ науки Казанского
научного центра РАН**

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Значение коэффициента соотношения тарифов тепловой и электроэнергии в оптимизации параметров системы теплоснабжения

Аннотация

В статье рассмотрено влияние соотношения тарифов на тепловую и электроэнергию на значения оптимальных диаметров участков тепловой сети и расходов теплоносителя на них, а также на удельные затраты данных видов энергии на участках тепловой сети. Предложены математические зависимости определения оптимальных значений диаметров тепловой сети и расходов теплоносителя на них. Проведены численные исследования действующих участков тепловой сети.

Ключевые слова: система теплоснабжения, удельные затраты, тариф, энергосбережение.

Анализируя современное состояние теплоснабжающего сектора энергетики нужно отметить тот факт, что городские системы централизованного теплоснабжения продолжают работать с повышенной долей потерь тепловой энергии в магистральных и распределительных трубопроводах, намного превышающей нормативные значения. Это обстоятельство отрицательно сказывается на энергетической и экономической эффективности систем, снижает их конкурентоспособность по отношению к децентрализованным источникам теплоснабжения и создаёт тенденцию к экономически необоснованным тарифам на тепловую энергию для потребителей [1].

Среди основных причин такого положения с потерями в теплосетях:

- несовершенство и износ теплоизоляции теплопроводов;
- утечки теплоносителя в тепловых сетях;
- недоиспользование пропускной способности трубопроводов вследствие завышения расчётных тепловых нагрузок потребителей;
- излишняя централизация теплоснабжения в случаях подключения к системам теплоснабжения микрорайонов с малоэтажной жилой застройкой, имеющих низкую плотность тепловых нагрузок.

В определенной мере сверхнормативные потери будут присутствовать всегда, что определяется их неоднозначным происхождением – несовершенством теплоизоляции и недоиспользованием пропускной способности теплопроводов. Так, первую составляющую можно устранить путём применения новейших технологий, в частности, теплопроводов с пенополиуретановой теплоизоляцией, имеющей на сегодняшний день один из самых низких коэффициентов теплопередачи. Вторая же с развитием рыночных отношений в теплоснабжении подобным методом неустранима. Конкурирующие с централизованными системами децентрализованные теплоисточники, находящиеся в радиусе крупного централизованного источника всегда снижают некоторую часть их тепловой нагрузки. Кроме этого, теплосети проектируются и строятся в расчёте на

перспективу, так что определяемое недоиспользование их пропускной способности во временном разрезе закладывается изначально.

Нормативными считаются теплопотери, которые неизбежны при современном уровне технического прогресса. Данные потери являются невозвратными и определяют расход тепла на транспорт теплоэнергии, подлежащий оплате потребителем через устанавливаемые тарифы.

Норматив на тепловые потери устанавливается исходя из оптимального соотношения цены и качества мероприятий, направленных на снижение теплопотерь.

Сверхнормативные потери, обусловленные недоиспользованием пропускной способности тепловых сетей возможно снизить путем нахождения оптимальных диаметров участков тепловой сети при замене и капитальном ремонте, а также определения оптимальных расходов теплоносителя на данных участках. Оптимальные параметры функционирования системы теплоснабжения определяются из условия минимума затрат в тепловой сети. При этом достигается снижение потребления энергоресурсов и, соответственно, стоимости конечной единицы тепловой энергии. Поэтому данные мероприятия могут быть определены как энерго- и ресурсосберегающими и иметь место в инвестиционных программах теплоснабжающих компаний.

Под показателем энергосбережения понимается качественная и/или количественная характеристика проектируемых или реализуемых мер по энергосбережению, которая определяет:

- фактическую экономию топливно-энергетических ресурсов;
- снижение потерь топливно-энергетических ресурсов, в том числе за счет оптимизации режимных параметров теплоснабжения;
- снижения себестоимости производства тепловой энергии.

Показатели экономичности энергопотребления могут быть выражены в абсолютной или удельной форме. Абсолютная форма характеризует расход топливно-энергетических ресурсов в регламентированных условиях (режимах) работы.

В нормативной документации на продукт, потребляющие одновременно различные виды топлива и энергии, должны устанавливаться показатели энергопотребления по всем видам энергии в сумме в пересчете к одному виду единиц измерения. Поэтому, для сравнения эффективности работы системы теплоснабжения до и после внедрения энергосберегающих мероприятий наиболее показательными являются удельные затраты энергии в системе теплоснабжения на транспорт и распределение тепловой энергии [2]. Удельные энергетические затраты определяются путем суммирования годового объема потребления каждого вида ресурса, в данном случае природного газа и электроэнергии, с учетом стоимостных коэффициентов каждого из них и отнесения суммы к полезно распределенной и потребленной тепловой энергии:

$$Z_{yo} = \frac{1}{9,81\rho c(t_{нод} - t_{обр})} \sum_i^n \left(\frac{k_u A_{ri} G_i^2 (l_i + l_{эkv})}{\eta_{сн} d_i^{5,25}} + \frac{3600 q_{di} l_i \beta_i}{G_i} \right), \quad (1)$$

где $\eta_{сн}$ – КПД сетевых насосов; G_i – расход теплоносителя на участке, м³/ч; A_{ri} – коэффициент, зависящий от шероховатости участка трубопровода и плотности теплоносителя, м^{3,25}/кг; l_i – длина участка трубопровода, м; $l_{эkv}$ – эквивалентная длина участка, м; d_i – диаметр участка, м; q_{di} – плотность теплового потока через тепловую изоляцию, Вт/м; β_i – коэффициент, учитывающий тепловые потери запорной арматурой; n – число участков тепловой сети; ρ – плотность теплоносителя, кг/м³; c – удельная теплоемкость теплоносителя, ккал/(кг·К); $t_{нод}$, $t_{обр}$ – расчетные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно, °С; $k_u = T_{\ominus} / T_T$ – коэффициент соотношения тарифов тепловой и электроэнергии.

В выражении (1) коэффициент k_u к количественной характеристике удельных затрат в тепловой сети добавляет качественную составляющую, оценивающую разницу в тарифах на различные виды ресурсов.

Выбор энергетических затрат в качестве целевой функции при оптимизации параметров систем теплоснабжения обусловлен определяющей долей этих затрат в эксплуатационных расходах. На соотношение эксплуатационных расходов котельными существенное значение оказывают установленные цены на энергоресурсы. Основными энергоресурсами для выработки тепловой энергии являются природный газ и электроэнергия. Расходы на данные ресурсы в структуре тарифа на тепловую энергию лежат в пределах 53÷55 % и 10÷15 % соответственно (рис. 1).

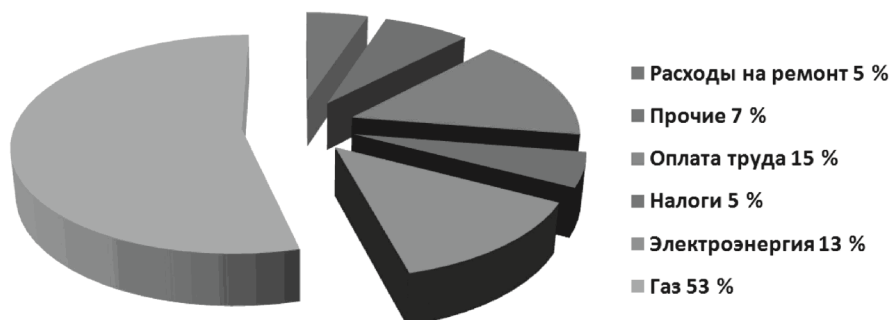


Рис. 1. Структура стоимости (тарифа) тепловой энергии от районной котельной

При определении оптимальных параметров системы теплоснабжения необходимо учитывать значения тарифов на энергоресурсы и с учетом этого определять резервы и издержки для их экономии. Соответственно максимальная экономия энергоресурсов будет зависеть не только от сэкономленного количества, но и от цены (табл.).

Таблица

Значения тарифов на энергоресурсы по годам

	Тариф на электроэнергию, руб./кВт	Тариф на тепловую энергию, руб./Гкал	Коэффициент соотношения тарифов
2006	1,52	482,60	2,708
2008	2,33	655,00	3,059
2010	3,10	846,90	3,147
2012	3,60	990,90	3,124
2013	3,87	1139,80	2,919

Выражение оптимального диаметра участка тепловой сети:

$$d_{\text{опт}} = \sqrt[6,25]{\frac{5,25k_y A_r G^3 (l + l_{\text{экв}})}{3600\eta_{\text{ч}} l \beta a}} \quad (2)$$

Для оптимального расхода выражение имеет вид:

$$G_{\text{опт}} = \sqrt[3]{\frac{3600(ad + b)l\beta\eta_{\text{ч}} d^{5,25}}{2A_r k_y (l + l_{\text{экв}})}} \quad (3)$$

При введении в зависимости определения оптимальных диаметров участков тепловой сети и расходов теплоносителя коэффициента соотношения тарифов добавляется некоторое условие перераспределения долей затрат той или иной энергии в зависимости от их текущих цен.

Анализируя состояние цен и тарифов на энергоресурсы за последнее время можно отметить, что, совершенно естественно, неизменным остается превосходство тарифа на электроэнергию над тарифом на тепловую энергию (рис. 2).

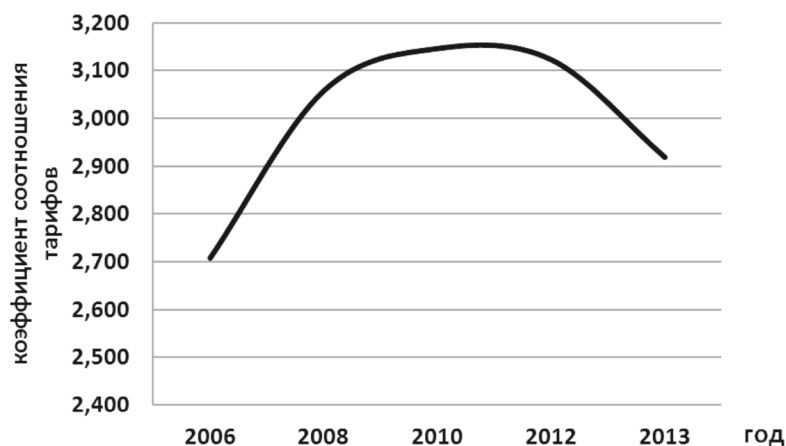


Рис. 2. Значение коэффициента соотношения тарифов по годам

Из графика (рис. 2) видно, что в период 2010-2012 года разница за единицу энергии электрической и тепловой имеет свое максимальное значение. При этом в данный период было выгодно проводить энергосберегающие мероприятия с целью экономии электроэнергии и изыскивать резервы по снижению ее потребления. В последнее время наметилась тенденция снижения разницы в тарифах за счет удорожания стоимости тепловой энергии. В таких условиях сбережение тепловой энергией ведет к значительной экономии в системе теплоснабжения наряду с электроэнергией.

С учетом анализа коэффициента соотношения тарифов проведен расчет оптимальных значений диаметров участков, расходов теплоносителя на них, а также удельных затрат в тепловой сети для действующей системы теплоснабжения от котельной Сыртлановой, д. 27 г. Казани.

На рис. 3. представлена графическая зависимость значений оптимального расхода теплоносителя на участке действующей сети от котельной Сыртлановой, д. 27 диаметром 480 мм длиной 85 м канальной прокладки.

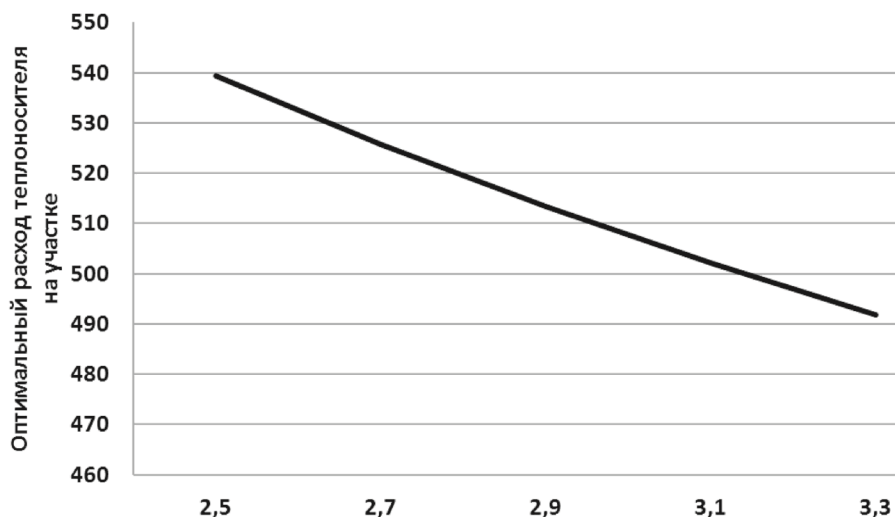


Рис. 3. Зависимость значений оптимального расхода на участке тепловой сети от коэффициента соотношения тарифов

Из рис. 3 видно, что при повышении коэффициента соотношения тарифов значение оптимального расхода снижается. Это объясняется высокой ценой на электроэнергию, что создает предпосылки ее экономии посредством снижения скорости движения теплоносителя по трубопроводу, а, следовательно, и снижением сопротивления сети.

Значения оптимальных диаметров в меньшей степени зависят от данного коэффициента, но также существует тенденция к увеличению пропускной способности трубопровода с ростом тарифа на электроэнергию.

На рис. 4 приведены графические зависимости затрат на участке действующей тепловой сети с диаметром трубопровода 108 мм канальной прокладки длиной 195 м при различных значениях тарифов.

Таким образом, применяя зависимости для определения оптимальных значений расходов и диаметров при условии минимума удельных затрат, необходимо учитывать разность в тарифах на энергоресурсы, т.к. данное условие позволяет скорректировать данные значения в зависимости от ценности и стоимости тепловой и электроэнергии для теплоснабжающей организации.

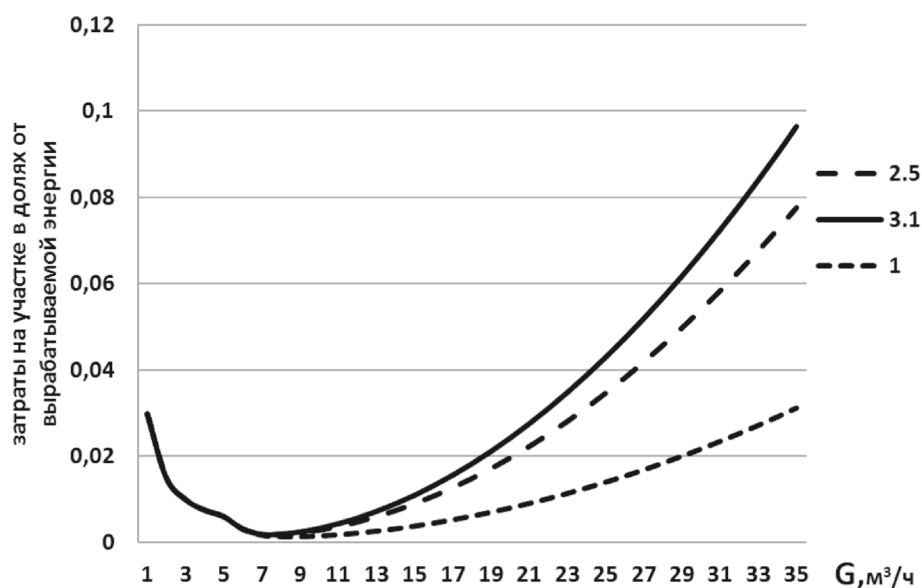


Рис. 4. Зависимость затрат на участке тепловой сети от величины расхода теплоносителя при различных коэффициентах соотношения тарифов

Выводы

1. Эффективность энергосберегающих мероприятий определяется из условия минимума суммарных удельных затрат, которые определяются с учётом тарифов на энергоресурсы.

2. Оптимальные значения диаметров участков тепловой сети и расходов теплоносителя на них, определяемые из условия минимума удельных затрат, зависят от соотношения тарифов на тепловую и электроэнергию.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 14.В37.21.0336)

Список библиографических ссылок

1. Трутаев В.И., Сыропушинский В.М. Сверхнормативные потери теплоэнергии в теплосетях: вопросы учёта и распределения // Энергия и менеджмент, 2011, № 5. – С. 2-10.
2. Авсюкевич А.Д. Энергоэффективность и энергосбережение в системах теплоснабжения // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2013, № 2. – С. 40-54.

Solomin I.N. – junior researcher

E-mail: solill@yandex.ru

Daminov A.Z. – candidate of technical sciences

E-mail: daminov@list.ru

Karaeva J.V. – candidate of technical sciences

E-mail: julieenergy@list.ru

Research Center for power engineering problems of the FBO science, Kazan Scientific Center of the RAS

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/31

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The coefficient of correlation of heat and electricity tariffs in optimizing the parameters of the heat supply system

Resume

Currently, the district heating system continue to operate with a high proportion of thermal energy losses in transmission and distribution in pipelines, which higher than the standard values. Among the main causes of losses of heat in pipeline of heat supply system under-utilization of throughput ability due to overpricing calculated heat loads users. Regulatory are considered heat losses that are inevitable at the current level of technological progress. These losses are unrecoverable and determine of heat in the value the heat transport, payable by the consumer through the established rates. Excess loss due to under-utilization of throughput ability can be reduce by finding the optimal diameter of the heat network sector while replacing and refurbishing, as well as determine the optimum coolant flow in these sectors. The optimal parameters for the functioning of the heating system are determined by minimizing the costs of heating network. Achieves a reduction in energy consumption and, consequently, the cost of the final unit of heat energy. To compare the efficiency of the heating system before and after optimization diameter sectors of the heat network and coolant flow to them are the most indicative unit cost of energy in the heating system in the transport and distribution of thermal energy. For their definition proposed mathematical relationships using the ratio of tariffs for heat and electrical energy. The calculations existing boiler Kazan have shown that this factor allows us to adjust the values of the optimal diameter and flow depending on the value and cost of heat and electricity for the heat supplier.

Keywords: heat supply system, unit costs, tariff, energy saving.

Reference list

1. Trutaev V.I., Syropuschinsky V.M. Excess heat loss in heat supply systems: issues of accounting and distribution // Energy and Management, 2011, № 5. – P. 2-10.
2. Avsyukevich A.D. Energy efficiency and energy savings in heating // Construction of unique buildings and structures, 2013, № 2. – P. 40-54.