

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРИ ВЫБОРЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ (ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА ПЕРМИ)**

**Белоглазова Т.Н.<sup>1</sup>, Романова Т.Н.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29), e-mail: botinkin@yandex.ru*

**В статье представлены результаты экономического обоснования источника теплоснабжения малоэтажного жилого дома от системы централизованного теплоснабжения, индивидуальной газовой котельной и поквартирного теплоснабжения. Единая система теплоснабжения жилого дома обеспечивает высокую надежность и эффективность работы. Варианты современных систем теплоснабжения обеспечивают данные требования. При этом величина капитальных затрат на их строительство и текущие расходы при эксплуатации различаются. Системы теплоснабжения имеют конструктивные и технологические особенности и различные источники тепловой энергии. Тарифы на энергоносители различаются и имеют региональный характер. Объемы потребленной за год энергии зависят от объекта и климатических условий. Тарифная политика региона оказывает влияние на экономические показатели системы теплоснабжения. Поэтому экономическая эффективность систем теплоснабжения для разных регионов может различаться. В статье представлено исследование вариантов теплоснабжения малоэтажного жилого дома для условий города Перми.**

**Ключевые слова:** системы индивидуального теплоснабжения, центральная система теплоснабжения, поквартирное теплоснабжение, теплогенератор, малоэтажный жилой многоквартирный дом, тариф, нормы потребления тепловой энергии, отопление, газовая котельная, сметная стоимость, экономическая эффективность, чистый дисконтированный доход

## **ECONOMIC CRITERIA FOR SELECTION OF HEATING SUPPLY SOURCE OF LOW-RISE APARTMENT HOUSE (FOR CONDITIONS PERM)**

**Beloglazova T.N.<sup>1</sup>, Romanova T.N.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, 29 Komsomolskyprospekt), e-mail: botinkin@yandex.ru*

**The results of the economic justification of the source of heating supply system for low-rise apartment house by district heating system, individual gas boiler and energy supply from apartment heat generation are presented in the article. Uniform heating supply system of apartment house provides high reliability and efficiency. Options modern heating systems provide these requirements. The value of the capital costs of their construction and operating costs during operation are varied. Heating systems have design and technological characteristic and the various sources of thermal energy. Energy prices are varied and have regional specific. The energy volume consumed per year depends on the object and climatic conditions. Tariff policy of the region influences the economic criteria of heating supply system. Therefore, the economic efficiency of heat supply systems for different regions may be different. The study of heating supply options for low-rise apartment house for conditions of the city of Perm is presented in the article.**

**Keywords:** individual heating supply system, central heating supply system, energy supply from apartment heat generation, heat generation, low-rise apartment building, standards of thermal energy consumption, heating, gas boiler, estimated cost, economic efficiency, payback period, net discounted profit

Теплоснабжение является важным фактором развития экономической и социальной инфраструктуры региона. Все технические и экономические вопросы теплоснабжения, так или иначе, касаются потребителей, поскольку издержки при производстве и распределении энергии включаются в тарифы. В настоящее время потребителям предлагается широкий выбор возможных решений по обеспечению жилых домов теплом. Существует достаточная заинтересованность со стороны потребителей в сравнении тех или иных вариантов

теплоснабжения с учетом особенности объекта, климатических условий и региональной системы образования тарифов.

Вопросы теплоснабжения малоэтажных жилых многоквартирных домов рассмотрены в статье [1, 2]. Дома комфортны для проживания, и широко распространены в различных регионах. Для существующей застройки города Перми данный вопрос является особенно актуальным, поскольку норма на тепловую энергию для двухэтажных домов до 1999 года, существенно отличается от нормы для других потребителей [2, 3]. В статье представлены результаты дополнительного исследования вариантов теплоснабжения двухэтажных многоквартирных жилых домов. Для новой застройки данное исследование позволит оценить с точки зрения технико-экономических факторов эффективность различных вариантов теплоснабжения и принять выгодное решение.

Согласно современным требованиям теплоснабжение зданий может осуществляться от централизованной системы теплоснабжения (ЦСТ), от автономного источника теплоты, обслуживающего одно здание или группу зданий и от индивидуальных теплогенераторов [12].

Современная система централизованного теплоснабжения в основном сложилась в условиях плановой экономики. На территории городов в настоящее время наиболее распространены ЦСТ, которые обеспечивают подачу тепла большому количеству различных потребителей, расположенных вне места выработки тепла [7]. Качество теплоснабжения, обоснованное нормативными правовыми актами РФ и (или) договором теплоснабжения, обеспечивается при высоких экономических затратах.

В условиях рыночной экономики потребитель готов платить за качественные услуги, при этом важным вопросом является влияние потребителя на работу системы. Если у потребителей имеется возможность присоединения к разным источникам теплоснабжения, то появляется реальная перспектива формирования рыночных механизмов управления и в теплоснабжении.

Системы индивидуального теплоснабжения предусматривают присоединение отдельных жилых домов к индивидуальным газовым котельным. Систему индивидуального теплоснабжения допускается предусматривать в жилых, общественных и производственных зданиях высотой до трех этажей включительно. [12] При этом внутреннее оборудование (приборы отопления и трубопроводы) системы отопления (СО) и горячего водоснабжения (ГВС) размещается идентично ЦСТ. У потребителя появляется ряд преимуществ в регулировании при эксплуатации систем и, вместе с тем, необходимо решать вопрос качественного обслуживания оборудования котельной. Выбор оборудования и размещение для системы индивидуального теплоснабжения на газообразном топливе зависит от общей

теплопроизводительности. При нагрузке на теплоснабжение до 360 кВт, с температурой теплоносителя не более 95 °С и давлением не более 0,6 МПа теплогенераторы могут размещаться в отдельном помещении на любом надземном этаже, а также в цокольном и подвальном этажах отапливаемого здания.

Поквартирное теплоснабжение предусматривает обеспечение теплом систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения квартиры в жилом многоквартирном здании. Система состоит из индивидуального источника теплоты – теплогенератора, трубопроводов горячего водоснабжения с водоразборной арматурой, трубопроводов отопления с отопительными приборами и теплообменников систем вентиляции.

Все решения тесно связаны с исследованиями по обеспечению надежности систем теплоснабжения (СТ), которые представлены в работе [4, 5]. При современном уровне технического состояния СТ и решении вопросов их реконструкции, а так же в условиях уплотнения застройки возможность подключения к иным источникам теплоснабжения позволяет потребителям оптимизировать затраты на содержание жилья и комфортность проживания. Параметры микроклимата в помещениях жилого здания обеспечиваются в пределах расчетных параметров наружного воздуха с учетом теплоаккумулирующей способности здания и заданных параметров надежности СТ. Для г.Перми расчетные условия для проектирования системы отопления составляют: температура наружного воздуха с обеспеченностью 0,92 минус 35°С, средняя за отопительный период температура минус 5,5 °С, продолжительность отопительного периода 225 суток [11].

Технико-экономическое обоснование вариантов теплоснабжения двухэтажных жилых многоквартирных домов связано с неизменным ростом затрат на коммунальные услуги для данных потребителей.

### **Предмет и методы исследования**

В статье приведены результаты исследования технико-экономического обоснования вариантов теплоснабжения жилых многоквартирных двухэтажных домов до 1999 года постройки и после. Тепловая энергия используется для СО и ГВС двухэтажного жилого дома. В соответствии с нормами потребления коммунальных услуг [10], в г. Перми для жилых двухэтажных домов до 1999 г. постройки месячный норматив для отопления составляет 0,0514 Гкал/кв.м общей площади, из расчета на 7 месяцев отопительного периода. Для подобных домов, построенных после 1999 г., норматив теплопотребления на отопление составляет 0,0195 Гкал/кв.м общей площади в месяц.

В ходе технико-экономического обоснования учтены капитальные затраты (КЗ), связанные с сооружением помещения котельной и переоборудованием СО при поквартирном теплоснабжении.

Исследование проведено для конкретного двухэтажного жилого дома до 1999 года постройки для условий г.Перми. Результаты энергетического обследования представлены в статье [2]. Общая площадь дома  $S = 518 \text{ м}^2$ . Высота этажа 3м. Строительный объём  $V = 1554 \text{ м}^3$ . Количество жителей 33 человека. Максимальные нагрузки на СО и на ГВС составляют соответственно  $Q_o=58,6 \text{ кВт}$  и  $Q_{hmax}=36,96 \text{ кВт}$ .

Расчетная нагрузка на СТ и выбор теплогенерирующего оборудования автономного источника рассмотрен в статье [2]. В дополнительном исследовании выполнен проект СТ с поквартирными теплогенераторами в комплексе с реконструкцией СО и ГВС.

Для системы поквартирного теплоснабжения приняты к установке индивидуальные теплогенераторы мощностью 20,2 кВт, оборудованные автоматикой безопасности, полной заводской готовности на газообразном топливе с температурой теплоносителя не более 95 °С давлением 0,3 МПа. Котел двухконтурный энергонезависимый с открытой камерой сгорания российского производства. Применение теплогенератора с открытой камерой сгорания, возможно, так как высота здания не превышает 15 м. При установке теплогенератора решен вопрос удаления продуктов сгорания с помощью коллективного дымового канала, выведенного выше кровли здания. Автоматическая система регулирования у каждого потребителя обеспечивает поддержание заданной температуры теплоносителя для СО и температуры горячей воды в системе ГВС и позволяет экономно расходовать энергоресурсы. Общее снижение расхода тепловой энергии для потребителей на отопление в среднем за отопительный период составляет 12,5%. Уменьшение затрат на ГВС связано с отсутствием потерь тепла в стояках и подводках и рациональным использованием в результате персональной заинтересованности абонентов и может в среднем достигать 17%.

При исследовании был также рассмотрен вариант применения теплогенератора с закрытой камерой сгорания и диапазоном регулирования от 10,4 до 26,9 кВт. При использовании энергозависимого оборудования номинальное потребление электрической энергии составляет 152 Вт. Данный вариант отличался повышенными капитальными затратами и дополнительным повышением затрат на электрическую энергию до 110 кВт в месяц для каждого потребителя. Несмотря на высокий коэффициент полезного действия и возможность глубокого регулирования предложенный вариант отличался длительными сроками окупаемости и поэтому не рекомендован к реализации.

Стоимость реконструкции СО и установка теплогенератора определена на основании сметного расчета. Расчет выполнен на первый квартал 2015 года на основе федеральных единичных расценок, с учетом индексов пересчета. Для 16 квартирного двухэтажного жилого дома капитальные затраты на установку теплогенераторов в каждой квартире и реконструкцию системы отопления у абонентов составили 2056,6 тыс. рублей.

Годовые затраты на теплоснабжение определены по нормативам потребления в ценах 2015 г., приведены в табл.1. Подробный расчет определения текущих затрат приведен в статье [2]. Тариф за тепловую энергию с учётом НДС (18%) составляет 1523,95 руб./Гкал., стоимость газа с учётом НДС (18%),  $c_r=3,90$  руб./м<sup>3</sup>, стоимость электрической энергии с учётом НДС (18%),  $c_э=3,08$  руб./кВт·ч.

Таблица 1

Определение текущих затрат на теплоснабжение двухэтажного многоквартирного здания общей площадью 518м<sup>2</sup> (в ценах 2015 года)

Показатель, единицы измерения	При теплоснабжении от ЦСТ	При теплоснабжении от газовой котельной	При поквартирном теплоснабжении
Здание до 1999 года постройки			
Тепловая энергия на СО здания за отопительный период, $Q_o$ , Гкал/год	186,38	186,38	163,07
Тепловая энергия на ГВС, $Q_{гвс}$ , Гкал/год	54,31	54,31	45,07
Тепловая энергия на СО здания и ГВС, $Q_{год}$ , Гкал/год	240,69	240,69	208,14
Сумма затрат на СО и ГВС за год, $C_{год}$ , руб./год	366 796,17	202 321,52	139115,8
Здание после 1999 года постройки			
Тепловая энергия на СО здания за отопительный период, $Q_o$ , Гкал/год	70,71	70,71	61,86
Тепловая энергия на ГВС, $Q_{гвс}$ , Гкал/год	54,31	54,31	45,07
Тепловая энергия на СО здания и ГВС, $Q_{год}$ , Гкал/год	125,02	125,02	106,92
Сумма затрат на СО и ГВС за год, $C_{год}$ , руб./год	190 519,66	136 752,31	81743,42

При переходе от системы централизованного к поквартирному теплоснабжению возможно уменьшение затрат на теплоснабжение здания на 227678,26 руб./год для зданий до 1999 года постройки в ценах 2015 года. Для зданий после 1999 года постройки затраты при поквартирном теплоснабжении уменьшаться на 108776,24 руб./год.

Поскольку сравнение текущих затрат не является достаточным для экономического обоснования, варианты проектов сравниваем по методике [6, 9] по показателю приведенных затрат, чистому дисконтированному доходу с учетом инфляции на энергоресурсы.

Приведенные затраты рассчитаны для условий рыночной экономики по формуле:

$$Z_{пр} = \alpha \cdot K + T - D,$$

где  $Z_{пр}$  – приведенные затраты, руб./год;  $K$  – капитальные затраты, руб.;  $T$  – текущие затраты, руб./год;  $D$  – доходность варианта, руб./год;  $\alpha$  - эмпирический коэффициент ( $\alpha = 0,1755$  при горизонте расчета 10 лет и сроке строительства 6 месяцев) [5].

Доходность вариантов оценивается величиной уменьшения материальных затрат на теплоснабжение относительно варианта присоединения к ЦСТ. В расчете принято, что существующее здание уже подключено к ЦСТ и не требуется дополнительных затрат на присоединение и реконструкцию. В экономическом обосновании [2] расчет экономических критериев выполнен при условии, что рост цен на энергоносители не будет превышать общий уровень инфляции на гражданское строительство. При многолетнем анализе данных показателей, выявлено, что инфляция на тепловую, электрическую энергию и газовое топливо превышает уровень инфляции на гражданское строительство. Поэтому в дополнительном исследовании учтен рост цен на энергоносители в размере 20% по среднему уровню расчетной стоимости энергии. Данный подход при экономической оценке также рекомендован автором статьи [8]. Результаты технико-экономических расчетов представлены в табл.2.

Чистый дисконтированный доход определяется по следующей формуле, если вариант реконструкции системы теплоснабжения окупается в рамках заданного горизонта расчета:

$$ЧДД = \beta(-Z_{пр})$$

где ЧДД – чистый дисконтированный доход, руб.;  $\beta$  – коэффициент дисконтирования  $\beta = 5,4709$  (при горизонте расчета 10 лет, средней интегральной норме дисконтирования  $E = 0,12$  и продолжительности строительства 6 месяцев) [6, 9].

Таблица 2

Расчет экономических критериев для вариантов теплоснабжения двухэтажного многоквартирного жилого дома общей площадью 518 м<sup>2</sup> для горизонта расчета 10 лет

Показатель, единицы измерения	При теплоснабжении от газовой котельной	При поквартирном теплоснабжении	При теплоснабжении от газовой котельной	При поквартирном теплоснабжении
	до 1999 года постройки		после 1999 года постройки	
Капитальные затраты, $K$ , руб.	1 300 000	2 056 600	1 100 000	2 056 600
Доходность (средняя за период расчета при росте цен на энергоносители), $D$ , руб.	426955	591023	139573	226243
Приведенные затраты, $Z_{пр}$ , руб./год	-198805	-230089	53477	134691
Чистый дисконтированный доход, ЧДД, руб.	1087640	1258797	-	-
Срок окупаемости, лет	4,5	5,3	-	-

## **Выводы**

Теплоснабжение от ЦСТ является экономически обоснованным для существующих двухэтажных многоквартирных зданий после 1999 года постройки не требующих затрат на реконструкцию системы при переходе от центральных тепловых пунктов к индивидуальным. Переход от центральных тепловых пунктов к индивидуальным на данном объекте не приведет к экономическому снижению затрат на систему теплоснабжения. Так, как при снижении затрат на тепловую энергию, произойдет увеличение затрат на электрическую энергию от работы оборудования, установленного в ИТП.

При теплоснабжении двухэтажных многоквартирных зданий до 1999 года постройки переход к индивидуальному источнику теплоснабжения (котельной), или поквартирному теплоснабжению экономически обоснован при рассмотренном соотношении капитальных и текущих затрат. Рациональный выбор оборудования системы теплоснабжения и снижение капитальных затрат является основным направлением для повышения экономической эффективности инвестиций.

## **Список литературы**

1. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Обоснование внедрения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для жилых домов с учетом региональных факторов// Современные проблемы науки и образования. -2015. -№1. (Электронный журнал) URL: <http://www.science-education.ru/121-18057> (дата обращения: 24.03.2015)
2. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Теплоснабжение малоэтажного многоквартирного жилого дома от газовой котельной для условий города Перми // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-19712> (дата обращения: 13.06.2015)
3. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Экономическое обоснование использования автономных источников энергии для жилых домов (для условий г. Перми) // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/129-21698> (дата обращения: 18.09.2015).
4. Грачев Ю.Г., Гришкова А.В., Красовский Б.М., Романова Т.Н. О теплотехнической оценке проектных решений жилых домов// Известия ВУЗов. Строительство. -1998. -№ 11-12.-С. 94-95.

5. Гришкова А.В., Красовский Б.М., Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Надежность систем теплоснабжения с учетом дополнительного утепления зданий//Известия ВУЗов. Строительство, -2001. -№ 5.-С. 73-75.
6. Гришкова Т. Н., Красовский Б. М., Белоглазова Т.Н. О сравнении экономической эффективности инвестиций по показателю приведенных затрат//Экономика строительства. - 2002. -№ 8. -С. 34-37.
7. Калинин Н.А., Булгакова О.Ю., Казакова К.А., Пенский О.Г. Условия адаптации транспортных сетей к погоднo-климатической неустойчивости на территории Пермского края// Вестник Удмуртского университета. Серия 6. Биология. Науки о земле. Выпуск 4. Ижевск. 2011. С. 127–131.
8. Ковалев И. Н. Рациональные решения при экономическом обосновании теплозащиты зданий//Энергосбережение,-2014.-№8.-С.14-19.
9. Красовский Б.М., Белоглазова Т.Н. и др. Прикладное использование практической методики экономической оценки вариантов технических решений: Метод. рекомендации к курсовому проектированию, Перм. гос. техн. ун-т, Пермь, -2001. 16 с.
10. Постановление Правительства Пермского края от 16.07.2014 №624-п «Об утверждении нормативов потребления коммунальной услуги по отоплению в жилых помещениях на территории Пермского края (для населения Пермского городского округа)»
11. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*
12. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)

**Рецензенты:**

Левин Л.Ю., д.т.н., зам. директора по науке ГИ УрО РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь;

Калинин Н.А., д.г.н., профессор, заведующий кафедрой Метеорологии и охраны атмосферы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь;