

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Е.Б. Филатова¹, А.И. Щелоков²

¹ Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194

² Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Сформулированы понятия энергоэффективности и экономичности систем теплоснабжения. Обоснована эффективность перехода к децентрализации теплоснабжения объектов жилищно-коммунального комплекса. Произведено сравнение инвестиционной привлекательности различных проектов систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения.

Ключевые слова: централизованная система теплоснабжения, децентрализованная система теплоснабжения, крышная котельная, поквартирное теплоснабжение, энергоэффективность, экономичность, инвестиционный проект, суммарные затраты, чистая прибыль, срок окупаемости.

Теплоэнергетическое хозяйство жилищно-коммунального комплекса России нуждается в самом серьезном обновлении, касающемся не только оборудования, но и принципиальной стратегии развития системы энергосбережения жилищно-коммунального хозяйства и его инфраструктуры. Принципиальное изменение в стратегии развития коммунального теплоснабжения заключается в отходе от практики строительства крупных районных котельных с развитой сетью магистральных трубопроводов для транспорта теплоносителя. Создание автономных источников энергоснабжения (котельные, мини-ТЭС, поквартирное теплоснабжение), приближенных к потребителю, избавляет от потерь в теплотрассах, удешевляет ремонтные работы, снижает первоначальные затраты на строительство теплоисточника, уменьшает влияние аварийных ситуаций, исключает участие посредников в процессе передачи энергии от производителя потребителю, снижает себестоимость потребляемой энергии на порядок. Например, применение крышных котельных, работающих на газовом топливе, исключает потери при транспорте теплоносителя, экономит химически очищенную воду в случае возникновения аварийной ситуации, снижает затраты на эксплуатацию и обслуживание.

Для объектов с малой тепловой нагрузкой находят применение автоматизированные отопительные котлы наружного размещения, а также поквартирное отопление с котлами конденсационного типа. Применение водогрейных котлов конденсационного типа имеет особую перспективу не только потому, что они имеют высокий энергетический КПД, но и потому, что позволяют решить задачи снабжения технической пресной водой различных объектов, снизить выбросы парниковых газов в воздушный бассейн.

Критерии энергоэффективности и экономичности систем теплоснабжения. Основным критерием, характеризующим энергоэффективность любой из систем теп-

*Анатолий Иванович Щелоков – д.т.н., профессор.
Елена Борисовна Филатова – ассистент.*

лоснабжения, является коэффициент полезного действия системы. Экономичность (или экономическую эффективность) различных систем теплоснабжения можно определить, сопоставив ряд показателей: экономических, учитывающих связанные с системой затраты и результаты, выходящие за пределы прямых финансовых интересов его участников и допускающие самостоятельное измерение (капитальные затраты на строительство источника, теплосети, стоимость применяемого оборудования, эксплуатационные расходы); коммерческих (финансовых), учитывающих финансовые последствия реализации инвестиционного проекта теплоснабжения для его непосредственных участников (сроки окупаемости проекта и получение прибыли); экологических (количество вредных веществ, удаляемых в атмосферу и водоемы, потребность в природных энергоресурсах); амортизационных (срок службы основного оборудования до полной замены) и др.

Коэффициент полезного действия (КПД) системы теплоснабжения η_c отражает все затраты на выработку, транспортировку и передачу тепла потребителю [1] и рассчитывается для источников, не вырабатывающих электроэнергию, по формуле

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5, \quad (1)$$

где η_1 – полный КПД источника тепла, учитывающий все потери, а не только процессы сжигания топлива (КПД брутто); в зависимости от типа и состояния оборудования источника составляет в среднем 90%; η_2 – КПД транспортировки теплоносителя по внешней теплотрассе, в зависимости от длины и состояния теплотрассы составляет в среднем 90%; η_3 – КПД теплового узла потребителя и внутренних теплосетей, в зависимости от конструкции теплового узла и длины внутренних сетей составляет порядка 92%; η_4 – КПД тепловых нагревательных приборов (регистров, конвекторов, радиаторов, агрегатов воздушного отопления и др. типов обогревателей), в зависимости от типа тепловых приборов составляет в среднем 92%; η_5 – КПД теплового процесса, учитывающий процесс передачи тепла от нагревательных приборов (конвекция, инфракрасное излучение) и воздействие местных факторов (нахождение приборов в зоне обогрева, наличие «мертвых зон», распределение тепла по высоте и площади помещения, нахождение приборов за экранами); в зависимости от типа тепловых приборов и местных условий составляет до 95%.

Рассчитав по формуле (1) значения η_c для различных схем теплоснабжения при средних значениях составных величин, получим их энергоэффективность.

Для централизованных систем теплоснабжения (районных отопительных котельных)

$$\eta_c^{cp} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 0,65.$$

Таким образом, средний коэффициент полезного действия централизованных систем теплоснабжения составляет 63%.

Для децентрализованных систем теплоснабжения в зависимости от их вида из формулы (1) исключаются от одного до трех сомножителей η_1 , η_2 и η_3 .

Для крышных котельных

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5, \quad (2)$$

где η_3 – КПД внутренних тепловых сетей (тепловой пункт отсутствует), в связи с их малой протяженностью составляет порядка 98%; η_1 – КПД котельных агрегатов, ус-

тановленных в котельной; в зависимости от их состояния при использовании в качестве топлива газа составляет от 92 до 97%.

$$\eta_c^{cp} = 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 0,81.$$

Для систем поквартирного отопления и горячего водоснабжения

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5, \quad (3)$$

где η_1 – КПД котлов, установленных в квартирах (92-97%).

$$\eta_c^{cp} = 0,95 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 0,83.$$

Следовательно, средний коэффициент полезного действия децентрализованных систем теплоснабжения составляет от 81 до 83%.

Для определения наиболее экономически эффективного варианта системы теплоснабжения необходимо сравнить несколько различных вариантов инвестиционных проектов с точки зрения их экономической целесообразности. Экономическая эффективность системы теплоснабжения характеризуется главным образом системой соотношения затрат и результатов варианта проекта применительно к интересам его участников. При проведении оценки экономической эффективности необходимо учесть сроки эксплуатации оцениваемого оборудования, что весьма важно при сравнительной оценке вариантов технических средств, а также изменение ценности денег во времени, что характерно для рыночной экономики.

Оценка эффективности инвестиционного проекта проводится в два этапа [2]. На первом этапе определяются показатели экономической эффективности инвестиционного проекта в целом. Целью этого этапа является агрегированная экономическая оценка проектных решений и создание необходимых условий для поиска инвесторов. Второй этап оценки осуществляют после выбора схемы финансирования. На этом этапе уточняют состав участников и определяют финансовую реализуемость и эффективность участия в проекте каждого из них. Для участников-кредиторов эффективность определяют процентом за кредит.

К основным показателям экономической эффективности инвестиционных проектов систем теплоснабжения относятся:

- дисконтированные затраты и годовой эффект за расчетный период;
- чистый дисконтированный доход (чистая текущая стоимость, прибыль).

Экономическое обоснование систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения по критерию суммарных затрат. При сравнении нескольких вариантов проектов теплоснабжения экономически наиболее эффективным считается проект с минимальными суммарными затратами за расчетный период.

Суммарные затраты за расчетный период можно определить следующим образом:

$$C = \sum_{t=1}^{t=T_p} (K_t + N_t - L_t) \cdot (1 + E)^{\tau-t}, \quad (4)$$

где K_t – капиталовложения по годам расчетного периода T_p ; N_t – издержки по годам расчетного периода T_p ; L_t – стоимость вырабатывающих основных фондов в году t расчетного периода и стоимость остаточных основных фондов на конец рас-

четного периода; E – коэффициент приведения; τ – произвольно принятый год приведенных затрат в расчетном периоде.

Если в формуле (4) вместо коэффициента приведения E принять среднюю норму прибыли по величине банковского процента на капитал α , а упущенную выгоду при альтернативном использовании средств не вычитать, а прибавлять к суммарным затратам, то получим

$$C = \sum_{t=1}^{t=T_p} (K_t + N_t - L_t) \cdot (1 + \alpha)^{T_p - t}, \quad (5)$$

где α – средняя норма прибыли (на данном этапе рыночных отношений рекомендуется в размере 0,1).

Экономическое обоснование систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения по критерию чистой прибыли. В данном случае условием выбора экономически оправданного варианта служит чистая текущая стоимость (Z). Инвестиционный проект целесообразен при $Z > 0$. При сравнении нескольких проектов экономически наиболее эффективным считают проект с максимальным значением Z .

Чистая текущая стоимость определяется по формуле

$$Z = \sum_{t=1}^{t=T_p} M_t \cdot (1 + \alpha)^{T_p - t}, \quad (6)$$

где M_t – чистый поток наличности в году t , представляющий собой разность дохода от реализации продукции и всех видов платежей в году t ; α – норма процента на капитал (норма прибыли); T_p – расчетный срок функционирования проекта.

В движении капитала (наличности) при существующем налогообложении в системах теплоснабжения в общем случае участвуют: доходы от продажи тепловой энергии D ; собственные капиталовложения K^c ; заемные капиталовложения K^s ; акционерные капиталовложения K^a ; погашение заемных капиталовложений K^p ; процент по заемному капиталу (процент по кредиту) P^s ; процент по акционерному капиталу P^a ; затраты на топливо, эксплуатационное и ремонтное обслуживание, плата за потребляемую электроэнергию и выбросы в окружающую среду Q ; налог, включающий в себя себестоимость реализуемой теплоты, N^c ; налог на прибыль от реализации теплоты потребителям N^p .

Тогда к концу расчетного периода:

$$Z = \sum_{t=1}^{t=T_p} \left[D - (K_t^c + K_t^s + K_t^a + K_t^p + P_t^s + P_t^a + Q_t + N_t^c + N_t^p) \right] \cdot (1 + \alpha)^{T_p - t}. \quad (7)$$

В качестве примера был выполнен расчет трех вариантов теплоснабжения строящегося жилого квартала в г. Самаре: I вариант – покупка тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения, источник – районная отопительная котельная; II вариант – снабжение зданий собственными источниками – крышными котельными; III вариант – поквартирная установка газовых котлов со встроенным проточным теплообменником (для горячего водоснабжения).

Квартал состоит из двух жилых зданий: 4-подъездного 8-секционного 10-этажного и 1-подъездного 2-секционного 18-этажного. Тепловые нагрузки на системы отопления и горячего водоснабжения, расходы топлива, воды и электроэнергии определены по укрупненным показателям.

Для расчета экономической эффективности проектов теплоснабжения принят расчетный период $T_p = 10$ лет. Отпускная цена теплоты в системе централизованного теплоснабжения при перекрестном субсидировании – 25 долл. США/Гкал. Капиталовложения в строительство крышных котельных составляют 100% в 1-й год. Капитальные затраты на строительство крышных котельных (без стоимости местных систем отопления и ГВС), работающих на газе, составляют 35-45 долл. США/кВт при использовании отечественного оборудования, 60-70 долл. США/кВт при использовании импортного оборудования. Кроме того, учитываем стоимость прокладки газовых сетей и устройства ШГРП (для 10-этажного дома это 8 тыс. долл. США, для 18-этажного – 10 тыс. долл. США). Для поквартирного теплоснабжения необходима установка 232 котлов мощностью 12 и 18 кВт. Капитальные затраты при этом составят 30 долл. США/кВт при использовании отечественного оборудования и 65 долл. США/кВт при использовании импортного оборудования (с учетом стоимости оборудования узлов учета расхода тепла и газа). Затраты на прокладку газовых сетей (для обоих зданий) при этом составят 23 тыс. долл. США. Набор нагрузки для обоих вариантов происходит в течение года. Цена топлива 75 долл. США/т у.т., цена покупаемой электроэнергии 0,08 долл. США/кВт·ч, цена воды, идущей на производство теплоты и ГВС, 0,07 долл. США/м³. Плата за выбросы принята в соответствии с классом опасности: 2-й класс (NO₂), 3-й класс (NO, SO₂). Кредит на 5 лет составляет 60% от необходимых инвестиционных расходов. Плата за кредит предусмотрена со 2-го года.

Выполненный расчет суммарных дисконтированных затрат показал, что при наличии собственного теплоисточника (крышной котельной) суммарные затраты, приведенные к концу расчетного периода, снижаются на 35% при использовании отечественного оборудования и на 31% при использовании импортного оборудования.

Суммарные затраты III варианта – системы поквартирного теплоснабжения – при установке отечественного оборудования ниже аналогичных затрат II варианта на 4%, а при установке импортного оборудования выше на 2%. Экономическая выгода поквартирного теплоснабжения объясняется отсутствием в расчетах амортизационных отчислений и искусственно сдерживаемой ценой на бытовой газ (в других странах цены на газ для бытового потребления в 1,5-3 раза выше цены для крупных потребителей). Помимо этого системы поквартирного теплоснабжения имеют ряд недостатков:

- можно использовать только котлы с закрытой камерой сгорания и выделенным воздухопроводом для забора воздуха;
- суммарная мощность квартирных котлов в 2-2,5 раза больше мощности альтернативной крышной котельной, т. к. необходима значительная мощность квартирного котла для обеспечения максимального расхода горячей воды;
- здание должно быть специально спроектировано под поквартирное теплоснабжение, т. к. необходима организация эффективного дымоудаления (на одном этаже к общему дымоходу может подключиться только один котел);
- повышенные требования к газопроводам во избежание в них конденсата (они должны быть горизонтальными, теплоизолированными и иметь устройства сбора и нейтрализации конденсата);

– в высотных зданиях тяга не регулируется и меняется в больших пределах по высоте здания и при изменении погоды, поэтому в них проблемы дымоудаления особенно обостряются;

– срок службы котлов – 15-20 лет, но в наших условиях гораздо меньше из-за отсутствия тонкой очистки воды;

– должна быть обеспечена возможность доступа в квартиру при длительном отсутствии жильцов; недопустимо длительное отключение котлов самими жителями в зимний период;

– серьезной проблемой является свободный неконтролируемый доступ к котлам детей и людей с поврежденной психикой и зачастую затруднительный доступ специалистов для обслуживания.

В связи с вышеизложенным расчет по критерию прибыльности был проведен только для варианта с использованием крышных котельных. Данный расчет показал, что чистая текущая стоимость $Z > 0$. Следовательно, вариант строительства крышных котельных экономически оправдан, инвестиционный проект целесообразен.

Заключение. Расчет КПД различных систем теплоснабжения показал, что средний КПД децентрализованных систем выше КПД централизованных систем, представленных районными отопительными котельными, в 1,3 раза. Причем КПД систем теплоснабжения с использованием крышных котельных и поквартирного отопления очень близки. Но с точки зрения энергоэффективности система поквартирного теплоснабжения проигрывает варианту крышной котельной с поквартирным учетом и регулированием из-за полного отсутствия режимного регулирования процесса сжигания топлива. В действительности КПД каждой отдельной системы определяется исходя из существующих условий и реальных значений каждого из пяти коэффициентов, входящих в формулу (1). Но даже из приведенных расчетов можно сделать вывод, что переход на децентрализацию системы теплоснабжения позволит достичь значительного энергетического эффекта и, как следствие, экономии топлива.

Анализ экономической эффективности показывает обоснованность строительства в нынешних экономических условиях собственной крышной котельной при достаточной положительной эффективности для инвестора. При этом срок окупаемости данного проекта составит 3 года с момента набора нагрузки (при условии установки отечественного оборудования). Срок окупаемости данного проекта при установке импортного оборудования увеличивается до 4,5 лет, так как в этом случае суммарные затраты, приведенные к концу расчетного периода, выше, чем в варианте использования отечественного оборудования, в 1,2 раза.

Переориентация на развитие децентрализованного теплоснабжения соответствует сложившейся мировой практике. Следует признать, что это выгодно для потребителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яковлев Б.В., Трутаев В.И. Технико-экономическое обоснование зон централизованного и децентрализованного теплоснабжения: Метод. указания. – Минск: БелНИПИэнергопром, 1995. – 57 с.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования / Утв. Мин. экономики РФ, Мин. финансов РФ, Госком. РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу 31.03.94 №7 – 12/47. – М.: Теринвест, 1994. – 52 с.

Статья поступила в редакцию 29 апреля 2011 г.

UDC 621.002.5:006.354

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMMUNAL OBJECTS HEAT SUPPLY EFFICIENCY

E.B. Filatova¹, A.I. Shchelokov²

¹ Samara State Architectural and Construction University
194, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443001

² Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The concept of energy efficiency and cost of heating systems is stated. The efficiency of communal objects heat supply decentralization is proved. Comparison of investment appeal of various centralized and decentralized heat supply projects is conducted.

Keywords: *centralized heating system, decentralized heating system, boiler house roof, per-apartment heating, Energy Efficiency, economy, investment project, total costs, net profit, pay-back period.*

*A.I. Shchelokov – Doctor of Technical Sciences, Professor.
E.B. Filatova – Assistant.*