

**Петров Павел Владимирович**

Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская проектная компания» (ООО «СПК»).

Карла Либкнехта ул., д. 35, г. Омск, 644099, Российская Федерация.

Заместитель директора по техническим вопросам ООО «СПК».

**Petrov Pavel Vladimirovich**

Limited Liability Company «Siberian Design Company» (LLC «SPK»).

35, Karl Liebknecht st., Omsk, 644099, the Russian Federation.

Deputy Director for Technical Issues, LLC SPK.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Резанов, Е. М. Повышение эффективности утепления стен зданий с учетом регулирования отпускаемой тепловой энергии [Текст] / Е. М. Резанов, П. В. Петров // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 4 (40). – С. 77 – 86.

## BIBLIOGRAPHIC DESCRIPTION

Rezanov E. M., Petrov P. V. Increasing the efficiency of warming of building walls taking into account the regulation of the released heat energy. Journal of Transsib Railway Studies, 2019, vol. 4, no. 40, pp. 77 – 86 (In Russian).

УДК 621.577

**О. В. Хороших, А. П. Стариков, И. И. Кадцын**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию систем теплообеспечения изолированных объектов станций ОАО «РЖД», подбору наиболее энергоэффективного и экономически целесообразного способа теплообеспечения. Показана конкурентоспособность нетрадиционных систем теплообеспечения, таких как геотермальное отопление. На основе экспериментальных данных получены экономические показатели работы существующих теплоисточников и рассчитаны эксплуатационные затраты для альтернативных вариантов теплообеспечения. Определена конфигурация теплоисточника, позволяющая повысить технико-экономические показатели за счет внедрения возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** тепловой насос, геотермальное отопление, энергоэффективность, энергосбережение, коэффициент трансформации теплового насоса, грунтовый тепловой насос.

**Olga V. Khoroshikh, Alexander P. Starikov, Ivan I. Kadcyn**

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

## STUDY OF POSSIBILITY OF IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF HEAT SUPPLY OF INDIVIDUAL CONSUMERS

**Abstract.** The work is devoted to the study of heat supply systems of isolated facilities of Russian Railways JSC stations, selection of the most energy-efficient and economically feasible method of heat supply. The competitiveness of non-traditional heat systems such as geothermal heating is shown. On the basis of experimental data, economic indicators of operation of existing heat sources are obtained and operating costs for alternative heat supply options are calculated. The configuration of heat sources is determined, which allows increasing technical and economic indicators due to the introduction of renewable energy sources.

**Keywords:** heat pump, geothermal heating, energy efficiency, energy conservation, the transformation ratio of the heat pump, geothermal heat pump.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов для теплообеспечения объектов в условиях сибирского климата представляет собой одну из актуальных проблем. Одним из перспективных путей решения данной проблемы является применение энергосберегающих технологий и оборудования, использующих нетрадиционные возобновляемые ис-

точники энергии (НВИЭ) [1]. Применение систем теплообеспечения с использованием геотермального отопления в различных сферах может носить не только локальный технико-экономический эффект, но и стать инструментом повышения энергетической эффективности в масштабах крупных компаний. Основными преимуществами использования данных систем являются снижение эксплуатационных расходов, уменьшение себестоимости выработки тепловой энергии и локальное сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду.

На протяжении последних трех лет ОАО «РЖД» активно реализует программу энерго-сбережения. В результате удельная энергоемкость производственной деятельности компании снизилась на 25 % в основном за счет внедрения автоматизации, совершенствования систем тепло- и электроснабжения [7].

В настоящей работе рассматриваются и анализируются существующие вариации теплообеспечения станций ОАО «РЖД» в Сибирском федеральном округе. Для этого исследуем различные способы теплообеспечения отдельных изолированных объектов предприятий Западно-Сибирской железной дороги и выполним оценку целесообразности внедрения новых технических средств и технологий.

Цель работы: выполнить экономический и энергетический анализ существующих источников теплоснабжения; определить наиболее выгодный источник выработки тепловой энергии.

Рассмотрим отапливаемые здания (объекты хозяйственного назначения) на четырех станциях Западно-Сибирской железной дороги, расположенных в Омской области. Проведем анализ и сравнение годового уровня эксплуатационных затрат для следующих видов отопления:

- существующие системы теплоснабжения (котельные на жидком и твердом топливе);
- газовое отопление;
- электроотопление;
- геотермальное отопление на базе грунтового теплового насоса.

Основные критерии качества работы систем теплообеспечения:

- эффективность использования существующих источников;
- наличие выбросов, загрязняющих окружающую среду;
- надежность и безаварийность подача тепловой энергии;
- снижение себестоимости выработки тепловой энергии;
- снижения затрат на текущий и капитальный ремонт.

Оценку экономической эффективности выполним в соответствии с принятыми методиками [12, 13].

Данные по действующим системам отопления, расход натурального топлива и тепловая нагрузка указаны в таблице 1.

Два объекта из рассматриваемых имеют системы теплообеспечения на жидкотопливных дизельных котельных, два – на твердотопливных угольных котельных. В соответствии с тарифами на энергоресурсы от 1 марта 2017 и 2018 гг. были рассчитаны эксплуатационные затраты на каждую систему отопления. Отдельно отметим затраты на обслуживание котельных на угольном и дизельном топливе, относящиеся к фонду оплаты труда кочегаров, которые по каждому объекту за год составляют приблизительно 275 тыс. руб. в год, и соответственно по всем четырем станциям составят 1 098 тыс. руб. в год.

Использование существующих способов отопления технически, экономически и экологически неэффективно ввиду высоких эксплуатационных затрат на дизельное топливо, требований к хранению и доставке, высокого уровня выброса вредных веществ в продуктах горения. Для перевода станций на более экологичный и экономичный способ теплоснабжения рассмотрим газовые котельные, электроотопление и котельные на базе геотермального отопления.

Действующие системы теплоснабжения станций были оценены по имеющимся данным. Расчеты альтернативных способов были выполнены для газового теплоснабжения, электро-

# Совершенствование промышленных теплосистем, теплотехнического и теплового оборудования

отопления и систем на базе грунтовых тепловых насосов. Ввиду отсутствия данных о стоимости получения технических условий, стоимости прокладки газовой магистрали и данных о затратах на ремонт действующих систем в расчетах экономических показателей не брались следующие данные: первоначальные капиталовложения, затраты на ремонт действующих систем теплообеспечения. Основными критериями анализа являются уровень эксплуатационных затрат с учетом ежегодного роста цен на энергоресурсы и экологические показатели источника тепла.

В качестве нетрадиционных источников тепловой энергии рассматриваются многофункциональные грунтовые тепловые насосы типа «рассол – вода», позволяющие обеспечить отопление, вентиляцию, кондиционирование и горячее водоснабжение (ГВС). Эффективность работы тепловых насосов для теплоснабжения автономных потребителей показана в работах [4, 10, 11]. Анализ работы грунтовых тепловых насосов в условиях оптимального режима был выполнен в статьях [9 – 11]. Тепловые насосы серии DHP-R ECO со встроенными тэнами дополнительного нагрева при пиковых нагрузках продемонстрировали хорошие показатели работы и низкие эксплуатационные затраты в условиях Омского региона.

Таблица 1 – Исходные данные действующих систем теплообеспечения станций

№ п/п	Здания станций ОАО «РЖД»	Действующая котельная на станции									
		вид топлива	тепловая мощность, Гкал/ч	потребление тепла, Гкал/год	расчетная потребность в топливе т. н. т.	фактическое потребление топлива, т. н. т.	фонд оплаты труда, руб.	тариф 2017 г., руб./т	затраты на топливо за 2017-2018 отопительный период, руб.	тариф 2018 г., руб./т	затраты на топливо за 2018 – 2019 отопительный период, руб.
<b>Станция 1</b>											
1	Здание котельной	уголь	0,011	40,353	423,9	319	274560	2 500	1 072 060	2 500	1 072 060
2	Дефектоскопия		0,015	53,626							
3	Мастерские		0,054	183,037							
4	Гараж		0,075	104,181							
5	Гараж депо		0,030	99,486							
6	Цех смотрителя		0,115	389,553							
7	Гараж		0,040	107,731							
8	Административное		0,055	188,351							
Итого			0,395	1166,318	423,9	319	274560	2500	1072060	2500	1072060
<b>Станция 2</b>											
1	Вокзал	дизельное	0,108	386	47,1	50,1	274560	37 000	2 128 260	45 200	2 539 080
<b>Станция 3</b>											
1	Вокзал	дизельное	0,081	268	32,3	21,3	274560	37 000	1 062 660	45 200	1 237 320
<b>Станция 4</b>											
1	Гараж	уголь	0,060	166,174	168,5	140	274560	2 500	624 560	2 500	624 560
2	Дом связи		0,084	297,362							
Итого				0,144							

# Совершенствование промышленных теплосистем, теплотехнического и теплового оборудования

Эффектообразующие факторы от внедрения тепловых насосов:

снижение себестоимости тепловой энергии за счет использования низкопотенциального тепла грунта;

устранение перетопов за счет автоматического регулирования температурных параметров помещения в зависимости от наружной температуры;

сокращение расходов на эксплуатацию (трудовых и материальных) по сравнению с существующими котельными.

Для получения достоверных расчетных значений эксплуатационных затрат теплового насоса введем понятие усредненного коэффициента теплового насоса –  $K_{Т.н}$ . Данный коэффициент получим путем обработки статистических данных эксплуатационных затрат действующих систем теплоснабжения на базе грунтовых тепловых насосов в Томской и Омской областях.  $K_{Т.н}$  – коэффициент потребления электроэнергии тепловым насосом мощностью 1 кВт за 1 ч работы. Необходимость ввода  $K_{Т.н}$  обусловлена опытным путем, поскольку рассмотренные тепловые насосы за период отопительного сезона большее время используют менее 50 % от своей номинальной мощности. И значение  $K_{Т.н}$  составит 0,368. Тепловой насос работает в автоматизированном режиме только на поддержание заданной температуры в обратной подаче отопительного контура и (или) заданного микроклимата отапливаемого помещения. Расчетные значения показателей работы систем на базе грунтовых тепловых насосов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные данные систем теплообеспечения на базе грунтовых тепловых насосов

№, п/п	Станции ОАО «РЖД»	Тепловой насос							Годовые эксплуатационные затраты, руб.	
		мощность установки, Гкал/ч	годовое потребление, Гкал	тип теплового насоса	стоимость установки, руб.	тепловая мощность, кВт	потребляемая мощность, кВт	эксплуатационные затраты, Квт·ч	2017 – 2018	2018 – 2019
Станция 1										
1	Здание котельной	0,011	40,353	грун- товый	872 757	16,5	3,84	7 421,96	21 598	21 895
2	Дефектоскопия	0,015	53,626		1 138 733	20	4,76	9 210,51	26 803	27 171
3	Мастерские	0,054	183,037		4 211 456	80	19,20	37 136,79	108 068	109 554
4	Гараж	0,075	104,181		5 855 080	104	21,40	41 392,05	120 451	122 107
5	Гараж депо	0,030	99,486		2 378 824	42	9,60	18 568,40	54 034	54 777
6	Цех смотрителя	0,115	389,553		8 963 132	160	38,40	74 273,59	216 136	219 107
7	Гараж	0,040	107,731		3 137 149	60	15,40	29 786,80	86 680	87 871
8	Административное	0,055	188,351		4 309 625	80	19,20	37 136,79	108 068	109 554
Итого		0,395	1 166,318		30 866 756	562,5	131,80	254 926,90	741 837	752 034
Станция 2										
1	Вокзал	0,108	386,000	грун- товый	8 440 589	150	34,6	66 923,60	194 747,67	197 425
Станция 3										
1	Вокзал	0,081	268,000	грун- товый	6 330 442	115	26,9	29 097,21	84 672,88	85 837
Станция 4										
1	Гараж	0,060	166,174	грун- товый	4 668 399	72	17,3	33 461,80	97 373,83	98 712
2	Дом связи	0,084	297,362		6 590 008	120	28,8	55 705,19	162 102,10	164 330
Итого:		0,144	463,537		11 258 407	192	46,1	89 166,99	259 476	263 043

Выполнены расчеты первоначальных капиталовложений на установку геотермального теплообеспечения объектов и эксплуатационных затрат с учетом коэффициента усреднения. Затраты на сокращение теплопотерь объектов, а именно утепление зданий, не включены в стоимость, поскольку данные меры являются необходимостью для достижения энергоэффективности объектов независимо от источников теплообеспечения.

В таблице 3 отображены данные, полученные в ходе эксперимента, и расчетные данные эксплуатационных затрат действующих и альтернативных способов теплообеспечения для каждого из исследуемых объектов: газовое отопление, электроотопление, геотермальное отопление.

Таблица 3 – Годовые эксплуатационные затраты

№, п/п	Объект	Действующий способ отопления, руб.	Газовое отопление, руб.	Тепловой насос грунтовый, руб.	Электроотопление, руб.
1	Станция 1	1 072 060	1 659 085	930 573	4 125 219
2	Станция 2	2 539 080	326 514	307 979	1 365 266
3	Станция 3	1 237 320	210 754	191 556	947 905
4	Станция 4	624 560	545 560	369 843	1 639 511
Итого		5 473 020	2 741 913	1 799 950	8 077 901

По сравнению с существующими способами теплообеспечения объектов суммарно по всем четырем станциям получили следующие показатели:

газовое отопление позволит снизить эксплуатационные расходы минимум на 50 % в год;  
геотермальное отопление позволит снизить эксплуатационные расходы минимум на 67,1 % в год;

электроотопление по эксплуатационным затратам обойдется дороже действующих способов на 47,6 % в год.

Для станции 1 наиболее низкими эксплуатационными затратами является вариант с геотермальным отоплением, для станций 2 и 3 – любой из предложенных альтернативных способов, для станции 4 целесообразно рассмотреть геотермальное отопление. При условии действующих тарифов на энергоресурсы, экономия эксплуатационных затрат в случае перевода на газовое отопление всех четырех станций составит 2 731 тыс. руб. в год, в случае внедрения систем отопления на базе грунтовых тепловых насосов составит 3 673 тыс. руб. ежегодно. При переводе системы на газовое отопление ежегодная экономия составит 2 731 тыс. рублей. Электроотопление является самым дорогостоящим способом теплообеспечения объектов. Отметим, что сроки окупаемости геотермального отопления достаточно велики по сравнению с газовыми котельными. Срок окупаемости суммарно по всем станциям составит порядка 15,5 лет: станция 1 – более 25 лет, станция 2 – 4 года, станция 3 – 6 лет, станция 4 – более 25 лет.

Из расчетов эксплуатационных затрат по разным видам энергоисточников – газ, уголь, дизельное топливо, электроотопление и геотермальное отопление – для четырех объектов ОАО «РЖД» отметим, что геотермальное отопление на базе тепловых насосов грунтового исполнения в настоящее время является самым экономичным способом, но самым дорогостоящим по первоначальным капиталовложениям.

На рисунке 1 в виде гистограмм изображены данные годовых эксплуатационных затрат действующих и альтернативных способов теплообеспечения для каждой станции отдельно.

# Совершенствование промышленных теплосистем, теплотехнического и теплового оборудования

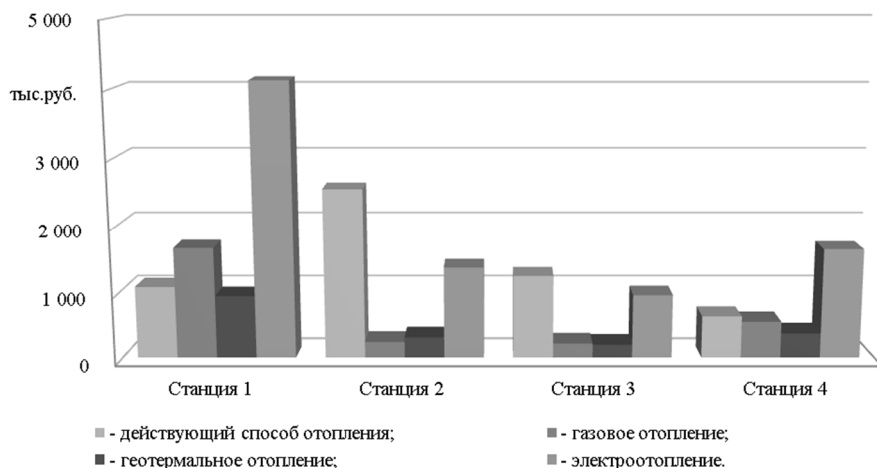


Рисунок 1 – Сравнение годовых эксплуатационных затрат различных способов теплообеспечения

Рассмотрим показатели эксплуатационных затрат в перспективе на 10 лет с учетом ежегодного удорожания энергоресурсов для действующих и альтернативных способов теплообеспечения по каждой станции отдельно. Уровень ежегодного удорожания газа составляет минимум 3,7 %, электроэнергии – в среднем 5,5 %, угля и дизельного топлива – на 10% ежегодно. Графики эксплуатационных затрат изображены на рисунках 2 – 5 по четырем станциям соответственно.

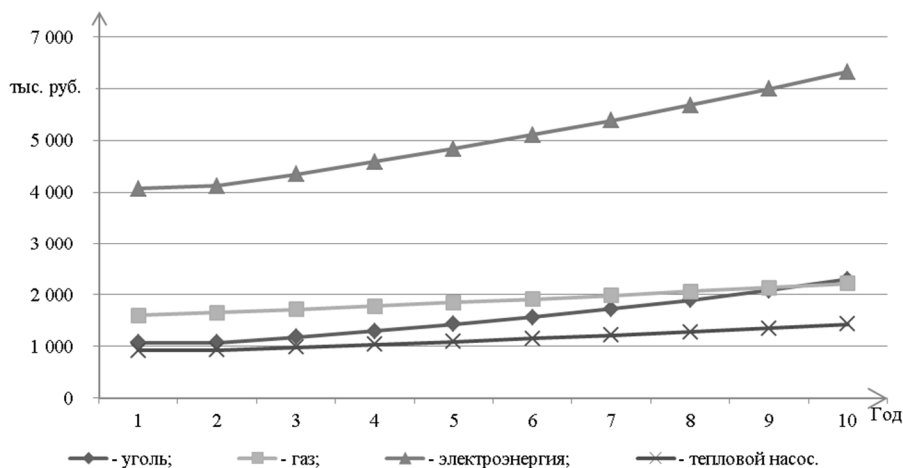


Рисунок 2 – Уровень эксплуатационных затрат на ближайшие 10 лет станции 1

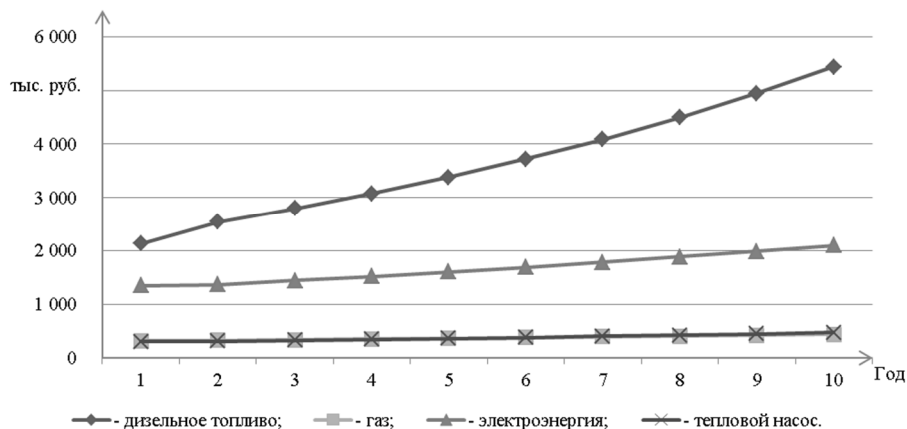


Рисунок 3 – Уровень эксплуатационных затрат на ближайшие 10 лет станции 2

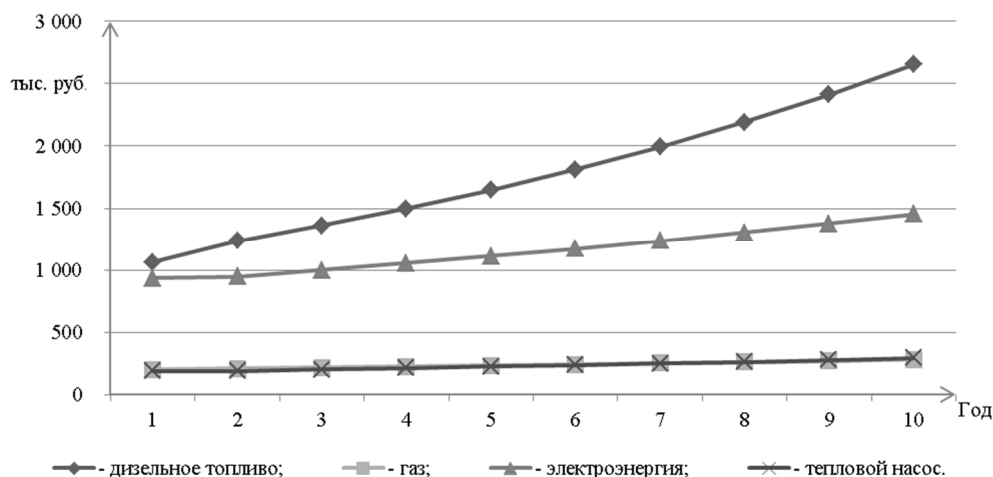


Рисунок 4 – Уровень эксплуатационных затрат на ближайшие 10 лет станции 3

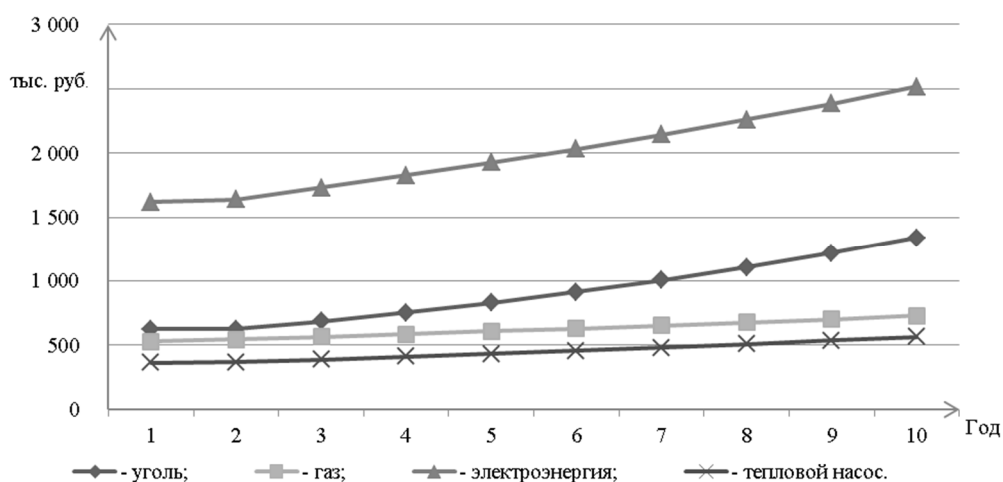


Рисунок 5 – Уровень эксплуатационных затрат на ближайшие 10 лет станции 4

В перспективе на ближайшие 10 лет с учетом ежегодного удорожания энергоносителей использование природного газа в качестве топлива для индивидуальных систем отопления будет экономичнее, поскольку ежегодный рост цены на газовое топливо всего 3,7 % по сравнению с электроэнергией – 5,5 %.

В зависимости от индивидуальных условий поставки газа и электроэнергии с учетом технической возможности подключения и удаленности точки доступа к сетям использование геотермальных тепловых насосов может стать самым дешевым способом отопления. Отметим, что первоначальные капиталовложения на установку геотермального отопления в среднем составляет 56 тыс. руб. на 1 кВт тепловой мощности. Первоначальные капиталовложения для геотермального отопления можно снизить на 30 – 45 % за счет ввода бинарных режимов работы грунтовых тепловых насосов [9]. Также существенного снижения расходов на электроэнергию (до 25 %) при геотермальном отоплении можно добиться вводом двух- или трехтарифных счетчиков электроэнергии с учетом более интенсивной работы отопительных приборов в ночное время.

На основании проведенного анализа по экспериментальным объектам можно сделать следующие выводы:

- 1) действующие системы теплообеспечения железнодорожных станций и других обособленных объектов являются экономически малоэффективными;
- 2) необходимость внедрения технологий снижения вредных выбросов в атмосферу при сжигании топлива существенно снизит экономическую эффективность котельных;
- 3) наиболее выгодной системой отопления является газовая;

4) при отсутствии возможности централизованного газоснабжения по техническим либо экономическим причинам наиболее выгодной системой отопления становится геотермальная с использованием теплового насоса.

Из рассмотренных технико-экономических характеристик существующих источников теплоснабжения становится очевидно, что системы отопления на основе геотермальных тепловых насосов являются конкурентоспособными по сравнению с традиционными системами отопления. А учитывая большой ресурс современной холодильной техники и значительную степень автоматизации, широкие возможности контроля и управления рабочими процессами, в том числе дистанционно, можно утверждать, что использование геотермальных тепловых насосов для теплообеспечения индивидуальных потребителей перспективно.

### *Список литературы*

1. Велькин, К. Л. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах: Монография [Текст] / В. И. Велькин / Уральский федеральный ун-т. – Екатеринбург, 2015. – 226 с.
2. Виссарионов, В. И. Методика расчета энергетического комплекса для тепло- и электроснабжения автономного потребителя на базе возобновляемых источников энергии [Текст] / В. И. Виссарионов, А. Н. Дорошин // Вестник МЭИ. – МЭИ. – М. – 2012. – № 5. С. 52 – 58.
3. Гомелаури, А. И. Эффективность внедрения теплонасосных установок [Текст] / А. И. Гомелаури, О. З. Визиришвили // Теплоэнергетика. – 1986 – № 11. – С. 28 – 30.
4. Доброхотов, В. И. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Проблемы и перспективы [Текст] / В. И. Доброхотов, Э. Э. Шпильрайн // Теплоэнергетика. – 1996. – № 5. – С. 2 – 9.
5. Жидович, И. С. Системный подход к оценке эффективности тепловых насосов [Текст] / И. С. Жидович // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 4 (20). – С. 53 – 55.
6. Малая энергетика и нетрадиционные источники энергии: их роль и место в энергетике Сибири в ближайшие годы и на перспективу [Текст] / В. Н. Пармон, А. П. Бурдукови др. // Малая энергетика. – 1994. – Т. 38. – № 3. – С.
7. Программа энергосбережения и повышение энергетической эффективности ОАО «РЖД» на 2016 – 2018 годы. – М., 2016.
8. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника [Текст]: Справочник Под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – Кн. 4. – 588 с.
9. Хороших О.В. Определение режимов наиболее эффективной работы тепловых насосов в условиях омского региона [Текст] / О. В. Хороших, А. П. Стариков // Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения: Материалы всерос. науч.-техн. конф. / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2018. – С. 6 – 11.
10. Хороших, О. В. Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения [Текст] / О. В. Хороших, А. П. Стариков, А. Н. Громов // Повышение эффективности объектов теплоэнергетики и систем теплоснабжения: Межвуз. темат. сб. науч. тр. / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. – С. 29, 30.
11. Хороших, О. В. Особенности применения тепловых насосов в Западно-Сибирском регионе [Текст] / О. В. Хороших, А. П. Стариков // Повышение эффективности объектов теплоэнергетики и систем теплоснабжения: Межвуз. темат. сб. науч. тр. / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 213 – 220.
12. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности новой техники и технологий, объектов интеллектуальной собственности и рационализаторских предложений (утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2538р от 28.11.2008г.). – М., 2008.
13. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов (утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике № ВК 477 от 21.06.1999 г.). – М., 1999.



## References

1. Velkin K. L. *Metodologiya rascheta kompleksny`x sistem VIE` dlya ispol`zovaniya na avtonomny`x ob`ektax: Monografiya* (Methodology for calculating complex renewable energy systems for use on autonomous objects: Monograph). Yekaterinburg: UrFU, 2015, 226 p.
2. Vissarionov V. I., Doroshin A. N. The methodology for calculating the energy complex for heat and power supply of an autonomous consumer based on renewable energy sources [Metodika rascheta e`nergeticheskogo kompleksa dlya teplo- i e`lektrosnabzheniya avtonomnogo potrebitelya na baze vozobnovlyaemy`x istochnikov e`nergii]. *Vestnik MÈI – Vestnik MPEI*, 2012, no. 5, pp. 52 – 58.
3. Gomelauri A. I., Vizirishvili O. Z. The effectiveness of the implementation of heat pump installations [E`ffektivnost` vnedreniya teplonasosny`x ustanovok]. *Teploènergetika – Thermal Engineering*, 1986, no. 11, pp. 28 – 30.
4. Dobrokhotov V. I., Shpilrain E. E. The effectiveness of the implementation of heat pump installations [Netradicionny`e vozobnovlyaemy`e istochniki e`nergii. Problemy` i perspektivy`]. *Teploènergetika – Thermal Engineering*, 1986, no. 11, pp. 28 – 30.
5. Zhidovich I. S. A systematic approach to assessing the effectiveness of heat pumps [Sistemny`j podhod k oçenke e`ffektivnosti teplovy`x nasosov]. *Novosti teplosnabzheniya – Heat Supply News*, 2002, no. 4 (20), pp. 53 – 55.
6. Parmon V. N., Burdukov A. P., Belyaev L. C. et al. Small-scale energy and non-traditional energy sources: their role and place in Siberian energy in the coming years and in the future [Malaya e`nergetika i netradicionny`e istochniki e`nergii: ix rol` i mesto v e`nergetike Sibiri v blizhajshie gody` i na perspektivu]. *Malaya e`nergetika – Small energy*, 1994, vol. 38, no. 3. pp.
7. Programma e`nergoberezheniya i povы`shenie e`nergeticheskoy e`ffektivnosti OAO «RZhD» na 2016 – 2018 gody` (The program of energy conservation and improving energy efficiency of JSC Russian Railways for 2016 – 2018). Moscow, 2016.
8. Grigor`ev V. A., Zorin V. M. et al. *Promy`shlennaya teploe`nergetika i teplotexnika* (Industrial heat and power engineering). Moscow.: Energoatomiz-dat, 1991, Book 4, 588 p.
9. Khoroshikh O. V., Starikov A. P. Determining the modes of the most efficient operation of heat pumps in the conditions of the Omsk region [Opredelenie rezhimov naibolee e`ffektivnoj raboty` teplovy`x naso-sov v usloviyax omskogo regiona]. *Povy`shenie e`nergoe`ffektivnosti ob`ektov e`nergetiki i sistem teplosnabzheniya: Materialy` vseros. nauch.-texn. konf. Omskij gos. un-t putej soobshcheniya* (Improving energy efficiency of energy facilities and heat supply systems: conference proceedings, OSTU). – Omsk, 2018, pp. 6 – 11.
10. Khoroshikh O. V., Starikov A. P., Gromov A. N. Improving the energy efficiency of energy facilities and heat supply systems [Povy`shenie e`nergoe`ffektivnosti ob`ektov e`nergetiki i sistem tep-losnabzheniya]. *Povy`shenie e`ffektivnosti ob`ektov teploènergetiki i sistem teplosnabzheniâ.* *Mezhvuzovskij tematiceskij sbornik nauchnyh trudov. Omskij gos. universitet putej soobshcheniâ* (Improving the efficiency of heat power facilities and heat supply systems: interuniversity thematic collection of scientific papers, OSTU). – Omsk, 2016, pp. 29–30.
11. Khoroshikh O. V., Starikov A. P. Features of the use of heat pumps in the West Siberian region [Osobennosti primeneniâ teplovyh nasosov v Zapadno-Sibirskom regione]. *“Povyshenie e`ffektivnosti ob`ektov teploènergetiki i sistem teplosnabzheniya.” Mezhvuzovskij tematiceskij sbornik nauchnyh trudov. Omskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniâ* (Improving the efficiency of heat power facilities and heat supply systems: interuniversity thematic collection of scientific papers, OSTU). – Omsk, 2017, pp. 213 – 220.
12. *Metodicheskie rekomendacii po raschetu e`konomicheskoy e`ffektivnosti novej texniki i texnologij, ob`ektov intellektual`noj sobstvennosti i racionalizatorskikh predlozhenij* (Guidelines for calculating the economic efficiency of new equipment and technology, intellectual property and rationalization proposals), Moscow, approved order of JSC "Russian Railways" no. 2538r dated 28.11.2008.

13. *Metodicheskie rekomendacii po ocenke investicionnykh proektov* (Guidelines for the evaluation of investment projects), Moscow, approved. Ministry of economy of the Russian Federation, Ministry of Finance of the Russian Federation, State Committee of the Russian Federation for construction, architecture and housing policy no. VK 477 of 21.06.1999.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Хороших Ольга Владимировна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирантка кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Телефон: +7-983-528-54-31.

E-mail: bmk.omsk@yandex.ru

### Стариков Александр Петрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Телефон: +7 (3812) 31-06-23.

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

### Кадцын Иван Ильич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Тел.: +7-913-963-20-13.

E-mail: kii55@bk.ru

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Хороших, О. В. Исследование возможности улучшения технико-экономических показателей теплообеспечения индивидуальных потребителей / О. В. Хороших, А. П. Стариков, И. И. Кадцын // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 4 (40). – С. 86 – 95.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

### Khoroshikh Olga Vladimirovna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx St., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Post-graduate student of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +7-983-528-54-31.

E-mail: bmk.omsk@yandex.ru

### Starikov Alexander Petrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx St., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Engineering, Associate Professor, head of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-06-23.

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

### Kadtcyn Ivan Ilyich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx St., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Post-graduate student of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +7913-963-20-13.

E-mail: kii55@bk.ru

## BIBLIOGRAPHIC DESCRIPTION

Khoroshikh O. V., Starikov A. P., Kadtcyn I. I. Study of possibility of improvement of technical and economic indicators of heat supply of individual consumers. Journal of Transsib Railway Studies, 2019, vol. 4, no. 40, pp. 86 – 95 (In Russian).