

Физико-математические науки

УДК 620.97 :697.7

Использование теплонасосных установок в энергоэффективных зданиях туристских дестинаций Краснодарского края

¹ Александр Николаевич Волков

² Сергей Сергеевич Кученко

³ Егор Витальевич Радченко

¹ Сочинский государственный университет, Российская Федерация
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
кандидат технических наук
E-mail: volkovsochi@gmail.com

² Сочинский государственный университет, Российская Федерация
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
студент
E-mail: slentst1ter@gmail.com

³ Сочинский государственный университет, Российская Федерация
354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Советская, 26 а
E-mail: _messiah_@inbox.ru
студент

Аннотация. В статье рассмотрены аспекты применения технологий энергоэффективных зданий в туристских дестинациях Краснодарского края. Основное внимание уделено возможностям комплексного использования теплонасосных установок, использующих имеющийся потенциал возобновляемых источников энергии – тепла грунта, грунтовых и поверхностных вод, воздуха. Рассмотрены проблемы, препятствующие расширенному внедрению тепловых насосов в России, предложены пути их решения. На примере жилого фонда туристских дестинаций Краснодарского края определены экологический эффект и экономические показатели использования теплонасосных установок для повышения энергоэффективности объектов экономики.

Ключевые слова: теплонасосная установка; энергоэффективное здание; энергоэффективность и энергосбережение; возобновляемые источники энергии; туристские дестинации; рекреационный регион; инновации; низкопотенциальный источник тепла.

Введение. В развитых странах здания являются источником 40-50 % эмиссии парниковых газов. Поэтому можно рассматривать энергоэффективные здания с минимальной нагрузкой отопления и кондиционирования в качестве одной из важнейших инициатив, направленных на перевод экономики на траекторию низкоуглеродного климатически устойчивого развития [1]. С середины 90-х годов XX века энергопотребление строящихся зданий в США и Европе было значительно снижено благодаря требованиям новых законодательных актов, строительных кодексов и директив (строительных норм и правил). В соответствии с требованиями Германского стандарта «пассивных» зданий затраты на отопление здания могут достигать уровня 15 кВт·ч/м² в год [2]. В Германии построено уже более 50 тысяч таких зданий с ультра-низким энергопотреблением (менее 40кВт·ч/м² в год). В Швейцарии рынок энергоэффективных зданий составляет 25 % от всего объема нового строительства, в Австрии – более чем удваивается каждые два года, начиная с 2000 года до настоящего времени. «Пассивные» здания обеспечивают экономию энергии до 90 % по сравнению со среднестатистическим центральноевропейским зданием на 75 % по сравнению с обычными вновь строящимися зданиями [2]. Такие показатели достигаются, в первую очередь, благодаря эффективной тепловой изоляции, применению компактной формы здания, использованию энергоэффективного остекления с большим коэффициентом сопротивления теплопередаче, использованию внешних затеняющих конструкций, рекуперации тепла, максимального использования потенциала имеющихся возобновляемых источников энергии. В последнее время концепция «пассивного» здания трансформируется

в концепцию «здания с нулевым энергетическим балансом» (**netzeroenergybuilding**), которая подразумевает, что здание в течение года производит энергии за счет возобновляемых источников энергии не меньше, чем потребляет на свои нужды. Это может быть достигнуто за счет высокоэффективных ограждающих конструкций здания и ультра-низкого энергопотребления, что требует очень больших капитальных затрат, или за счет использования инновационных высокотехнологичных энергоустановок «активного» преобразования возобновляемых источников энергии.

Одним из наиболее экономически и экологически оправданных способов оптимального использования имеющегося потенциала ВИЭ в условиях Краснодарского края является применение теплонасосных установок (ТНУ), использующих низкопотенциальное тепло окружающей среды (воздуха, грунта, подземных вод, моря, а также геотермальных источников) [3-8]. Наибольшее распространение ТНУ получили в США, Японии, Германии, Австрии, скандинавских странах. Краснодарский край является одним из лидеров среди российских регионов по внедрению тепловых насосов - школа в Усть-Лабинске (6300 м²), административно-гостиничный центр в Краснодаре (10000 м²), гостиница на 45 номеров в Адлере (3000 м²), административный комплекс в г. Краснодар (4000 и 1700 м²), торговый центр в г. Кропоткин (1500 м²) и другие объекты [4, 9].

Материалы и методы. В проводимом исследовании, на основе анализа зарубежного опыта [2, 4, 7, 10], системы нормативных требований к проектированию и строительству энергосберегающих и энергоэффективных зданий [1-2, 11], произведена оценка возможностей расширенного внедрения ТНУ для решения задач комплексного повышения энергоэффективности объектов капитального строительства туристских дестинаций Краснодарского края. Для обоснованной оценки целесообразности использования теплонасосных установок, использующих ВИЭ (низкопотенциальное тепло окружающей среды) в условиях рекреационного региона, использована программа моделирования и технико-экономических расчетов RETScreen.

Обсуждение. Энергоэффективные здания характеризуются значительными преимуществами в области повышения комфорта, низкого уровня негативного воздействия на окружающую среду и экономической эффективности, благодаря:

- 1) более высокой температуре внутренней поверхности стен (снижение неравномерности распределения температур);
- 2) исключения сквозняков и повышенной подвижности воздуха в помещении за счет герметичности ограждающих конструкций и отсутствия неконтролируемой инфильтрации;
- 3) улучшению качества внутренней среды за счет механического удаления загрязнителей, запахов, влаги и фильтрации поступающего воздуха;
- 4) значительного снижения энергопотребления;
- 5) использованию низкотемпературного теплоносителя системы отопления, что делает еще более эффективным применение ТНУ;
- 6) экономии затрат на эксплуатацию инженерных систем;
- 7) низкой зависимости от цен на энергоносители;
- 8) относительно низким дополнительным первоначальным инвестициям (что пока в меньшей степени относится к Российским условиям).

Опыт расширенного внедрения энергоэффективных зданий в Европе позволяет выделить следующие особенности этого процесса: 1) в связи со значительным повышением энергетической эффективности ограждающих конструкций здания, значительную долю в энергопотреблении начинают занимать затраты на горячее водоснабжение; 2) эффективные светопрозрачные ограждения препятствуют естественной инфильтрации, поэтому необходима установка систем принудительной вентиляции; 3) в связи с большей тепловой инерцией ограждающих конструкций возникает риск перегрева в летний период, что требует особого внимания к системам охлаждения, особенно в южных регионах (к которым относится и Краснодарский край).

С учетом этих особенностей представляется целесообразным использование мультифункциональной, интегрированной в систему комплексного инженерного обеспечения здания, теплонасосной установки, поскольку 1) избыточное тепло, образующееся при охлаждении, наиболее эффективно использовать для производства горячей воды с использованием ТНУ; 2) ТНУ может эффективно использоваться для

комплексного параллельного покрытия различных нагрузок отопления, вентиляции и кондиционирования.

Источником энергии для ТНУ может служить тепло сточных и оборотных вод, что позволяет эффективно решать проблему утилизации вторичных энергоносителей. Сейчас широкое распространение получили парокомпрессионные тепловые насосы (ПТН), работающие на хладонах, абсорбционные же тепловые насосы, в которых рабочими веществами выступают вода и водный раствор бромистого лития, в связи сложностью конструкции не получили пока широкого распространения.

В зависимости от параметра «источник низкопотенциальной теплоты-агрегатное состояние рабочего тела» можно выделить четыре основных типа ПТН - «грунт-вода», «грунт-воздух», «вода-вода», «вода-воздух». Основные технические характеристики ТНУ – коэффициент преобразования (табл. 1) и тепловая мощность (количество вырабатываемого тепла).

ТНУ удачно вписываются практически в любые проектные решения, просты в установке и достаточно дешевы в эксплуатации. Такое оборудование эффективно используется в коттеджном строительстве, где малые геотермальные системы, выполненные по классическому кольцевому принципу, проявляют себя с наилучшей стороны.

Для систем с ТНУ, как правило, используется три основных варианта подачи дополнительного тепла: от низко-потенциального источника (окружающая среда или сбросное тепло), от автономного электрического или газового бойлера или от централизованного источника теплоснабжения. Выбор источника должен быть обоснован результатами технико-экономического обоснования. Целесообразность использования ТНУ повышается при наличии высокотемпературного источника теплоты (например, геотермальных вод), наличии достаточной подключенной мощности системы электроснабжения, отсутствии централизованного газо- и теплоснабжения.

Таблица 1

Изменение типового коэффициента преобразования ТНУ в зависимости от температуры низкопотенциального теплоносителя и температуры подающего трубопровода системы теплоснабжения (источники – табл. 29 [10], А.Н. Волков, 2013)

Тип ТНУ и температура источника низкопотенциального тепла (НПТ)	35 °С (теплый пол)	45 °С (теплый пол)	55 °С (теплый деревянный пол или горячее водоснабжение)	65 °С (радиатор или горячее водоснабжение)	75 °С (радиатор и горячее водоснабжение)	85 °С (радиатор и горячее водоснабжение)
Высокоэффективный воздушный тепловой насос ($T_{нпт} = -20$ °С)	2,2	2,0	-	-	-	-
Двухконтурный воздушный тепловой насос ($T_{нпт} = -20$ °С)	2,4	2,2	1,9	-	-	-
Высокоэффективный воздушный тепловой насос ($T_{нпт} = 0$ °С)	3,8	2,8	2,2	2,0	-	-
ТНУ с использованием тепла грунтовых вод ($T_{нпт} = 0$ °С)	5,0	3,7	2,9	2,4	-	-
ТНУ с использованием тепла грунта ($T_{нпт} = 10$ °С)	7,2	5,0	3,7	2,9	2,4	-
Теоретически достижимый по циклу Карно ($T_{нпт} = -20$ °С)	5,6	4,9	4,4	4,0	3,7	3,4

Теоретически достижимый по циклу Карно($T_{нпт}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	8,8	7,1	6,0	5,2	4,6	4,2
Теоретически достижимый по циклу Карно($T_{нпт}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$)	12,3	9,1	7,3	6,1	5,4	4,8

Для условий курортных территорий и туристских дестинаций Краснодарского края авторами было проведено моделирование производительности типовой multifunctionальной ТНУ для энергоэффективного жилого здания – коттеджа на одну семью (рис. 1). В расчетах использовались технические параметры теплового насоса Mitsubishi Electric PUGH18AYB, мощность 5,2 кВт, расчетные коэффициенты преобразования при охлаждении 3,15; при отоплении - 2,23 (низкопотенциальный теплоноситель – тепло грунта). В расчетах использовался типовой коттедж на одну семью (3-4 человека, отапливаемая площадь 150 м², уровень энергопотребления – низкий, не более 60 кВт·ч/м² в год).

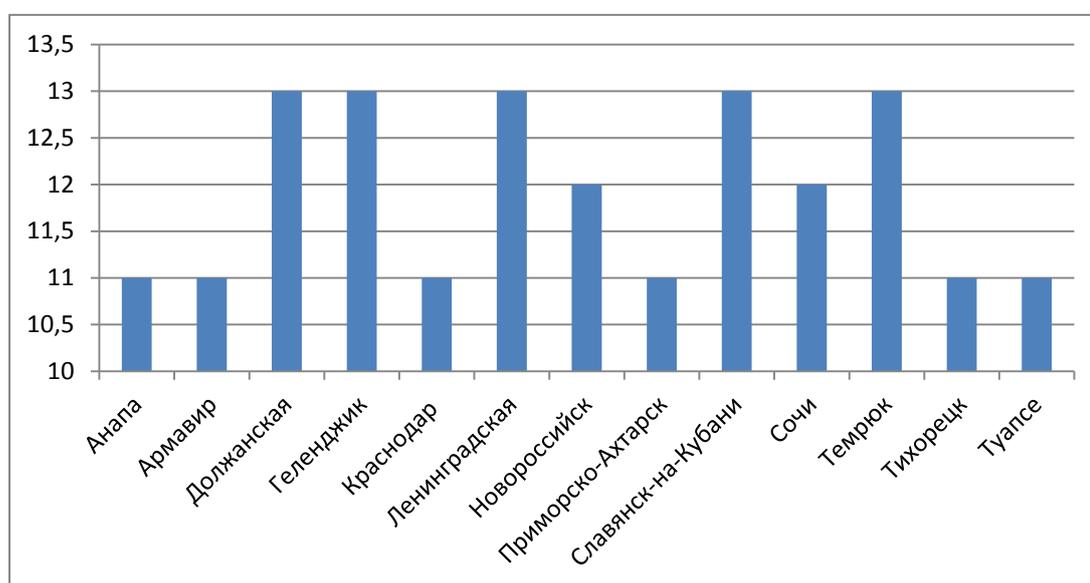


Рис. 1. Количество вырабатываемого тепла (МВт·ч в год) типовой multifunctionальной ТНУ для различных туристских дестинаций Краснодарского края

С использованием программного комплекса RETScreen были рассчитаны значения ежегодного уменьшения выбросов парниковых газов за счет устройства типовой multifunctionальной ТНУ для различных туристских дестинаций Краснодарского края (рис. 2).

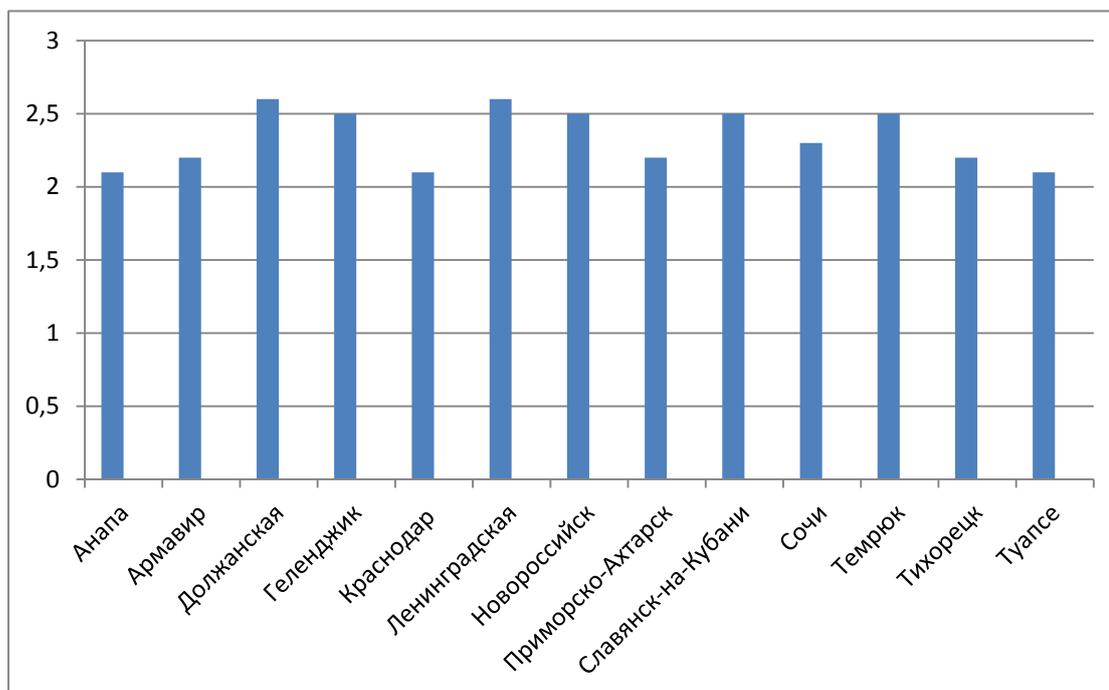


Рис. 2. Ежегодное уменьшение выбросов парниковых газов (тонн эквивалента CO₂) за счет устройства типовой мультифункциональной ТНУ для различных туристских дестинаций Краснодарского края

Расчет технико-экономических показателей установки показал, что при текущем уровне инфляции и цен на энергоносители срок окупаемости типовой установки составил 11,5 лет, что для энергоэффективного проекта является достаточно большой величиной и пока не позволяет отнести предлагаемое мероприятие к первоочередным в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Заключение. Строительство энергоэффективных зданий, соответствующих требованиям «зеленых» стандартов, является одним из важнейших направлений устойчивого проектирования и строительства. Теплонасосные установки, использующие возобновляемые источники энергии (низкопотенциальное тепло окружающей среды) или вторичные энергоресурсы, могут служить эффективным источником тепло- и хладоснабжения в условиях Краснодарского края. Для повышения эффективности их внедрения необходима реализация системы мер государственной поддержки использования ВИЭ; разработка и исполнение региональных и муниципальных программ энергосбережения и повышения энергоэффективности [11]; оптимизация параметров энергокомплексов на основе ВИЭ, использующих ТНУ, с повышением коэффициента преобразования ТНУ за счет использования низкотемпературных систем отопления, вторичного использования сбросного тепла и наиболее полного использования потенциала местных ВИЭ.

Примечания:

1. Волков А.Н. Инновационное развитие энергетической сферы России в условиях перехода экономики на траекторию низкоуглеродного климатически устойчивого развития // В мире научных открытий. 2013. № 4.1 (40). С. 95-118.
2. PassiveHouseInstitute [Электронный ресурс]. URL: http://www.passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm (дата обращения 10.09.2013 г.).
3. Бутузов В.А. Современное состояние российских систем геотермального теплоснабжения и перспективы их развития // Промышленная энергетика. 2005. N 4. С. 53-54.
4. Бутузов В.А. Перспективы применения тепловых насосов // Промышленная энергетика. 2005. N 10. С. 5-7.
5. Бутузов В.А., Томаров Г.В., Шетов В. Х. Геотермальная система теплоснабжения с использованием солнечной энергии и тепловых насосов // Энергосбережение. 2008. №3. С. 68-72.

6. Волков А.Н., Садилов П.В. Инженерная экология: роль нетрадиционных источников энергии в обеспечении устойчивого развития горно-климатического курорта «Красная Поляна» // Инженерная экология. 2001. № 3. С. 48.
7. Садилов П.В., Петренко В.Н. Состояние и перспективы использования возобновляемых видов энергии в современных условиях // Вестник СГУТиКД. 2007. Выпуск 1-2. С. 31-40.
8. Кошечев С.В., Кученко С.С. Развитие топливно-энергетического комплекса Краснодарского края на основе применения инновационных технологий в области энергосбережения и энергоэффективности [Электронный ресурс] // Современные исследования социальных проблем (электронный журнал). 2012. №10. URL: <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/10/koshcheev.pdf> (датаобращения 10.12.2012г.).
9. Российский рынок тепловых насосов [Электронный ресурс] // Журнал «Мир климата» (официальный сайт). URL: <http://www.mir-klimata.com/archive/number37/article/article14/> (дата обращения - 02.10.2013).
10. Commercial Earth Energy Systems: A Buyer's Guide[Электронный ресурс]. – URL:<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/M92-251-2002E.pdf> (дата обращения 04.10.2013).
11. Волков А.Н. Разработка программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных учреждений рекреационного региона с учетом рационального использования потенциала возобновляемых источников энергии // Известия Сочинского государственного университета. 2012. Т. 22. № 4. С. 166-172.

UDC 620.97 : 697.7

Using Heat-pump Systems in Energy Efficient Buildings at Tourist destinations across Krasnodar Region

¹Alexander N. Volkov

²Sergey S. Kuchenko

³Egor V. Radchenko

¹ Sochi State University, Russian Federation

354000 Sochi, 26a Sovetskaya St.

PhD (technical)

E-mail: volkovsochi@gmail.com

² Sochi State University, Russian Federation

354000 Sochi, 26a Sovetskaya St.

Student

E-mail: s1lentsl1ter@gmail.com

³ Sochi State University, Russian Federation

354000 Sochi, 26a Sovetskaya St.

Student

E-mail: _messiah_inbox.ru

Abstract. The article examines the various aspects of using energy efficient building technologies at tourist destinations across Krasnodar Region. The article pays special attention to the present opportunities to widely use heat-pumping systems that use the existing potential for renewable energy resources such as heat from gravel, ground water, surface water and air. The article examines the issues standing in the way of expanding the use of heat-pumps in Russia and proposes ways to resolve these issues. By using the housing within tourist destinations in Krasnodar Region as an example, the article identifies the environmental effect and the economic indicators of utilising heat-pumping systems for increasing energy efficiency of buildings.

Keywords: heat-pumping systems; energy efficient buildings; energy efficiency and energy saving; renewable sources of energy; tourist destinations; recreational region; innovation; low-potential heat source.