

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Д.К. Краснов, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
(Россия, г. Санкт-Петербург)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-12-1-52-55

**Аннотация.** С каждым годом вопрос использования экологических технологий в строительстве становится все острее. Применение геотермальных тепловых насосов позволяет сделать шаг в зеленое будущее. Целью статьи является анализ принципов работы разных видов геотермальных тепловых насосов, их особенностей, от которых зависит оптимальный сценарий их использования. В результате анализа сопоставлены типы геотермальных тепловых насосов с климатическими, географическими и геодезическими условиями их использования, произведена оценка их практической и экономической эффективности.

**Ключевые слова:** геотермальные тепловые насосы, геотермальная энергия, эффективность систем отопления, экология, виды геотермальных тепловых насосов.

С каждым годом развитие экологических и энергосберегающих технологий в строительстве становится все более приоритетным направлением. Одной из современных технологий, имеющей эти свойства, является геотермальный тепловой насос – устройство, позволяющее использовать для отопления или кондиционирования тепло окружающей среды. Геотермальный тепловой насос не только одна из самых экологических и энергосберегающих, но и очень дешевая в обслуживании система отопления. Экономия за счет расходов на его эксплуатацию позволяет сэкономить 40-70% по сравнению с традиционными системами отопления, работающими на газе или электричестве, и окупить его установку за 5-6 лет [1]. Благодаря ярко выраженным плюсам геотермальных тепловых насосов они уже покрывают около 12% мировой потребности в тепле, однако в России данная технология еще не распространена [2]. Согласно последним статистическим данным, количество геотермальных насосов в мире за последний год увеличилось на 4,5% и будет сохранять такую динамику до 2032 года [3]. Ведущими странами в области развития отопительных систем, работающих за счет возобновляемых источников энергии, являются страны Северной Америки, Европы и Азиатско-тихоокеанский региона. Применение

технических решений по использованию геотермальных тепловых насосов в индивидуальном жилищном строительстве имеет большой потенциал, но особенности их использования мало исследованы. С учетом вышеперечисленных фактов тема применения геотермальных тепловых насосов в индивидуальном жилом строительстве является актуальной. В статье разобраны возможные методы и особенности использования геотермального теплового насоса.

В ходе исследования был проведен обширный анализ существующих литературных источников с целью выявления особенностей использования геотермальных отопительных систем. Данный метод способствовал формированию теоретической базы исследования. Использовались статистические методы и анализ данных для более глубокого понимания особенностей и проблем в области применения геотермальных тепловых насосов. Этот метод включал в себя анализ данных, таких как опросы, статистика применения тепловых насосов, экономические показатели и другие критические переменные. Произведен сравнительный анализ различных типов геотермальных систем в разных климатических условиях с целью выявления их преимуществ и недостатков. Этот метод обеспечил важную перспективу для исследова-

дования. Использование именно этих методов позволило выявить особенности применения геотермальных тепловых насосов, которые недопустимо исследовать без учета предыдущего опыта строителей, а также новейших технологий в области энергетики.

Принцип работы геотермальных тепловых насосов весьма прост. В коллектор через теплообменники поступает антифриз, который циркулируя, забирает тепло окружающей среды, после чего поступает обратно в теплообменники. Хладагент, в роли которого выступает фреон, углекислый газ или пропан, сжимается компрессором, из-за чего его давление и, следовательно, температура повышается. Далее газ передаётся конденсатор, и, отдавая тепло, переходит в жидкое газообразное состояние. Тепла, полученного в результате этого процесса, достаточно для отопления загородного дома.

Геотермальные тепловые насосы являются одними из самых экологичных и экономически выгодных систем отопления, существующих на данный момент, но все-таки они имеют свои плюсы и минусы, а

также некоторые особенности применения.

Геотермальные тепловые насосы делятся на виды в зависимости от источника, у которого происходит отбор тепла (Рис.). Выделяют два основных вида: грунтовые и водные. Первые работают за счет тепла земли, а вторые - воды.

Грунтовые тепловые насосы подразделяются еще на два типа: вертикальные и горизонтальные. Их различие состоит в размещении коллектора. У горизонтальных грунтовых тепловых насосов коллектор размещается горизонтально кольцами на глубине ниже промерзания грунта. В вертикальных же он размещается в скважины глубиной до 200 метров. Этот тип можно разделить еще на несколько классов: прямой вертикальных коллектор, в котором скважины находятся под углом 90 градусов к поверхности земли и веерный, в котором скважины находятся под углом от 20 до 80 градусов к поверхности.

При применении геотермального насоса водного типа коллектор размещается витками на дне водоема ниже уровня промерзания или в скважине с грунтовыми водами.

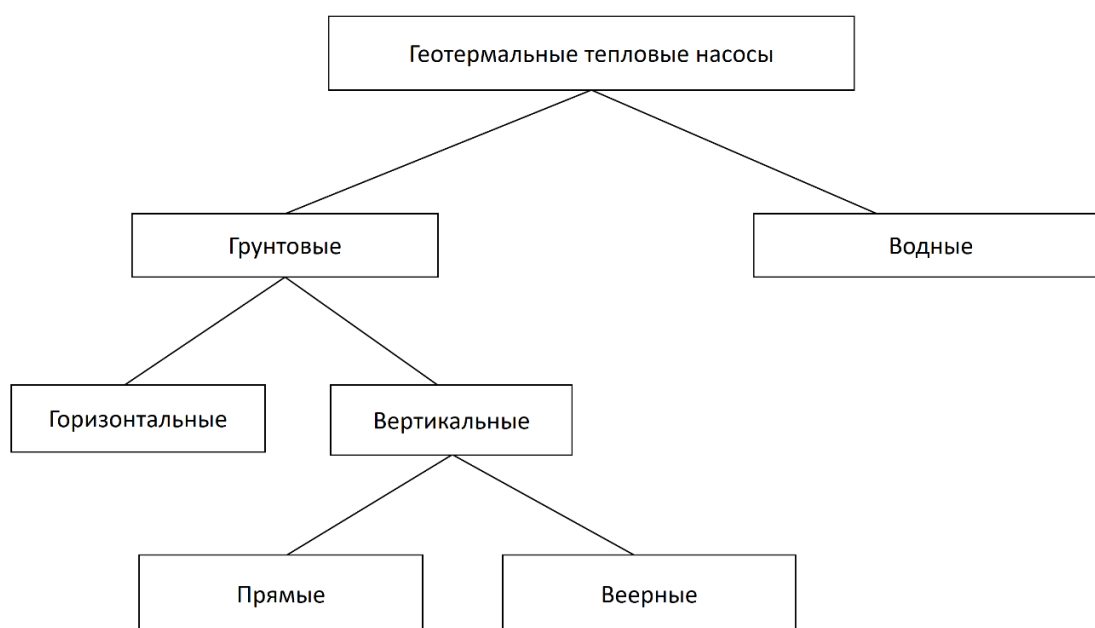


Рис. Виды геотермальных тепловых насосов

Все эти конфигурации геотермальной тепловой системы имеют свои особен-

ности и достигают максимальной эффективности при различных сценариях использо-

вания. Самым экономически выгодным типом насоса является водный, с размещением коллектора в водоеме. Его установка будет дешевле по сравнению с другими вариантами, так как не придется тратить средства на бурение скважин. Но данный тип геотермальной отопительной системы требует нахождения рядом с участком водоема, глубиной не менее 2 метров. Эффективность у данной конфигурации довольно высока, на 1 метр трубы контура приходится порядка 30-40 Вт тепловой энергии. При отсутствии гидрографического объекта вблизи участка или если тот не удовлетворяет требованиям, перечисленным выше, то наиболее эффективным будет использование геотермального теплового насоса грунтового вида с горизонтально расположенным коллектором, так как для его размещения будет достаточно траншей глубиной больше, чем глубина промерзания грунта в данном регионе (в центральной России это менее, чем 1 метр), и это позволит сэкономить на бурении скважин. Для установки данной конфигурации геотермальной тепловой системы нужен довольно большой участок, например, для получения 15 кВт тепловой энергии понадобится участок площадью около 450 м<sup>2</sup> (рекомендуемое расстояние между трубами – 1,2 метра, энергия, получаемая с 1 метра трубы, варьируется от 30 до 60 Вт, в зависимости от грунта, таким образом для получения 15 кВт энергии требуется контур длиной 400-500 метров). Существуют регионы, в которых рытье траншей нецелесообразно. Например, в северных регионах это связано с высокой глубиной промерзания земли (более 2 метров), а в таких регионах как Карелия и Приуралье – преимущественно твердые (каменные) грунты, которые не позволяют осуществить рытье траншей. Для таких сценариев использования подходит вертикальный тип геотермального теплового насоса. В грунте бурятся скважины диаметром 250-350 мм<sup>2</sup> и глубиной 50-70 метров. При такой конфигурации на 1 метр трубы приходится около 80 Вт тепловой энергии. Для увеличения эффективности применяется веерный класс грунтовых тепловых насосов, так как эффектив-

ная длинна скважины тогда повышается, и возможно получить большую мощность, используя ограниченный участок земли. Для горных пород наиболее целесообразно бурить одну или несколько скважин глубиной 100-200 метров. В такой ситуации на метр трубы будет приходится 50-60 Вт тепловой энергии. Вышеперечисленные конфигурации грунтовых тепловых насосов обладают весьма большой ценой установки, но являются самыми эффективными и позволяют получать тепло там, где другие типы геотермальных насосов использовать не могут (ограниченные по площади, с неподходящим грунтом и отсутствием близлежащих водоемов участка).

В контексте острой проблемы отопления в негазифицированных регионах России, вопрос выбора методов обеспечения тепла приобретает особую актуальность. В данном аспекте геотермальные тепловые насосы представляют собой перспективное решение. Экономическая эффективность геотермального теплового насоса превосходит аналогичные параметры газового или электрического отопления, причем его функционирование основано на использовании возобновляемых источников энергии. Геотермальный тепловой насос не способен полностью удовлетворить потребности многоквартирного жилого дома, однако он представляет собой оптимальное решение для индивидуального строительства жилья.

В ходе исследования не преследовалась цель предложения новых методов применения тепловых насосов, скорее, рассматривались уже существующие виды и анализировалась их эффективность в различных сценариях использования. Исследование подтверждает, что выбор геотермального теплового насоса должен основываться на ряде факторов, таких как тип грунта, площадь территории под установку, а также наличие близлежащих озер или источников геотермального тепла. Анализ более 30 научных статей и разбор 15 возможных сценариев использования предоставляет основательные выводы о применимости геотермальных тепловых насосов. Результаты исследования, представленные

в статье, способствуют обобщению знаний и выработке практических рекомендаций для эффективного использования данной технологии в различных условиях.

Таким образом, геотермальные тепловые насосы способны закрыть потребность индивидуальных жилых зданий в тепловой энергии в независимости от климата, типа грунта и прочих вышеперечисленных факторах, но для действительно эффективного и рационального их использования требуется грамотно учитывать их особенности, преимущества и недостатки. Геотермальные тепловые насосы с горизонтальным расположением коллектора не подходят для северных территорий или для участков с маленькой площадью, но в условиях

центральной и южной России их эффективность не будет ничем уступать прочим видам, а затраты на установку при этом будут меньшими. Геотермальные тепловые насосы будут эффективны в любых климатических условиях, но они являются самыми дорогими и тяжелыми в установке. Геотермальные тепловые насосы с подводным типом контура являются самыми дешевыми, но требуют нахождения рядом глубокого и достаточно теплого водного объекта. Результаты данного исследования можно использовать для выбора конфигурации теплового насоса с целью анализа его эффективности в определенных условиях.

#### Библиографический список

1. Стожкова, А.А. Оценка эффективности применения геотермального теплового насоса в климатических условиях Пермского края / А.А. Стожкова // Инновационная наука. – 2019. – № 5. – С. 60-63. – EDN HWJNTB.
2. Global heat pump statistic // Becky McKay. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/global-heat-pump-statistics>
3. Molavi J., McDaniel J. A Review of the Benefits of Geothermal Heat Pump Systems in Retail Buildings // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 145. – P. 1135-1143. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.147>.

### FEATURES OF THE USE OF GEOTHERMAL HEAT PUMPS IN INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION

D.K. Krasnov, *Student*

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
(Russia, St. Petersburg)

**Abstract.** *Every year the issue of using environmentally friendly technologies in construction is becoming more acute. A geothermal heat pump is one of the very technologies taking a step into a green future. Purpose The article is an analysis of the operating principles of different types of geothermal heat pumps, their features, on which the optimal scenario for their use depends. As a result, the types of geothermal heat pumps with climatic, geographical and geotic conditions of their use, their practical and economic efficiency*

**Keywords:** *geothermal heat pumps, geothermal energy, efficiency of heating systems, ecology, types of geothermal heat pumps.*