

05.20.02

УДК: 620.91; 330.131

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

© 2019

Сакен Койшыбаевич Шерьязов, доктор технических наук, профессор
Ольга Степановна Пташкина-Гирина, кандидат технических наук, доцент
Наталья Сергеевна Низамутдинова, кандидат экономических наук, доцент
Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск (Россия)

Аннотация

Введение: развитие энергетики опережающими темпами является основой развития общества в целом. Такое развитие возможно на базе инновационных энергосберегающих технологий. Одним из инновационных технологий является использование возобновляемых источников энергии. В России возобновляемая энергетика имеет большие перспективы, но темпы ее развития оставляют желать лучшего и имеются определенные трудности в поиске инвесторов из-за проблем экономического характера. При этом недостаточное внимание уделяется системе теплоснабжения с использованием возобновляемых источников.

Материалы и методы: в статье рассмотрено низкопотенциальное тепло водных ресурсов, надземных и подземных вод, озер и рек, как наиболее перспективные возобновляемые источники. Приведен валовый потенциал низкопотенциального тепла в условиях Челябинской области. Для экономической оценки проектов, использующие возобновляемые источники, рассмотрены существующие методы в отечественной и мировой практике.

Результаты и их обсуждение: на основе средней нормированной стоимости энергии за весь срок службы проекта показана возможность выбора теплонасосной установки, использующей низкопотенциальное тепло в качестве источника для теплоснабжения индивидуального потребителя. В качестве примера, для оценки экономических показателей теплонасосной установки в условиях Челябинской области рассмотрены 6 вариантов систем теплоснабжения с учетом климатических особенностей региона для 4-х типов индивидуальных жилых домов. Результаты исследования показали, что в Челябинской области самым дорогим является 100 % обеспечение потребного тепла на базе теплонасосной установки. По показателю средней нормированной стоимости энергии, наиболее привлекательным является проект с 50 % обеспеченностью тепловой энергии от теплонасосной установки. Сравнительный анализ результатов исследования с данными международной оценки систем отопления *Subsidies and costs of EU energy* показывает близость характера изменения приведенных показателей.

Заключение: на Южном Урале при валовом потенциале тепловой энергии подземных вод в 12,2 млрд кВт×ч, реализация проектов на базе теплонасосных установок, обеспечивает эффективность теплоснабжения, соответствующую общемировому уровню.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, водный ресурс, низкопотенциальное тепло, нормированная стоимость, система теплоснабжения, теплонасосные установки, энергосбережение, экономические показатели.

Для цитирования: Шерьязов С. К., Пташкина-Гирина О. С., Низамутдинова Н. С. Экономические показатели возобновляемой энергетики // Вестник НГИЭИ. 2019. № 2 (93). С. 48–58.

ECONOMIC INDICATORS OF RENEWABLE ENERGY

© 2019

Saken Koyshybaevich Sheryazov, Dr. Sci. (Engineering),
professor of the chair «Power Supply and automation of technological processes»
Olga Stepanovna Ptashkina-Girina, Ph. D. (Engineering),
associate professor of the chair «Power Supply and automation of technological processes»
Natalya Sergeevna Nizamutdinova, Ph. D. (Economy),
associate professor of the chair «Management and information technologies»
South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk (Russia)

Abstract

Introduction: the development of energy at an accelerating pace is the basis for the development of society as a whole. Such development is possible on the basis of innovative energy-saving technologies. One of the innovative technologies is the use of renewable energy. In Russia, renewable energy has great prospects, but the pace of its development leaves much to be desired and there are certain difficulties in finding investors due to economic problems. However, insufficient attention is paid to the heating system using renewable sources.

Materials and Methods: the article considers low potential heat of water resources, above-ground and underground waters, lakes and rivers, as the most promising renewable sources. The gross potential of low-grade heat in the conditions of the Chelyabinsk region is given. For the economic evaluation of projects using renewable sources, the existing methods in domestic and world practice are considered.

Results and discussion: on the basis of the average standardized cost of energy over the entire life of the project, the possibility of choosing a heat pump installation using low-grade heat as a source for the heat supply of an individual consumer is shown. As an example, to evaluate the economic performance of a heat pump installation in the conditions of the Chelyabinsk region, 6 variants of heat supply systems were considered taking into account the climatic features of the region for 4 types of individual houses. The results of the study showed that in the Chelyabinsk region the most expensive is the 100 % provision of the required heat on the basis of the heat pump unit. In terms of the average standardized cost of energy, the most attractive is a project with 50% security of thermal energy from a heat pump installation. A comparative analysis of the research results with data from the international assessment of heating systems Subsidies and costs of EU energy shows the closeness of the nature of the changes in these indicators.

Conclusion: in the Southern Urals, with a gross potential of groundwater thermal energy of 12.2 billion kWh, the implementation of projects based on heat pump installations ensures the efficiency of heat supply corresponding to the global level.

Keywords: renewable energy, water resource, low potential heat, standardized cost, heating system, heat pump installations, energy saving, economic performance.

For citation: Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S., Nizamutdinova N. S. Economic indicators of renewable energy // Bulletin NGIEI. 2019. № 2 (93). P. 48–58.

Введение

Развитие общества тесным образом связано с состоянием энергетики. В этих условиях необходимо развитие самой энергетики, причем опережающими темпами. Для развития энергетики необходимо внедрение новых инновационных технологий, направленных на энергосбережение, согласно ФЗ № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [1]. Снижение потребления топливных энергетических ресурсов за счет инновационных технологий является актуальной задачей.

В системе энергоснабжения для повышения ее энергетической эффективности необходимо снижать потери энергии при ее передаче. Создание экономически эффективной и экологически безопасной системы энергоснабжения возможно на основе возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [2; 3].

Развитие рынка ВИЭ в России было обозначено, как стратегическая цель государственной политики. Разработаны и приняты ряд законов и нормативных документов, способствующих распространению ВИЭ в России [4; 5; 6]. Так, поставлена цель по росту доли ВИЭ в выработке электроэнергии до 2,5 % к 2020 году, что потребует ввода 5,87 ГВт мощностей на основе ВИЭ. Однако использования ВИЭ сталкивается с:

- высокими капитальными затратами и низким уровнем развития отечественных технологий;
- сложностью прогнозирования выработки электроэнергии от ВИЭ и относительно низким коэффициентом использования мощности.

В этих условиях необходимы исследования по оценке экономических показателей использования ВИЭ для разработки стимулирующих мер по развитию ВИЭ. Данная задача особенно актуально для систем теплоснабжения, где доля ВИЭ растет гораздо медленнее, чем в электроэнергетике [7].

Развитие теплоэнергетика в России играет важную роль. Длительный холодный период, особенно на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке, делают систему теплоснабжения социально-значимой и достаточно затратной. Около 40 % энергоресурсов в энергобалансе страны тратится на отопление, причем более половины этих ресурсов используется для бытовых нужд. В России традиционно сложились два вида теплоснабжения: централизованное (43 %) и децентрализованное (67 %), из которых около 18 % автономные и индивидуальные источники. При этом в качестве источников энергии традиционно используются органическое топливо [8].

В условиях роста затрат на традиционные энергоносители необходим поиск путей по снижению их

использования. Одним из путей является использование ВИЭ [2; 3; 9]. При этом актуальны использование не только солнечной и ветровой энергии в системе энергоснабжения [10; 11; 12], но и тепла земли [13].

В условиях отсутствия достаточного опыта проектирования и монтажа теплогенерирующих установок происходит простой перенос зарубежных схем, что не всегда оправдано, а также нет единого подхода к экономической оценке энергетических объектов, вследствие большого разброса различных показателей эффективности, сложно определить экономичность систем теплоснабжения с использованием ВИЭ.

Целью исследования является технико-экономическое обоснование возможности использования ВИЭ на примере системы теплоснабжения в условиях Челябинской области.

Материалы и методы

При проектировании систем теплоснабжения необходимо учитывать температуру наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 и температуру, которая должна поддерживаться внутри помещения [14; 15]. Например, для Челябинской области характерна температура воздуха минус 34 °С в наиболее холодной пятидневке, с обеспеченностью 0,92, абсолютная минимальная температура – минус 48 °С при среднегодовой температуре в регионе – плюс 2 °С, а среднемесячной в январе – минус 15,8 °С.

На основе этих параметров и с учетом материалов, из которых будет строиться здание, рассчитывается тепловой баланс здания, результат расчета которого будет являться необходимой (пиковой) мощностью теплогенерирующей установки. Для выбора энергоустановки на базе ВИЭ необходимо оценить потенциал возобновляемого источника.

В числе возобновляемых источников наиболее перспективным является низкопотенциальное тепло водных ресурсов, например, надземных и подземных вод, озер и рек. В условиях Челябинской области были проведены необходимые исследования по оценке валового потенциала низкопотенциального тепла для региона [16].

Установлено, что Челябинская область не обладает глубинными запасами термальных вод и относится к зоне аномально низкого теплового потока (менее 30 мВт/м²), но на его территории возможно использование приповерхностной низкотемпературной геотермальной энергии малых глубин.

В ходе исследования валового потенциала тепловой энергии подземных вод рассматривался верхний горизонт активного водообмена различной обеспеченности. Гидрологические расчеты, основанные

на материалах наблюдения на 35 пунктах на 21 реке, учитывающие рельеф и геологическое строение, позволили определить величину подземного стока 50 % обеспеченности и оценить его тепловой поток. Величина теплового потока подземного стока на территории области колеблется от 0,045 Вт/м² на западе до 0,015 Вт/м² на востоке. Средний многолетний валовый потенциал тепловой энергии подземных вод Челябинской области составляет 12,2 млрд кВт·ч [17].

Результаты теоретических исследований легли в основу проекта использования низкопотенциального тепла в системе теплоснабжения в Челябинской области. Спроектирована и установлена парокompрессионная теплонасосная установка (ТНУ) в системе «вода-вода», использующая низкопотенциальное тепло грунтовых вод. ТНУ установлена для обогрева одноэтажного производственного помещения, общей площадью 96 м² [15].

Характеристики теплонасосной установки:

- установленная мощность ТНУ – 8 кВт;
- потребляемая мощность компрессора – 2 кВт;
- количество скважин – одна;
- общая длина теплообменника в скважине – 240 м.

В состав установки входит устройства контроля за работой ТНУ. Контроллер дает на включение ТНУ, когда температура в помещении ниже 17 °С.

Установка действует в течение трех отопительных сезонов. В ее работы не было перебоев. В ходе эксплуатации определялся коэффициент преобразования ТНУ (Coefficient of performance, COP, который в среднем составил величину 3,8 – 4,7.

За отопительный сезон 2017–2018 гг. в течение 7 месяцев, с сентября по апрель установкой произведено 13,6 Гкал или 15 805 кВт·ч тепловой энергии. При этом компрессором потреблено 3 360 кВт·ч электроэнергии. Как видим, коэффициент преобразования ТНУ (COP) составляет 4,7.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ТНУ, использующая низкопотенциальное тепло грунтовых вод позволяет обеспечить тепловой энергией. Однако не определена экономическая эффективность системы теплоснабжения и насколько тепловые насосы конкурентоспособны.

Для экономической оценки системы теплоснабжения с использованием низко-потенциального тепла изучены известные методы. Так, в России к настоящему времени сложились два основных подхода к определению экономической эффективности в энергетике:

а) «сравнительный» подход.

Показателем сравнительной экономической эффективности капиталовложений являются приведенные затраты, которые по всем сравниваемым вариантам определяются как

$$\zeta = \dot{A}_1 \cdot \dot{E} + \dot{E}, \quad (1)$$

где K – единовременные капитальные вложения; I – годовые эксплуатационные издержки; E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений [18].

Основы данного подхода были разработаны еще в прошлом столетии, и используются некоторыми учеными-экономистами и сейчас. Достоинство данного подхода заключается в том, что одновременно учитываются капитальные и текущие затраты проекта, что позволяет делать выбор практически по одному показателю. Однако, ряд недостатков нивелирует положительные стороны. Во-первых, неоднозначен нормативный коэффициент эффективности, например, новейшие технологии еще не выработали свой срок службы, заявляемый производителем, и рассчитать данный коэффициент можно только, основываясь на расчетах производителя. Кроме того, при расчете приведенных затрат не учитывается стоимость жизненного цикла проекта, т. е. фактора времени. В рыночных условиях это может привести к принятию некорректного решения;

б) «инвестиционный» подход.

При инвестиционном подходе выбор технологий, отбор проектов рекомендуется проводить на основании показателей эффективности инвестиционных проектов. Для оценки этих показателей моделируются денежные потоки с учетом изменения их стоимости во времени за жизненный цикл проекта или срока его реализации.

Согласно Методическим указаниям по оценке эффективности инвестиционных проектов [19], это основной документ в России, регламентирующий расчет показателей эффективности инвестиций в энергетике, при выполнении экономической оценки проектов используются следующие показатели:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД), определяемый по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_m \phi_m \alpha_m, \quad (2)$$

где ϕ_m – накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период; α_m – коэффициент дисконтирования.

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_m = \frac{1}{(1+E)^{t_m-t^0}}, \quad (3)$$

где E – норма дисконта, t_m, t^0 – моменты окончания нулевого и m -го шагов;

- индекс доходности (ИД) – отношение суммы денежных притоков (накопленных поступлений) к сумме денежных оттоков (накопленным платежам) и др.

Инвестиционный подход учитывает недостатки «сравнительного» подхода путем исключения из расчета нормативного коэффициента эффективности и учета фактора времени путем дисконтирования. Поэтому данный подход повсеместно применяется.

Инвестиционный подход универсален, что является его несомненным достоинством. Но в энергетике, когда приходится выбирать между совершенно технологически разными проектами, использующими различные источники энергии, для анализа нужны более специфические показатели, характеризующие данную технологию.

В мировой практике широко применяется показатель нормированной (усредненной) стоимости энергии LCoE (levelized cost of energy), который зародился более 20 лет назад и инвесторы стали пользоваться им для отбора проектов в качестве основного инструмента. Существуют различные модификации формулы LCoE. Так, в мире широко распространено определение нормированной стоимости электроэнергии [20; 21] и нормированной стоимости тепловой энергии (LCOE or LCOH) [22; 23].

Для оценки нормированной стоимости тепловой энергии в [23] предлагают следующий вариант:

$$LCOE_j = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{TOC(t)_j + Capex(t)_j}{(1+WACC)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{SOR(t)_j}{(1+WACC)^t}}, \quad (4)$$

где $TOC(t)$ – операционные затраты проекта в год t ; $Capex(t)$ – инвестиционные затраты проекта в год t ; $SOR(t)$ – количество произведенной тепловой энергии за год t ; $WACC$ – средневзвешенная стоимость капитала; j – вид технологии; n – жизненный цикл технологии.

Нормированная стоимость энергии показывает, сколько затрачивается в среднем за весь срок службы проекта на производство электрической или тепловой энергии. Данный показатель совмещает в себе достоинства двух вышеописанных подходов и дает возможность выбора источника для системы энергоснабжения индивидуального потребителя. При определении нормированной стоимости энергии необходимо четко устанавливать границы системы энергоснабжения и состав необходимых затрат [21].

В качестве примера, для оценки экономических показателей ТНУ в условиях Челябинской области рассмотрены 6 вариантов систем теплоснабжения с учетом климатических особенностей региона для 4-х типов индивидуальных жилых домов площадью 100, 150, 200, 250 кв. м.

При приняты ограничения и характеристики для расчета нормированной стоимости тепловой энергии:

1. Установленная мощность систем отопления рассчитывалась для температуры наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, минус 34 °С.

2. 6 вариантов систем отопления: газовое отопление; электроотопление; ТНУ с электроприводом, использующая низкопотенциальное тепло грунтовых вод типа «вода-вода» и обеспечивающая 100 %-ю, 75 %, 50 % и 25 %-ю потребность в тепле. Предполагается, что недостающую мощность от ТНУ будет компенсировать электрический пиковый догреватель.

3. Срок службы газового оборудования – 7 лет, электрооборудования – 5 лет, ТНУ – 25 лет.

4. В состав инвестиционных затрат были включены затраты на подготовку проекта, покупку котлов, компрессоров и др. необходимых элементов теплогенерирующих установок, монтаж системы отопления. Предполагается, что необходимое обо-

рудование будет приобретаться на собственные средства, тем более что для жилых домов государственные субсидии на них в России не предусмотрено.

5. В связи с тем рассматривались индивидуальные жилые дома и в состав операционных затрат были включены энергоресурсы (газ, электричество) и затраты на реновацию и ремонт в размере 1 % от полной стоимости системы теплоснабжения. Амортизация и оплата труда не включались [24]. Тариф на электроэнергию составляет 2,12 руб./кВтч, тариф на газ 4 277 руб./1 000 куб. м. Предусмотрено ежегодное увеличение тарифов на 10 %.

6. Ставка дисконтирования в течение жизненного цикла проектов не изменялась и составила 10 %, как для высокорисковых инвестиций в постоянно изменяющейся рыночной среде без инфляционных ожиданий аналогично расчетам Projected Costs of Generating Electricity, 2015 [19].

7. Курс евро принят на 14.10.2018. 1 евро – 76,4 рубля.

Результаты исследования и обсуждение

Для различных рассматриваемых вариантов, по приведенным условиям, проведены исследования экономических показателей системы теплоснабжения. Результаты исследования инвестиционных затрат на систему теплоснабжения в условиях Челябинской области приведены на рисунке 1.

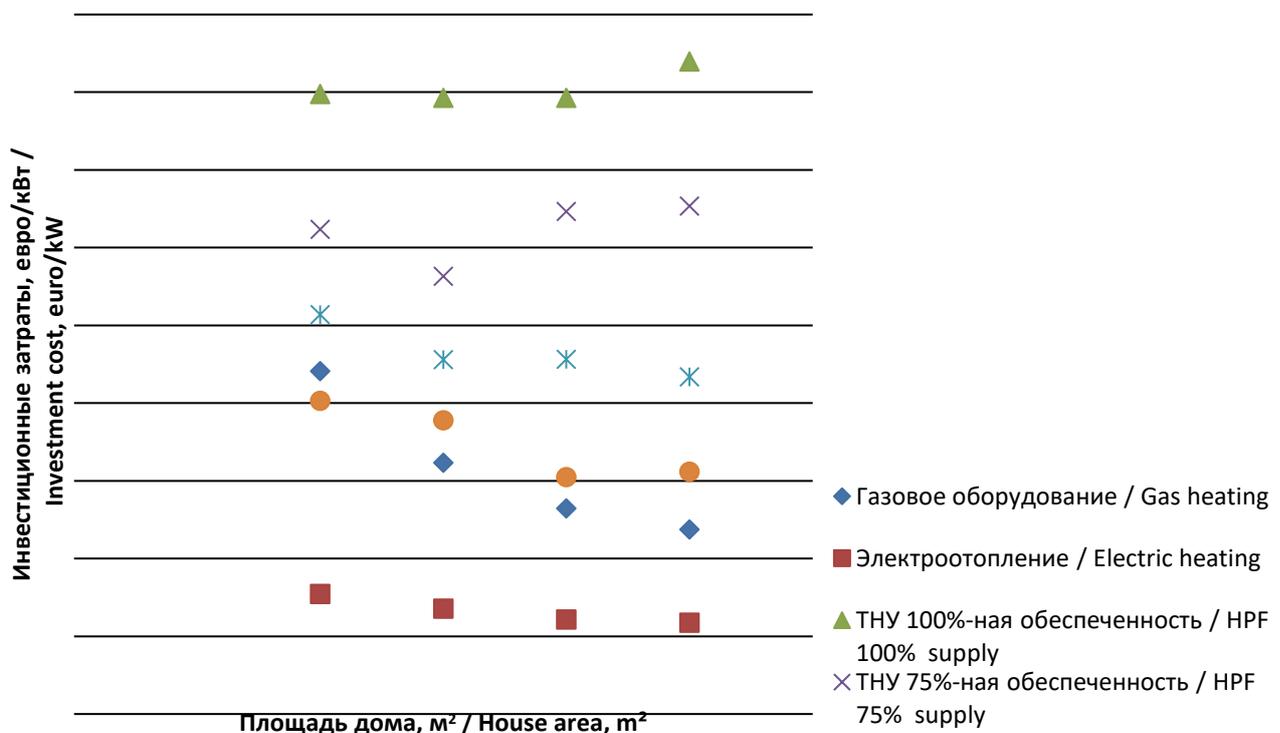


Рис. 1. Инвестиционные затраты на систему отопления, евро/кВт
 Fig. 1. Investment costs for heating system, Euro/kW

Результаты исследования показывают, что в Челябинской области самым дорогим является использование ТНУ для 100 %-го обеспечения потребного тепла, наименее затратным в этом отношении – элек-

трические отопительные системы. Если рассматривать операционные затраты, то себестоимость электроотопления значительно выше, чем у других отопительных систем (рис. 2).

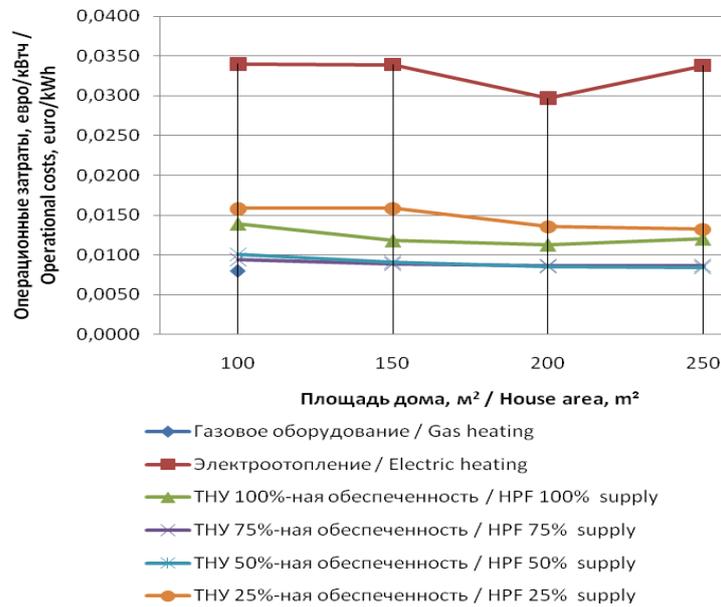


Рис. 2. Операционные затраты на 1кВтч полученного тепла, евро/кВтч
 Fig. 2. Operating costs per 1 kWh of heat, Euro/kWh

Стоимость тепловой энергии, произведенной при помощи газового оборудования практически равна стоимости теплонасосной установки при 50%

обеспеченности. Расчет усредненных затрат показал, что наиболее привлекательным будет проект ТНУ с 50 % обеспеченностью (рис. 3).

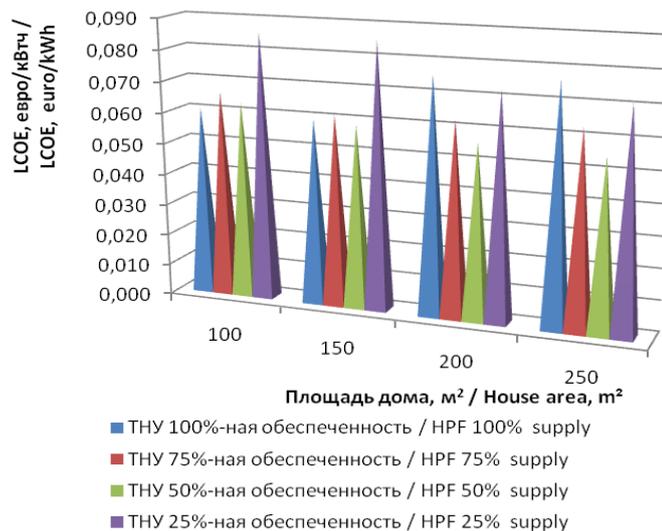


Рис. 3. Усредненные затраты на производство тепловой энергии теплонасосными установками (LCOE), евро/кВтч
 Fig.3. Levelized cost of energy (heat) for heat pump (LCOE), Euro/kWh

Если сравнивать усредненные затраты на традиционные системы отопления и на системы, использующие ТНУ с 50 % обеспеченностью, последний не

уступает по экономическим показателям электроотоплению с его высокими операционными затратами (рис. 4). Приведенные в таблице 1 результаты иссле-

дования и их сравнительный анализ с данными международной оценки систем отопления Subsidies and costs of EU energy [25] показывает близость характера

изменения приведенных показателей. Различия в результатах могут быть обусловлены системой отопления, ценой энергоносителей и т. д.

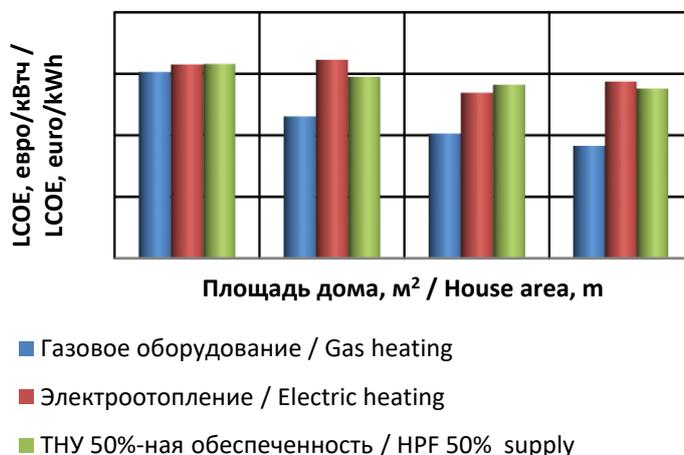


Рис. 4. Усредненные затраты на производство тепловой энергии (LCOE), евро/кВтч

Fig. 4. Levelized cost of energy (heat), Euro/kW

Таблица 1. Экономические показатели различных систем отопления

Table 1. Economic indicators of different heating systems

Система отопления / Heating system	Инвестиционные затраты, Capex, евро/кВт / Investment costs, Capex, euro/kW	Операционные затраты, ТОС, евро/кВтч / Operational costs, TOC, euro/kWh	LCOE, евро/кВтч / LCOE, euro/kWh
Газовое отопление (Южный Урал) / Gas heating (Southern Ural)	264–630	0,0069–0,0114	0,037–0,082
Газовое отопление (Евросоюз-28) / Gas heating (European Union-28)	80–360	0,001–0,004	0,025–0,095
ТНУ (Южный Урал) / HPF (Southern Ural)	305–885	0,0086–0,0139	0,055–0,088
ТНУ (Евросоюз-28) / HPF (European Union -28)	737–1 560	0,017–0,035	0,070–0,175

Заключение

Для энергоснабжения потребителей возможно использование ВИЭ. При этом они могут работать совместно с традиционной системой энергоснабжения, обеспечивая часть потребной энергии для снижения затрат на потребляемую энергию. В системе энергоснабжения существуют технические и экономические возможности использования ВИЭ.

Результаты исследования систем теплоснабжения на базе ТНУ показывает их эффективность. При определенных экономических условиях и ограничениях (например, тариф на электроэнергию взят

2,12 руб./кВтч действующий для жителей сельской местности) ТНУ с различной степенью обеспеченности потребности в тепле могут быть конкурентоспособными в системе теплоснабжения даже без государственной поддержки.

Для теплоснабжения использование низкопотенциального тепла подземных вод является актуальной. Так, на Южном Урале при валовом потенциале тепловой энергии подземных вод в 12,2 млрд кВтч, успешно реализуются проекты на базе теплонасосных установок, обеспечивающие эффективность теплоснабжения, соответствующие общемировому уровню

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 25.03.2018).
2. *Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S.* Increasing power supply efficiency by using renewable sources // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016. DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910986.
3. *Мусина Г. Ш., Линькова Т. С., Хабибрахманова О. В.* Разработка высокотехнологичного производства высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 2 (76). С. 264–269.
4. *Мажкенова А. С.* Правовое регулирование в системе распределенной генерации // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в подготовке современных профессиональных кадров: опыт, проблемы». Челябинск : Челябинский филиал РАНХиГС, 2018. С. 110–116.
5. *Беляев Ю. М.* Вопросы долгосрочной стратегической альтернативы в энергетике // Энергетическая политика. 2002. № 1. С. 7–12.
6. *Низамутдинова Н. С., Пташкина-Гирина О. С.* Меры государственной поддержки возобновляемой энергетики в мире и РФ // Материалы 69-й научной конференции «Наука ЮУрГУ». Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ. 2017. С. 320–327.
7. Renewables 2017 Global Status Report, REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ren21.net/gsr-2017> (дата обращения: 17.03.2018).
8. *Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S.* Estimation of Renewable Energy Resources for Heat Supply Systems // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017. DOI:10.1109/ICIEAM.2017.8076239.
9. *Шерязов С. К., Пташкина-Гирина О. С.* Особенности использования возобновляемой энергии в сельском хозяйстве // Вестник ЧГАА. Челябинск. 2013. Вып. 66. С. 95–101.
10. *Obukhov S. G., Plotnikov I. A., Sheryazov S. K.* Methods of effective use of solar power system // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7911015.
11. *Кузнецов Н. В.* Концепция управления финансовым обеспечением предприятий электроэнергетики // Экономика и предпринимательство. 2014. № 8 (49). С. 466–471.
12. *Шерязов С. К., Шелубаев М. В.* Ветроэлектрические установки в системе электроснабжения сельскохозяйственных потребителей : Монография. Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ. 2018. 184 с.
13. *Шерязов С. К., Пташкина-Гирина О. С., Низамутдинов Р. Ж., Волкова О. С.* Исследование факторов, влияющих на эффективность работы теплонасосной установки в сельском хозяйстве // Известия Оренбургского ГАУ. Оренбург. 2018. № 3 (71). С. 154–157.
14. СНиП 23-01-99. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология. Москва, 2003. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tgi-group.ru/> (дата обращения: 03.03.2018).
15. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Поправкой). Дата введения 2013-01-01. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 01.02.2018).
16. *Низамутдинов Р. Ж.* Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли для теплоснабжения сельского потребителя в условиях Южного Урала : Дис. канд. техн. наук. Челябинск, 2013. 170 с.
17. *Пташкина-Гирина О. С., Низамутдинов Р. Ж.* Оценка низкопотенциальной тепловой энергии земли для автономного теплоснабжения сельского потребителя в условиях Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2013. № 5. С. 30–33.
18. *Низамутдинова Н. С.* Экономические аспекты применения технологий, использующих возобновляемые источники энергии // Введение в энергетику: сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции. Кемерово : КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 2016. С. 44.
19. Методические указания по оценке эффективности инвестиционных проектов от 31.03.94 № 7-12/47 (вторая редакция), утвержденные Госстроем, Минэкономики, Минфином и Госкомпромом. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224 (дата обращения: 10.03.2018).

20. Projected Costs of Generating Electricity // Joint re-port by the International Energy Agency (IEA) and the Nuclear Energy Agency (NEA). 8 edition. 2015.
21. Visser E., Held A. Methodologies for estimating Levelised Cost of Electricity (LCOE): Implementing the best practice LCoE methodology of the guidance. ECOFYS. Utrecht. 2014.
22. Pathways to high penetration of heat pumps. Report prepared for the Committee on climate change. London, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/Frontier-Economics-Element-Energy-Pathways-to-high-penetration-of-heat-pumps.pdf> (дата обращения: 28.02.2018).
23. Bratanova A., Robinson J., Wagner L. Modification of the LCOE model to estimate a cost of heat and power generation for Russia. August 2015. [Электронный ресурс]. URL: <http://mpr.a.uni-muenchen.de/65925> (дата обращения: 15.02.2018).
24. Levelised Cost of Heat and the Calculations behind It [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iea-shc.org/article?NewsID=129>. (дата обращения: 28.02.2018)
25. Subsidies and costs of EU energy 2013. [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20141013_subsidies_costs_eu_energy.pdf (дата обращения: 20.02.2018).

Дата поступления статьи в редакцию 17.10.2018, принята к публикации 18.12.2018.

Информация об авторах:

Шерьязов Сакен Койшыбаевич, доктор технических наук,

профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов»

Адрес: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 454080. г. Челябинск, пр. Ленина, 75

E-mail: sakenu@yandex.ru

Spin-код: 9322-7430

Пташкина-Гирина Ольга Степановна, канд. техн. наук,

доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов».

Адрес: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 454080. г. Челябинск, пр. Ленина, 75

E-mail: girina2002@mail.ru

Spin-код: 8852-9950

Низамутдинова Наталья Сергеевна, канд. экон. наук,

Доцент кафедры «Менеджмент и информационные технологии»

Адрес: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 454080. г. Челябинск, пр. Ленина, 75

E-mail: natalyaniz@mail.ru

Spin-код: 6674-2288

Заявленный вклад авторов:

Шерьязов Сакен Койшыбаевич: общее руководство проектом, анализ и дополнение текста статьи.

Пташкина-Гирина Ольга Степановна: сбор материала, подготовка технического раздела текста.

Низамутдинова Наталья Сергеевна: обработка материала, подготовка экономического раздела текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Federal'nyj zakon «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii» ot 23.11.2009 No. 261-FZ [The Federal law about energy saving and about increase of power efficiency and about modification of separate legal acts of the Russian Federation of 23.11.2009 № 261-FZ] [Elektronnyj resurs]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978. (Accessed 25.03.2018).
2. Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Increasing power supply efficiency by using renewable sources. *2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016*. DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910986.
3. Musina G. S., Linkova T. S., Khabibrakhmanov O. V. Razrabotka vysokotekhnologichnogo proizvodstva vysokooktanovykh komponentov motornogo topliva iz vozobnovlyаемого rastitel'nogo syr'ya [Development of high-tech

production of high-octane components of motor fuel from renewable vegetable raw materials], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 2018, No. 2 (76). pp. 264–269.

4. Mazhkenova A. S. Pravovoe regulirovanie v sisteme raspredelennoj generatsii [Legal regulation in the system raspredelennoi generation], *Sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovacionnye tekhnologii v podgotovke sovremennykh professional'nykh kadrov: opyt, problemy» [Innovative technologies in the preparation of today's professionals: experience, problems]*, Chelyabinsk: Chelyabinskij filial RANHiGS, 2018, pp. 110–116.

5. Belyayev Yu. M. Voprosy dolgosrochnoy strategicheskoy al'ternativy v energetike [Issues of a long-term strategic alternative in the energy sector], *Energeticheskaya politika [Energy Policy]*, 2002, No. 1, pp. 7–12.

6. Nizamutdinova N. S., Ptashkina-Girina O. S. Mery gosudarstvennoj podderzhki vozobnovlyaeмой energetiki v mire i RF [Measures of State Support of Renewable Energy in the World and the Russian Federation], *Materialy 69-j nauchnoj konferentsii «Nauka YUUrGU» [Materials of the 69th scientific conference «Science SUSU»]*, Chelyabinsk: Publ. YUUrGU, 2017, pp. 320–327.

7. Renewables 2017 Global Status Report, REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) 2017 [Elektronnyj resurs]. Available at: <http://www.ren21.net/gsr-2017> (Accessed 17.03.2018).

8. Sheryazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Estimation of Renewable Energy Resources for Heat Supply Systems. *International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017*. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076239.

9. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S. Osobennosti ispol'zovaniya vozobnovlyaeмой energii v sel'skom hozyajstve [The special characteristics of using renewable energy in agriculture], *Vestnik CHGAA [Bulletin CSAA]*, Chelyabinsk, 2013, No. 66, pp. 95–101.

10. Obukhov S. G., Plotnikov I. A., Sheryazov S. K. Methods of effective use of solar power system, *2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016* DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7911015.

11. Kuznetsov N. V. Kontseptsiya upravleniya finansovym obespecheniyem predpriyatij elektroenergetiki [The concept of management of financial support for electric power enterprises], *Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and Entrepreneurship]*, 2014, No. 8 (49), pp. 466–471.

12. Sher'yazov S. K., Shelubaev M. V. Vetroelektricheskie ustanovki v sisteme elektrosnabzheniya sel'skohozyajstvennykh potrebitel'ej [Wind Power Facilities in the Power Supply System of Agricultural Consumers]: monografiya, Chelyabinsk: FGBOU VO YUzhno-Ural'skij GAU, 2018, 184 p.

13. Sher'yazov S. K., Ptashkina-Girina O. S., Nizamutdinov R. Zh., Volkova O. S. Issledovanie faktorov, vliyayushchih na effektivnost' raboty teplonasosnoj ustanovki v sel'skom hozyajstve [The research of the factor influencing on the effectiveness of work of heat-pumping facility], *Izvestiya Orenburgskogo GAU [News of the Orenburg state agricultural university]*, Orenburg, 2018, No. 3 (71), pp. 154–157.

14. SNiP 23-01-99. Sistema normativnykh dokumentov v stroitel'stve. Stroitel'nye normy i pravila Rossijskoj Federatsii. Stroitel'naya klimatologiya [System of normative documents in construction. Building regulations and rules of the Russian Federation. Building climatology], Moscow, 2003, [Elektronnyj resurs]. Available at: <http://www.tgi-group.ru/> (Accessed 03.03.2018).

15. GOST 30494-2011. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyah (s Po-pravkoj) [Residential and public buildings. Microclimate parameters in the buildings (with the Amendment)]. Data vvedeniya 2013-01-01 [Elektronnyj resurs]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200095053> (Accessed: 01.02.2018).

16. Nizamutdinov R. Zh. Ispol'zovanie nizkopotentsial'noj teplovoj energii zemli dlya teplosnabzheniya sel'skogo potrebitelya v usloviyah Yuzhnogo Urala [Use of low potential heat energy of the earth for a heat supply of the agricultural consumer in the conditions of Southern Urals. Diss. of kand. of tech. sciences. Ph. D. (Engineering)] Chelyabinsk, 2013, 170 p.

17. Ptashkina-Girina O. S., Nizamutdinov R. Zh. Otsenka nizkopotentsial'noj teplovoj energii zemli dlya avtonomnogo teplosnabzheniya sel'skogo potrebitelya v usloviyah Yuzhnogo Urala [Evaluation of low potential heat energy of the earth for autonomous heating of agricultural consumers in the conditions of the Southern Urals], *Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Herald of the Urals]*, 2013, No. 5, pp. 30–33.

18. Nizamutdinova N. S. Ekonomicheskie aspekty primeneniya tekhnologij, ispol'zuyushchih vozobnovlyaeмые istochniki energii [Economic aspects of the application of technologies using renewable energy sources], *Vvedenie v energetiku: sbornik materialov II Vserossijskoj (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Introduction to power engineering: a collected materials of the II All-Russian (with international participation) youth scientific-practical conference]*, Kemerovo: KuzGTU im. T. F. Gorbacheva, 2016, pp. 44.

19. Metodicheskie ukazaniya po otsenke effektivnosti investitsionnyh proektov ot 31.03.94 No. 7-12/47 (vtoraya redakciya), utverzhennyye Gosstroem, Minekonomiki, Minfinom i Goskompromom [Methodical instructions for evaluating of the effectiveness of investment projects of March 31, 1994 № 7-12/47 (second edition), approved by the State Construction Committee, the Ministry of Economy, the Ministry of Finance and the State Committee for Industry and Trade], [Elektronnyj resurs]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28224 (Accessed: 10.03.2018).

20. Projected Costs of Generating Electricity, *Joint re-port by the International Energy Agency (IEA) and the Nuclear Energy Agency (NEA)*, 8 edition, 2015.

21. Visser E., Held A. Methodologies for estimating Levelised Cost of Electricity (LCOE): Implementing the best practice LCoE methodology of the guidance, *ECOFYS*, Utrecht, 2014.

22. Pathways to high penetration of heat pumps. Report prepared for the Committee on climate change, London, 2013. [Elektronnyj resurs]. Available at: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/Frontier-Economics-Element-Energy-Pathways-to-high-penetration-of-heat-pumps.pdf> (Accessed: 28.02.2018).

23. Bratanova A., Robinson J., Wagner L. Modification of the LCOE model to estimate a cost of heat and power generation for Russia, August, 2015. [Elektronnyj resurs]. Available at: <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/65925> (Accessed: 15.02.2018).

24. Levelised Cost of Heat and the Calculations behind It. [Elektronnyj resurs]. Available at: <http://www.iea-shc.org/article?NewsID=129> (Accessed: 28.02.2018).

25. Subsidies and costs of EU energy 2013. [Elektronnyj resurs]. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20141013_subsidies_costs_eu_energy.pdf (Accessed: 20.02.2018).

Submitted 17.10.2018; revised 18.12.2018.

About the authors

Saken K. Sheryazov, Dr. Sci. (Engineering),

professor of the chair «Power Supply and automation of technological processes»

Address: South Ural state agrarian University. 454080. Chelyabinsk, Lenin Avenue, 75

E-mail: sakenu@yandex.ru

Spin-code: 9322-7430

Olga S. Ptashkina-Girina, Ph. D. (Engineering),

associate professor of the chair «Power Supply and automation of technological processes»

Address: South Ural state agrarian University. 454080. Chelyabinsk, Lenin Avenue, 75

E-mail: girina2002@mail.ru

Spin-code: 8852-9950

Natalya S. Nizamutdinova, Ph. D. (Economy),

associate professor of the chair «Management and information technologies»

Address: South Ural state agrarian University. 454080. Chelyabinsk, Lenin Avenue, 75

E-mail: natalyaniz@mail.ru

Spin-code: 6674-2288

Contribution of the authors:

Saken K. Sheryazov: managed the research project, analysing and supplementing the text.

Olga S. Ptashkina-Girina: collection of material, preparation of the technical section of the text.

Natalya S. Nizamutdinova: processing of material, preparation of economic section of the text.

All authors have read and approved the final manuscript.