УДК 697.7(575.2)
AGRIS P06
https://doi.org/10.33619/2414-2948/132/20

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В КАЧЕСТВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

©Абдыразакова С. Б., *ORCID: 0009-0006-8518-871X, SPIN-код: 5083-4212, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, abdyrazakovasyrga@gmail.com*
©Жусупов И. М., *Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, Ijusupov74@mail.ru*

USE OF GEOTHERMAL ENERGY AS A RENEWABLE SOURCE OF ENERGY WITH THE HELP OF HEAT PUMPS

©Abdyrazakova S., *ORCID: 0009-0006-8518-871X SPIN-код: 5083-4212, Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, abdyrazakovasyrga@gmail.com*
©Zhusupov I., *Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, Ijusupov74@mail.ru*

Аннотация. Геотермальные тепловые насосы широко используются для отопления и охлаждения зданий. Эта технология основана на принципе теплообмена между грунтом и зданием, что значительно снижает потребление электроэнергии или ископаемого топлива. Зимой тепло извлекается из грунта и передается в здание, а летом избыточное тепло возвращается в грунт. Эта замкнутая система не только обеспечивает комфортный микроклимат, но и позволяет экономить до 50–70% энергии по сравнению с традиционными методами отопления. В данной статье рассматриваются принципы работы, ключевые технологические решения, а также экологические и экономические аспекты использования подобных систем. Основное внимание уделяется типам конфигураций теплообмена: вертикальным грунтовым зондам, горизонтальным коллекторам и системам с использованием грунтовых вод. Анализируются факторы, влияющие на выбор конфигурации: геологические условия, доступная площадь и тепловая нагрузка объекта. Подчеркивается, что правильный расчет и проектирование контура являются залогом долгосрочной и эффективной работы системы. В заключение утверждается, что интеграция геотермальных тепловых насосов в энергетические системы зданий и жилых районов является перспективным направлением для декарбонизации теплоснабжения, повышения энергетической независимости и достижения целей устойчивого развития. Широкому распространению этой технологии будут способствовать развитие нормативно-правовой базы, государственная поддержка и повышение осведомленности о ее преимуществах.

Abstract. Geothermal heat pumps are widely used for heating and cooling buildings. This technology is based on the principle of heat transfer between the ground and the building, significantly reducing electricity or fossil fuel consumption. In winter, heat from the ground is transferred to the building, and in summer, excess heat is returned to the ground. This closed-loop system not only provides a comfortable microclimate but also saves up to 50-70% of energy compared to traditional heating methods. This article discusses the operating principles, key technological solutions, as well as the environmental and economic aspects of using such systems. The focus is on heat transfer system types: vertical ground probes, horizontal collectors, and groundwater-based

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Т. 12. №11 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/132

systems. Factors influencing configuration selection are analyzed, including geological conditions, available space, and the facility's heat load. It is emphasized that proper circuit calculation and design are key to long-term and efficient system operation. In conclusion, it is argued that integrating geothermal heat pumps into the energy systems of buildings and residential areas is a promising approach to decarbonizing heat supply, increasing energy independence, and achieving sustainable development goals. The widespread adoption of this technology will be facilitated by the development of a regulatory framework, government support, and increased awareness of its benefits.

Ключевые слова: геотермальная энергия, тепловые насосы, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, экологичность, геотермальные ресурсы.

Keywords: geothermal energy, heat pumps, renewable energy sources, energy security, environmental friendliness, geothermal resources.

В условиях роста населения и промышленного развития наблюдается постоянное увеличение потребления энергии. Традиционные источники энергии, такие как нефть, газ и уголь, являются невозобновляемыми, и их запасы в недрах земли ограничены, а также они оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим особую актуальность для поддержки зеленой экономики страны приобретает развитие и внедрение возобновляемых источников энергии. Геотермальная энергия, представляющая собой тепловую энергию, аккумулированную в недрах Земли, выступает в качестве одного из наиболее перспективных источников энергетических ресурсов. Ключевыми преимуществами данного типа энергии являются ее стабильность, широкомасштабная доступность и минимальное антропогенное воздействие на окружающую среду. Эти характеристики обуславливают ее значимую роль в современной энергетической политике. Исследование и внедрение инновационных технологий в области получения и хранения энергии, а также повышение эффективности ее использования являются ключевыми направлениями в достижении энергетической независимости и минимизации экологического следа. Такой комплексный подход позволит обеспечить долгосрочное благосостояние человечества, сохраняя при этом природные ресурсы планеты для будущих поколений. Исходя из поставленной цели, расширение и увеличение доли возобновляемых источников энергии является одним из главных требований современной эпохи, обусловленным растущим спросом человечества на энергию [1].

Использование геотермальной энергии в качестве возобновляемого источника энергии с помощью тепловых насосов — одна из наиболее эффективных и технологически продвинутых концепций в современной энергетике. Этот подход основан не на прямом использовании высокотемпературных тепловых источников, которые имеются лишь в ограниченных геологических районах, а на использовании низкопотенциального тепла, накопленного в верхних слоях земной коры, грунтовых водах и воздухе. Здесь применяется технология тепловых насосов, которая преобразует извлекаемое тепло в полезную энергию для отопления и охлаждения зданий, а также для производства горячей воды. Главное преимущество такой гибридной геотермальной системы — её универсальность и независимость от погодных условий. В отличие от солнечных батарей или ветряных турбин, производительность которых зависит от времени суток и силы ветра, грунт ниже уровня промерзания является стабильным и надежным тепловым резервуаром. Летом система работает в обратном режиме, отводя избыточное тепло из здания в грунт, эффективно кондиционируя помещение. Таким образом, одна и та же инфраструктура позволяет решить две основные проблемы климат-контроля [2].

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Т. 12. №11 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/132

Геотермальная энергия — это естественное тепло, исходящее от самой Земли. Проще говоря, это большое количество тепловой энергии, накопленной во внутренних слоях Земли. Интересно, что температура повышается с глубиной. На глубине 30–50 метров температура повышается примерно на 3°C, и эта тенденция сохраняется. Доминирующим источником данного вида тепла выступает тепловой поток, генерируемый в ядре Земли. В современном энергетическом ландшафте технологически развитые государства активно осваивают данный природный ресурс для целей электрогенерации и теплофикации. Геотермальная энергия классифицируется как экологически чистый и возобновляемый энергоресурс, обладающий значительным потенциалом для масштабируемого применения в перспективе. Ключевым преимуществом геотермальной энергетики является её базовая нагрузочная способность и устойчивая генерация, не зависящая от атмосферных факторов, включая периоды отсутствия солнечной инсоляции или ветра. Кроме того, благодаря стабильности температурного режима геологической среды, данный источник может эксплуатироваться в качестве теплоснабжающего ресурса в течение всего года. В представленном исследовании анализируется технология термотрансформации на базе геотермальных тепловых насосов, обеспечивающая решение задач нагрева теплоносителя (воды), кондиционирования и теплоснабжения помещений [3].

Рассмотрим принцип работы тепловых насосов. Тепловой насос представляет собой электромеханическое устройство, осуществляющее перенос тепловой энергии от низкопотенциального источника (атмосферный воздух, грунтовые воды, вода из пруда) к теплоносителю системы отопления помещений с затратой сравнительно малого количества приводной (компрессорной) энергии. Функционально он реализует принцип, обратный работе холодильной машины или кондиционера, обеспечивая не охлаждение, а нагрев внутренней среды. Работа насоса основана на реализации термодинамического цикла Карно в замкнутой системе. Данный контур заполнен рабочим телом (хладагентом) — специально подобранным веществом, как правило, фреоном или его современными аналогами, обладающим необходимыми термодинамическими свойствами для эффективного фазового перехода. Цикл состоит из четырёх последовательных термодинамических процессов, каждый из которых осуществляется в соответствующем узле теплового насоса [6].

Начальная стадия цикла – процесс испарения. Жидкий хладагент поступает в испаритель, где за счет теплопритока из низкопотенциального источника (грунт, атмосферный воздух, водоём) происходит его фазовый переход в газообразное состояние. Критическим аспектом данной стадии является способность хладагента поглощать тепловую энергию из среды, температура которой может быть значительно ниже необходимой для обогрева. Эта ключевая особенность определяет одно из основных эксплуатационных преимуществ тепловых насосов – возможность аккумулировать рассеянное тепло при, казалось бы, недостаточном температурном потенциале среды-источника. Последующей стадией цикла является процесс сжатия. Парообразный хладагент, обладающий повышенной температурой и низким давлением, направляется в компрессорный агрегат. Этот ключевой компонент устройства повышает давление и, как следствие, температуру хладагента до значительно более высокого уровня. Именно здесь происходит основное «усиление» тепловой энергии, полученной на предыдущем этапе. Затем следует конденсация. Горячий пар хладагента под высоким давлением движется в конденсатор, который представляет собой теплообменник, контактирующий с отапливаемой средой (например, системой отопления дома или баком для горячей воды). В конденсаторе хладагент отдает накопленное тепло этой среде, при этом сам снова конденсируется, превращаясь в жидкость. Последний, четвертый этап – расширение. Жидкий хладагент, пройдя через конденсатор, попадает в расширительный клапан. Здесь

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Т. 12. №11 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/132

происходит резкое снижение давления, что приводит к значительному падению температуры хладагента. Охладившись, он снова готов к подаче в испаритель, замыкая цикл. В тепловом насосе испаренный хладагент сжимается под давлением компрессором. Согласно основным законам физики, при сжатии его температура резко повышается. Это высокотемпературное тепло конденсируется и передается в систему отопления или горячего водоснабжения здания, например, в систему подогрева пола, радиаторы или вентиляторы (Рисунок). Зимой тепловой насос извлекает тепло из земли, поддерживая постоянную температуру в пределах 8-12°C. Охлажденный и сжиженный хладагент возвращается во внешний контур, и цикл повторяется. Эффективность данного процесса характеризуется высоким коэффициентом преобразования (COP). При потреблении 1 кВт электрической мощности на привод компрессора система генерирует от 3 до 5 кВт тепловой энергии, что обуславливает её значительную энергетическую и экономическую целесообразность.

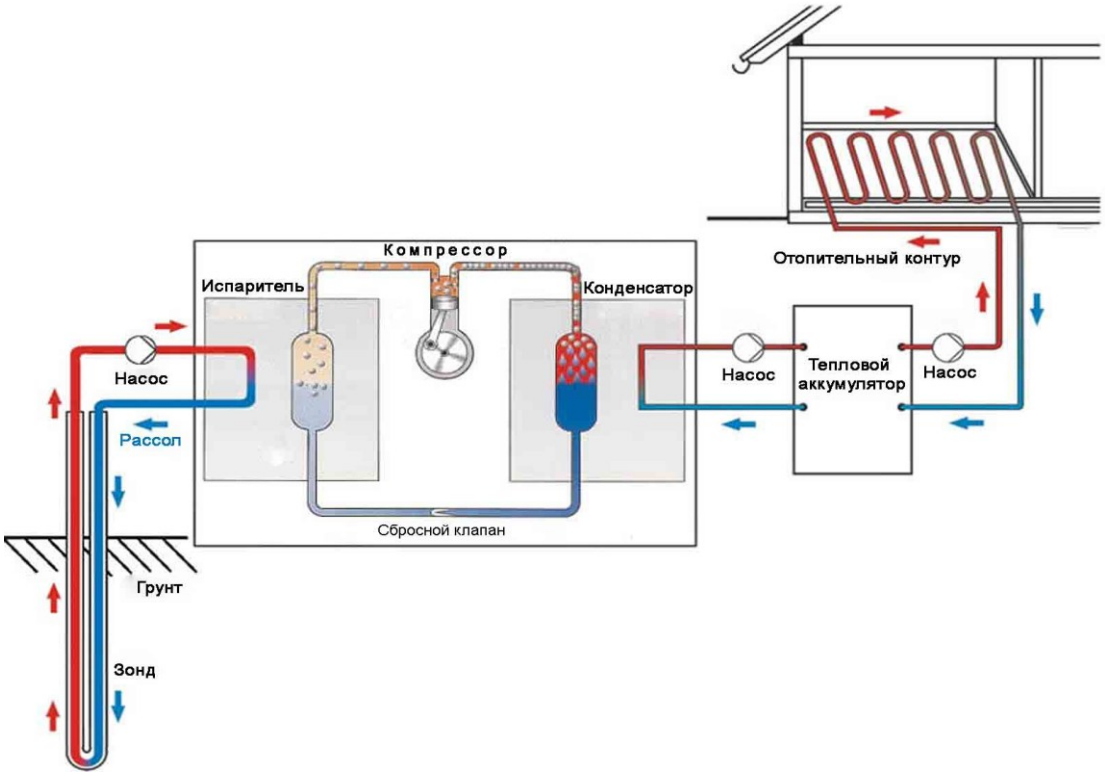


Рисунок. Принцип работы теплового насоса (http://vyww.topclimat.ru/publications/33.html)

В летний период осуществляется реверсирование термодинамического цикла теплового насоса, что позволяет использовать его в качестве эффективной системы кондиционирования. В этом режиме происходит отвод избыточного тепла из охлаждаемых помещений с его последующей рекуперацией и сбросом в грунтовый массив. Благодаря стабильному и относительно низкому температурному потенциалу грунта, последний функционирует в качестве естественного поглотителя тепловой энергии [4, 5].

Таким образом, интеграция тепловой инерции земных недр с высокоэффективным инженерным решением теплового насоса формирует устойчивый, прогнозируемый и экологичный источник энергии. Эта технология не стремится заменить все традиционные источники энергии в глобальном масштабе, а предлагает оптимальное локальное решение для отопления и кондиционирования воздуха, открывая путь к подлинной энергетической независимости на микроуровне. Эффективность тепловых насосов обусловлена следующими

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Т. 12. №11 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/132

факторами: коэффициентом преобразования энергии (3–5 кВт тепловой энергии на 1 кВт электроэнергии); возможностью работы в режимах отопления и охлаждения; универсальностью применения (отопление, ГВС, кондиционирование); стабильностью работы при различных температурных режимах.

Практическое применение. Современные системы на основе тепловых насосов позволяют:обеспечивать круглогодичное отопление помещений; организовывать горячее водоснабжение; осуществлять кондиционирование воздуха; снижать нагрузку на традиционные энергоресурсы.

Экологические аспекты. Использование геотермальной энергии характеризуется: отсутствием выбросов парниковых газов; минимальным воздействием на окружающую среду; рациональным использованием природных ресурсов; долгосрочной экологической безопасностью.

Расчет энергетической эффективности теплового насоса. В природно-климатических условиях города Ош Кыргызстана, обычно отопительный период начинается в ноябре месяце и заканчивается в конце февраля. То есть в среднем четыре месяца. Расчет энергетической и экономической эффективности использования теплового насоса для отопление жилого дома осуществляем исходя из приведенного выше отопительного периода. В качестве примера принимаем жилой дом площадью 90 м^2.

Расчёт необходимой тепловой мощности. Для подбора теплового насоса необходимо знать теплопотребность здания и на основе этих данных выбирается тепловой насос по принципу «ближайший больший». Необходимая тепло производительность определяется по формуле: P = Qпотерь • Sздания.

Решение. Необходимая тепло производительность для средне изолированной квартиры площадью 90 м^2 составляет: P = 70•90=6 300 кВт.

Расчет горизонтального коллектора теплового насоса. Длина трубопровода рассчитывается по формуле: L = P/q, где, q - теплосъем с 1 м трубы диаметр 25 мм (влажная глина). Тогда, для отопления квартиры длина трубопровода, расположенного в глинистой почве, составит: L = 6300/25=252 м.

Площадь участка (м^2) рассчитывается по формуле: A = L•da, где, da - расстояние между трубами, м (минимум 0,7-0,8 м). Тогда, необходимая площадь участка для размещения теплового насоса составит: A = 252 • 0,8=201,6 м^2.

Заключение

Использование геотермальной энергии с применением тепловых насосов является перспективным направлением развития энергетики. Данная технология обеспечивает высокую энергоэффективность, экологическую безопасность и экономическую целесообразность. Внедрение геотермальных систем в странах Средней Азии может стать важным шагом к устойчивому развитию энергетического сектора и снижению зависимости от традиционных источников энергии. Интеграция таких систем в региональную энергетическую инфраструктуру способствует повышению её устойчивости, обеспечивая стабильное теплоснабжение за счёт использования возобновляемого низкопотенциального тепла земных недр, потенциал которого характеризуется высокой пространственно-временной стабильностью в сравнении с другими видами ВИЭ.

Список литературы:

1. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли. М., 2006. 220 с.

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

2. Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии. М., 2001. 66 с.

3. Шатманов О. Т., Исманов Ю. Х., Айдаралиев Ж. К., Исакова Ж. А. Использование тепловых насосов для обогрева и горячего водоснабжения в условиях высокогорья Кыргызстана / /Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. №7. С. 72-75.

4. Павлов А. А., Лавренов А. В. Перспективы внедрения инновационных технологий в получении геотермальной энергии //27-я Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2024), г. Санкт-Петербург, 22-24 мая. 2024. С. 515.

5. Абильдинова С. К., Мусабеков Р. А., Расмухаметова А. С., Чичерин С. В. Оценка энергетической эффективности цикла теплового насоса со ступенчатым сжатием // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2019. Т. 62. №3. С. 293-302.

References:

1. Vasil'ev, G. P. (2006). Teplokhladosnabzhenie zdanii i sooruzhenii s ispol'zovaniem nizkopotentsial'noi teplovoi energii poverkhnostnykh sloev zemli. Moscow. (in Russian).

2. Vasil'ev, G. P., Khrustachev, L. V., Rozin, A. G., & Abuev, I. M. (2001). Rukovodstvo po primeneniyu teplovykh nasosov s ispol'zovaniem vtorichnykh energeticheskikh resursov netraditsionnykh vozobnovlyaemykh istochnikov energii. Moscow. (in Russian).

3. Shatmanov, O. T., Ismanov, Yu. Kh., Aidaraliev, Zh. K., & Isakova, Zh. A. (2020). Ispol'zovanie teplovykh nasosov dlya obogreva i goryachego vodosnabzheniya v usloviyakh vysokogor'ya Kyrgyzstana. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanii,* (7), 72-75. (in Russian).

4. Pavlov, A. A., & Lavrenov, A. V. (2024, May). Perspektivy vnedreniya innovatsionnykh tekhnologii v poluchenii geotermal'noi energii. In *27-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM'2024), g. Sankt-Peterburg, 22-24 maya* (p. 515). (in Russian).

5. Abil'dinova, S. K., Musabekov, R. A., Rasmukhametova, A. S., & Chicherin, S. V. (2019). Otsenka energeticheskoi effektivnosti tsikla teplovogo nasosa so stupenchatym szhatiem. *Energetika. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii i energeticheskikh ob"edinenii SNG, 62*(3), 293-302. (in Russian).

Поступила в редакцию
19.09.2026 г.

Принята к публикации
26.09.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Абдыразакова С. Б., Жусупов И. М. Использование геотермальной энергии в качестве возобновляемых источников энергии с применением тепловых насосов // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №11. С. 173-178. https://doi.org/10.33619/2414-2948/132/20

Cite as (APA):

Abdyrazakova, S., & Zhusupov, I. (2026). Use of Geothermal Energy as a Renewable Source of Energy with the Help of Heat Pumps. *Bulletin of Science and Practice, 12*(11), 173-178. (in Russian). https://doi.org/10.33619/2414-2948/132/20

Тип лицензии CC: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)