

# ***Строительство и обустройство промыслов***

---

УДК 338.45 (06)

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

THE ISSUES OF IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY  
OF ENERGY SAVING

**О. В. Смирнов, А. Г. Варехов**

O. V. Smirnov, A. G. Varekhov

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,  
г. Санкт-Петербург*

*Ключевые слова: электро- и теплоснабжение; стоимость услуг;  
доходы населения; тепловые потери*

*Key words: electro supply; heat supply; cost of utilities; income of population; thermal losses*

При обеспечении энергетической безопасности нехватка капиталовложений в российской электроэнергетике, нефтяном и газовом секторах в условиях ограниченной производственной мощности и растущем внутреннем спросе повышение энергоэффективности будет основным фактором обеспечения энергосбережения,

надежности и безопасности энергоснабжения. Инвестиции в энергоэффективность могут обеспечить снижение энергоемкости и удовлетворить растущий спрос при затратах втрое меньших, чем капиталовложения, необходимые для строительства новых генерирующих мощностей.

Основной индикатор энергоэффективности — это энергоемкость той или иной технологии. Низкая энергоемкость не является признаком эффективности технологий. В тоже время высокая энергоемкость не обязательно расточительна и связана с типом технологического процесса и его результатом, то есть производимой конечной продукцией. Практически вся товарная группа начального этапа передела имеет высокую энергоемкость.

В России в домашнем хозяйстве потребляется энергии меньше, чем в Европе за счет экспорта энергии в товарной форме из Европы. В связи с этим возникает вопрос об адекватности направления сокращения энергоемкости на 40 %, что вряд ли возможно без изменения структуры энергетической экономики.

Развитие энергоснабжения и, в первую очередь, теплоснабжения в сфере жилищно-коммунального хозяйства определяется двумя основными факторами. Во-первых, характером и состоянием экономических отношений в сфере потребительской электро- и теплоэнергетики, включая жилищно-коммунальные услуги, которые, в конечном итоге, выражаются в стоимости этих услуг. Во-вторых, техническим состоянием инженерных систем и комплексов, начиная от крупных энергоснабжающих подразделений (ГРЭС и котельные разного уровня мощности) и заканчивая частными квартирными приборами и устройствами учета теплопотребления.

Ценовая картина стоимости тепловой и электрической энергии показывает, во-первых, что рыночная стоимость сырой нефти достаточно точно отражает ее энергетическую ценность, а, во-вторых, что цены тепловой энергии для американского и российского покупателей этой энергии почти тождественны, то есть, не связаны с разницей в уровнях доходов этих покупателей. Отметим также, что стоимость тепловой энергии, «привязанная» к стоимости энергетического сырья на мировом рынке, не отражает, и это также вполне естественно, детали процесса производства тепловой энергии, то есть его организацию, техническое состояние оборудования, технологию производства, тепловые потери и другие составляющие. Таким образом, содержательное исследование должно опираться на соотношение полученной энергии и затраченного на ее производство топлива.

Стоимость электроэнергии для потребителя в Санкт-Петербурге составляла в 2011 году примерно 0,054 евро за 1 КВт·ч. Эта стоимость при больших потерях, сопровождающих производство электроэнергии в России, вряд ли может быть обоснована какими-либо экономическими категориями.

Расчеты показывают, что стоимости тепловой и электрической энергии представляют собой вполне объективные величины, определяемые стоимостью энергетического сырья. Экономические проблемы российского жилищно-коммунального сервиса определяются, кроме низкой платежеспособности населения, также и большой совокупностью факторов, главными из которых являются плохое техническое оснащение и неразвитость экономических отношений в этой сфере. В результате при средней по России стоимости тепловой энергии 1 120 рублей за гигакалорию в платежных счетах российских граждан за коммунальные услуги в целом по стране стоимость отопления и горячей воды может составлять от 50 до 70 %.

Первое, что сделали восточные немцы в системе теплоснабжения после воссоединения Германии, заменили централизованные тепловые пункты индивидуальными. Они также передали тепловые пункты и приборы в их составе для измерения теплопотребления в собственность сетевых компаний. Доля семейного бюджета, связанная с электроэнергией и теплом в бывшей ГДР, стала ниже, чем сего-

дня и не соответствовала реальным ценам, поскольку вся экономика, включая и коммунальную сферу, была искажена. Основной формой поддержки государством населения было перекрестное субсидирование, то есть государственное подтверждение заведомо убыточной стоимости коммунальных услуг с компенсацией убытков за счет реализации других товаров и услуг. И сегодня в России основной формой поддержки незащищенных слоев населения является перекрестное субсидирование.

Российское теплоснабжение только начинает развиваться в русле, с одной стороны, преодоления технической отсталости, а, с другой, развития рыночных отношений, то есть формирования цены тепловой энергии на основе постоянного и повсеместного учета теплопотребления. Поэтому понятно, что такой баланс затрат и экономии пока что недостижим. В любом случае, если сумма затрат велика, она будет частично перекладываться на потребителя, а тарифная стоимость будет расти по схеме «затраты плюс». Затраты определяются износом основных теплогенерирующих мощностей (при условии отсутствия крупных затрат, связанных с модернизацией этих мощностей), и процесс должен идти с постоянно увеличивающейся скоростью. С формальной (математической) точки зрения это равносильно расходящемуся ряду, в котором частичная сумма ряда возрастает быстрее, чем пропорционально числу слагаемых ряда.

Следует отметить неразвитость системы экономических отношений в сфере электро- и теплопотребления и, соответственно, неразвитость рациональных форм управления в этой сфере. Быстрый рост дебиторской задолженности потребителей тепловой энергии при низкой вероятности возврата этой задолженности поставил предел всем возможностям модернизации. Стратегия энергосервисной деятельности не применима к реалиям российской экономики, поскольку эта стратегия не обеспечена структурными и аппаратными средствами учета и контроля потребления тепловой энергии. С другой стороны, становится все более ясным, что так называемые рыночные отношения в энергетике, и прежде всего в коммунальной энергетике, основанные на учете и контроле, радикально подрывают систему бюрократических отношений, в том числе коррупционных, которые складывались за многие предшествующие десятилетия. Возникающее противоречие имеет фундаментальный характер и не может быть устранено законодательным путем.

Когда появилась схема «инфляция минус», потребовалась необходимость предельно точного прогнозирования уровня инфляции, выработки «ценового сигнала», то есть индивидуального тарифа для каждого региона, и быстрого, насколько это возможно, парламентского согласования с законодательством. Отставание роста тарифов от реальной инфляции делало деятельность энергогенерирующих компаний убыточной, а опережение негативно влияло на общую динамику цен и, в целом, на экономический рост, что делало не эффективным применение такой схемы. Ставится на первое место задача анализа уровня потребления электрической и тепловой энергии и идентификация категорий потребителей энергии. Планирование производства энергии признается вторичным по отношению к анализу уровня потребления. Потребление и производство энергии рассматриваются как процессы, неразрывные во времени и в пространстве. Одной из самых актуальных задач является соотношение энергии и мощности и установление величины надбавки за мощность. Величина такой надбавки, например, в Германии составляет 30–50 %. Устанавливается, что на конкурентном рынке все потребители тепловой и электрической энергии равнозначны.

Во всех развитых мировых энергетических системах стоимость электроэнергии в 3–4 раза выше стоимости тепловой энергии. Эта стоимость определяется, в основном, потребляемым при производстве энергии топливом [2]. Например, потребление топлива (природного газа) при производстве электроэнергии в конденсационном режиме на парогазовой установке ПГУ-450 Северо-Западной ТЭЦ в

Санкт-Петербурге составляло 334 грамма на кВт·ч, а при совместном (когенерационном) производстве тепла и электроэнергии в теплофикационном режиме — 124 грамма на кВт·ч, то есть почти в три раза меньше. При этом к. п. д. в первом случае (90 %) был существенно выше, чем во втором случае (53 %), что, вообще говоря, должно рассматриваться как положительный фактор. Хотя электроэнергия, при ее избытке, полностью может быть преобразована в тепловую энергию, стоимость процесса определяется, в первую очередь, количеством потребляемого топлива. Кроме того, ясно, что стоимость более дорогого процесса производства электроэнергии перекладывается на стоимость более дешевого производства тепла и обуславливает ценовую дискриминацию или ценовой произвол в экономике теплоснабжения.

Теплофикационный режим электростанций и теплофикация как экономичный способ производства тепловой энергии в стране с холодным климатом, как известно, является российским приоритетом уже с начала 20-го столетия. Эпоха социализма началась с лозунга «коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны». Когенерация, то есть соединение электрификации и теплофикации, получила статус генеральной энергетической концепции. С конца 50-х годов прошлого столетия началась сплошная теплофикация городов. К 1975-му году 800 городов Советского Союза обеспечивались теплом централизованно. Проблема состояла в том, что мощность тепловых станций была, по-видимому, слишком велика (в среднем около 500 МВт). С точки зрения сплошной теплофикации страны с низкой плотностью населения (12 человек на квадратный километр даже в европейской части) это могло считаться оправданным, но только при соблюдении многих дополнительных условий, прежде всего, высокого качества тепловых сетей. Для сравнения можно отметить, что к 2000-му году 450 немецких городов обеспечивались теплом централизованно при установленной тепловой нагрузке 57 000 МВт, то есть около 100 МВт на один тепловой центр (город). Этот пример характерен в том отношении, что Германия и Россия эволюционировали в стратегии теплоснабжения в противоположных направлениях, то есть, соответственно, от индивидуального к централизованному и наоборот. Однако в Великобритании при плотности населения в 250 человек на квадратный километр доля централизованного теплоснабжения составляет только 1 %.

К концу 70-х годов начались старение и износ основных фондов, включая теплогенерирующие предприятия и тепловые сети, прежде всего, в крупных теплоснабжающих центрах. Для того чтобы остановить этот процесс, уже не хватало средств. В последние десятилетия российский опыт когенерации стал все больше игнорироваться в пользу экономически менее выгодного, но технологически более доступного производства электроэнергии. При этом сегодня производство электроэнергии в России в 4 раза меньше, чем в США, но производство тепла в 11 раз больше американского.

Поскольку численность населения России в два раза меньше, дешевое соотношение по тепловой энергии необходимо удвоить. Если не учитывать огромных потерь при производстве тепловой энергии, этот результат выглядит почти абсурдным. Таким образом, сбалансированное производство электрической и тепловой энергии требует детального исследования сферы потребления, включая все механизмы энергетических потерь.

Реальные потери тепла составляют 20–50 % зимой и 30–70 % летом. Утечки теплоносителя превышают нормы, принятые в развитых странах, в десятки раз. Иногда считается, что три четверти генерирующих мощностей российских электростанций исчерпали свой ресурс. Рассмотрим для оценки технического состояния систему теплоснабжения города Санкт-Петербурга.

Жилая площадь города составляет  $1,1 \cdot 10^8 \text{ м}^2$ . Будем исходить из действующей на сегодня месячной отопительной нормы, равной  $0,0142 \text{ Гкал} \cdot \text{м}^{-2}$ . Это зна-

чение может колебаться в зависимости от выбранного городского района. Отметим, что в 2003-м году, то есть 10 лет назад, эта норма для Москвы и Санкт-Петербурга была равной приблизительно  $0,0175 \text{ Гкал} \cdot \text{м}^{-2}$  и достаточно близко соответствовала сегодняшнему уровню. Эти значения косвенно характеризуют общее состояние национальной программы энергосбережения, которая начинает активно развиваться примерно с 2000-го года благодаря введению современных строительных технологий. Отметим также, что 70 % домов Санкт-Петербурга построено в промежутке 1970–1990 гг. Наконец, известно, что теплопотребление многоквартирных домов, построенных в Санкт-Петербурге до 1990-го года, в 3–5 раз выше, чем у домов, построенных после 2000-го года. Для некоторых домов, построенных в Санкт-Петербурге в последние годы, достигнута годовая норма теплопотребления  $0,1 \text{ Гкал} \cdot \text{м}^{-2}$  (средняя месячная норма  $0,0083 \text{ Гкал} \cdot \text{м}^{-2}$ ). Таким образом, понятно, что в среднем по городу за 10 лет небольшой положительный эффект достигнут только за счет внедрения новых технологий строительства.

Общее потребление тепла в течение отопительного сезона (6 месяцев) составляет  $8,32 \cdot 10^6 \text{ Гкал}$ . То же значение в расчете на душу населения (5 млн. человек) равно примерно  $1,66 \text{ Гкал}$ , а в пересчете на условное топливо с теплотой сгорания  $7\,000 \text{ ккал} \cdot \text{кг}^{-1}$  ( $29,302 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ) составляет около  $0,24$  тонны условного топлива (т. у. т.) на человека. При стоимости в 2014-м году отопления в Санкт-Петербурге из расчета 1 175 рублей за гигакалорию общая стоимость в течение отопительного сезона должна составлять приблизительно 1950 рублей (около 325 рублей за месяц отопительного сезона) в расчете на одного человека.

С другой стороны, для более достоверной оценки общего потребления тепла можно исходить из статистических данных по потреблению тепла населением РФ. Потребление тепла за последнее десятилетие достаточно медленно и монотонно росло и к 2007-му году составило 866 млн гигакалорий. В расчете на 5 млн человек (Санкт-Петербург) получим примерно 31 млн Гкал, то есть почти четырехкратное увеличение по сравнению с оценкой 8,32 млн Гкал для Санкт-Петербурга. Наиболее достоверное объяснение этого противоречия состоит в декларированной низкой стоимости гигакалории тепла. Если соответственно увеличить эту стоимость в отношении  $31/8,32$ , то годовая стоимость отопления составит около 7 200 руб., то есть около 600 руб. за календарный месяц или примерно 1 200 руб. за месяц отопительного сезона. Последнее значение достаточно хорошо соответствует реальной стоимости, то есть платежным документам. Таким образом, расход топлива в расчете на одного человека составит 0,9 (вместо 0,24) т. у. т. и, соответственно, коэффициент использования топлива, равный примерно 36 %. Потери топлива, следовательно, составляют 64 %. Наконец, для оценки можно использовать величину душевого потребления ископаемых органических топлив в Российской Федерации, которое в 2012-м году составило 6,2 т. у. т. в год. Если учесть, что провинциальное и сельское население РФ в значительной мере живет «на дровах», включая дровяные коммунальные котельные (например, в Архангельской области), это значение следует увеличить. Доля потребляемого населением тепла оценивается в 40 %, что дает в среднем значение 2,48 т. у. т. в год. Следовательно, теперь отношение  $2,48/0,24 = 10,3$  отражает тепловые потери. Более представительна обратная величина 9,6 %, определяющая коэффициент использования топлива. Соответственно, потери составят 90,4 %. Таким образом, величина потерь топлива располагается в пределах 64–90 %. Поэтому самой важной национальной задачей для России является именно максимальное снижение потерь.

Таким образом, показано, что стоимость услуг в сфере теплоснабжения, ориентированная на мировую рыночную стоимость энергетического сырья, не отражает уровня развития производства тепловой энергии, издержек производства (тепловых потерь) и уровня доходов населения.

На основании анализа величин потерь тепловой энергии, связанных с неэффективным расходованием топлив обосновывается сбалансированная стратегия производства тепловой и электрической энергии.

#### ***Список литературы***

1. Богданов А. Б., Богданова О. А. Энергетика и промышленность России. № 1(04), февраль 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.eprussia.ru/teploenergetika/04/60.htm](http://www.eprussia.ru/teploenergetika/04/60.htm).
2. Варехов А. Г., Смирнов О. В. О развитии биотопливных технологий // Известия вузов. Нефть и газ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – № 6. – С. 54-61.

#### ***Сведения об авторах***

**Смирнов Олег Владимирович**, д. т. н., профессор кафедры «Электроэнергетика», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. +79129275192, e-mail: [oleg\\_smirnov\\_1940@mail.ru](mailto:oleg_smirnov_1940@mail.ru)

**Варехов Алексей Григорьевич**, к. т. н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, тел. +79112765500, e-mail: [varekhov@mail.ru](mailto:varekhov@mail.ru)

#### ***Information about the authors***

**Smirnov O. V.**, Doctor of Engineering Sciences, professor of Department «Electroenergetics», Industrial University of Tyumen, phone: +79129275192, e-mail: [oleg\\_smirnov\\_1940@mail.ru](mailto:oleg_smirnov_1940@mail.ru)

**Varekhov A. G.**, Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, phone: +79112765500, e-mail: [varekhov@mail.ru](mailto:varekhov@mail.ru)