

УДК 621.577

Экономические и экологические аспекты использования геотермальных технологий в народном хозяйстве

Канд. техн. наук, доцент **Никитин А.А.** andyquest@mail.ru

Крылов В.А. supra_hero@mail.ru, **Рябова Т.В.** rjabova_tatjana@mail.ru

Василенок А.В.

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, по-видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии. В статье рассмотрены принцип работы геотермального теплового насоса, его особенности и преимущества. Как правило, геотермальные тепловые насосы используются для отопления в коттеджном строительстве. В данной статье рассмотрены экономические аспекты использования геотермальных теплонасосных систем при строительстве крупного бизнес-центра площадью 22000 м². Сроки окупаемости рассмотрены в комплексе для систем отопления в зимний период года и для систем кондиционирования воздуха в летний период года. Геотермальные системы отопления и кондиционирования рассмотрены с разными точками бивалентности. Представлены диаграммы стоимости оборудования и материалов, годового потребления электроэнергии, стоимости подключения к сетям и эксплуатационных затрат при использовании геотермального теплового насоса в сравнении с системами отопления на базе электрических котлов. Расчётами доказано, что срок окупаемости системы отопления с использованием геотермального теплового насоса в сравнении с традиционной системой составляет 10,8 лет или 7,5 лет, в зависимости от выбранного режима бивалентности.

Ключевые слова: эффективность, народное хозяйство, геотермальные технологии, срок окупаемости, капитальные затраты, эксплуатационные затраты, экология, экономика.

Economic and ecological aspects of the use of geothermal heat pumps

Ph.D. **Nikitin A.A.** andyquest@mail.ru

Krillov V.A. supra_hero@mail.ru, **Ryabova T.V.** rjabova_tatjana@mail.ru,

Vasilenok A.V.

University ITMO

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Rational use of energy resources is one of the global problems today and for the successful solution of it, apparently, will be crucial value not only for the further development of the world community, but also to preserve its habitat. One of the perspective solutions of this problem is using new energy-saving technologies, using renewable energy sources. The article describes the principle of operation of the geothermal heat pump, its features and benefits. Usually, geothermal heat pumps are used for heating in the cottage building. This article describes the economic aspects of the use of geothermal heat pump systems in the construction of a large business center area of 22,000 m². The payback period is considered in the

complex for heating during the winter season and air conditioning in summer season. Geothermal heating and cooling systems are considered from different points of bivalence. In the article are presented diagrams cost of equipment and materials, annual energy consumption, cost of connecting to the network and operating costs when using geothermal heat pump in comparison to heating systems based on electric boilers. Calculations proved that the payback period of the heating system with a geothermal heat pump compared with the traditional system is 10.8 years, or 7.5 years, depending on the mode selected bivalence.

Keywords: efficiency, national economy, geothermal technology, payback period, capital costs, operating costs, ecology, economy.

Производства, предприятия и организации являются важной частью народного хозяйства и для поддержания конкурентоспособной продукции и создания высоких технологий, необходимо задуматься об энергоресурсосберегающих технологиях. Народное хозяйство – это совокупность отраслей и сфер экономики страны, взаимосвязанных общественным разделением труда. Эффективность народного хозяйства страны в решающей степени зависит не только от обеспеченности его сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами, но и от рационального их использования. Создание и широкое применение энергосберегающих и экологически чистых технологических процессов и производств является исключительно актуальной задачей для всех отраслей промышленности. Основной целью на сегодняшний день, является сделать акцент на энергоэффективность народного хозяйства, для улучшения экономических показателей развития энергетики в виду сложившейся ситуации в стране. Большинство месторождений топлива, постепенно исчерпывают свои ресурсы, и вопрос о проведении энергосберегающей политики становится все более значимым и менее капиталоемким, чем путь дополнительного производства топлива для народного хозяйства. К экологически чистым энергосберегающим источникам энергии относятся возобновляемые источники. В понятие возобновляемые источники энергии включаются следующие формы энергии: солнечная, геотермальная, ветровая, энергия морских волн, течений, приливов и океана, энергия биомассы, гидроэнергия, низкопотенциальная тепловая энергия и другие виды возобновляемой энергии.

Остановимся более подробно на двух формах возобновляемой энергии: геотермальной и низкопотенциальной.

Ресурсы геотермальной энергии разделяются на гидрогеологические и петрогеотермальные. Первые из них представлены теплоносителями (составляют всего 1% от общих ресурсов геотермальной энергии) - подземными водами, паром и пароводяными смесями. Вторые представляют собой геотермальную энергию, содержащуюся в раскаленных горных породах.

Среди возможных источников низкопотенциальной тепловой энергии можно выделить следующие: окружающий воздух, грунт поверхностных слоев Земли, водоёмы и природные водные потоки, вентиляционные выбросы зданий и сооружений, канализационные стоки, сбросное тепло технологических процессов. В дальнейшем, в качестве источника низкопотенциальной теплоты, более подробно будет рассматриваться грунт поверхностных слоев Земли, так как его использование, в качестве источника тепла низкого потенциала, в почвенно-климатических условиях России является наиболее перспективным.

В качестве устройства переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю с более высокой температурой) используется тепловой насос. [1]

На сегодняшний день геотермальный тепловой насос является наиболее эффективной энергосберегающей системой отопления и кондиционирования. Реальных альтернатив применению тепловых насосов, с возможностью широкого использования в отоплении, горячем водоснабжении и кондиционировании, на сегодняшний день не существует.

В настоящее время масштабы использования тепловых насосов в мире ошеломляют [2,3]:

- в Швеции 50% всего отопления обеспечивают геотермальные тепловые насосы. В Стокгольме 12% всего отопления обеспечивается геотермальными насосами с общей мощностью 320 МВт, источник тепла - Балтийское море.
- в Швейцарии эксплуатируется свыше 60000 тепловых насосов, что экономит 150000 л жидкого топлива, 390000 тонн диоксида углерода и 325 тонн оксида углерода не выбрасывается в окружающую среду.
- в США ежегодно производится более 1 млн. геотермальных тепловых насосов. Федеральное законодательство США, при строительстве новых общественных зданий, требует использовать геотермальные тепловые насосы для отопления.
- в Германии предусмотрена дотация государства на установку тепловых насосов, цена теплового насоса стала доступна большинству.

Эффективность теплового насоса характеризует его коэффициент преобразования, представляющий собой отношение тепла в кВт, полученного в тепловом насосе, к затратам мощности на привод теплового насоса. Этот коэффициент для тепловых насосов может быть от 4 до 5. Таким образом, при потреблении тепловым насосом, например, 1 кВт электрической энергии, в зависимости от условий работы и конструкции теплового насоса, обеспечивается получение 4-5 кВт тепловой энергии. Общее правило - чем меньше разница между температурой горячего источника и температурой в системе отопления, тем больше коэффициент полезного действия теплового насоса. [4]

Вывод: тепловые насосы идеально подходят для низкотемпературных систем отопления (теплый пол, фанкойлы, радиаторы, мощность которых пересчитывается на пониженную температуру подачи).

Рассмотрим принцип действия теплового насоса. Аккумулированное грунтом тепло передается вместе со смесью из воды и антифриза (рассолом) через вертикально расположенные теплообменники (грунтовые зонды) и подается в испаритель теплообменника теплового насоса. Схема работы теплового насоса представлена на рисунке 1.

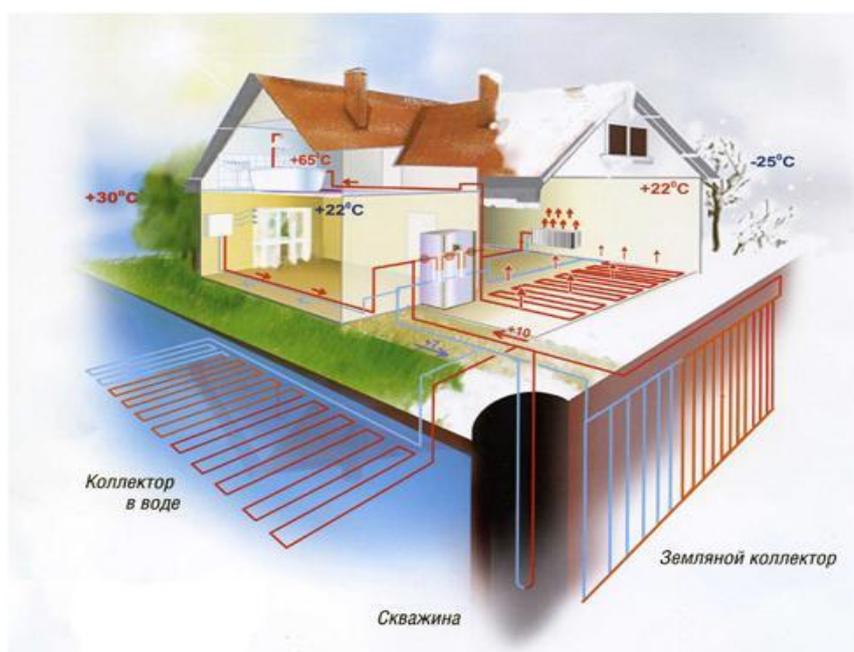


Рис. 1. Схема работы геотермального теплового насоса

В испарителе хладагент теплового насоса, нагреваясь от рассола до температуры 6-8 °С, закипает и испаряется, забирая тепло от рассола. Охлажденный рассол, закачиваемый насосом, поступает в грунтовый зонд, где нагревается, забирая тепло от грунта. Образовавшийся пар из испарителя поступает в компрессор, где происходит процесс сжатия пара. Пар переходит в жидкое состояние, выделяя большое количество тепла. Температура жидкости в компрессоре подымается до 35-70 °С. Эта

температура в теплообменнике конденсатора передается рабочей жидкости отопительного контура. Проходя через сбросной клапан, сбрасывающий давление, хладагент мгновенно охлаждается и снова попадает в испаритель, замыкая цикл. Рабочая жидкость, нагретая в теплообменнике испарителя, поступает в тепловой аккумулятор (буферная ёмкость), необходимый для накопления тепловой энергии и стабилизации работы теплового насоса (уменьшается частота включений). Далее нагретая рабочая жидкость используется в отопительных контурах. Для приготовления санитарной воды контура горячего водоснабжения используется высокоэффективный бойлер косвенного нагрева. [5,6]

Тепловой насос в летний период может использоваться для решения вопросов кондиционирования, отдавая тепло контуру грунтовых зондов, и охлаждая рабочую жидкость.

Источником тепла для тепловых насосов могут использоваться воздух, вода и земля. Наиболее приемлемым вариантом, лишенным недостатков других модификаций тепловых насосов, являются геотермальные тепловые насосы, использующие теплоту грунта - отбор тепла земли грунтовыми зондами. Геотермальный тепловой насос с грунтовыми зондами наиболее часто используется в наших условиях, хотя имеет большую стоимость. [7, 13, 14, 15]

Главное преимущество геотермального теплового насоса заключается в его высокой эффективности, которое достигается за счет высокого коэффициента преобразования (COP) теплового насоса (от 400% до 500%), что обеспечивает получение на 1 кВт затраченной электроэнергии, 4-5 кВт тепловой энергии или 3-4 кВт мощности охлаждающего контура и тем самым обеспечивает низкие эксплуатационные затраты. [8]

Тепловой насос долговечен и не требует особого внимания к себе. Срок эксплуатации заводских грунтовых зондов достигает 100 лет. Срок работы основного узла теплового насоса - компрессора - 30 лет, и может быть легко заменен. Система с тепловым насосом обеспечивает максимально комфортные условия в помещениях минимальные колебания температуры и влажности, отсутствует шум, предоставляет возможность обеспечения отопления и охлаждения одним и тем же оборудованием. Система отопления с использованием теплового насоса абсолютно взрыво и пожаробезопасна, не требует специального обслуживания, проста в управлении. Такая система является экологически чистым методом отопления и кондиционирования, так как отсутствуют выбросы CO₂, NOX и других продуктов горения. [9] Она максимально независима и автономна, необходима лишь электроэнергия для ее функционирования. Эффективность работы теплового насоса не зависит от поставок и цен на газообразное и жидкое топливо, отсутствует необходимость в газопроводе и газоснабжении. По прогнозам Мирового Энергетического Комитета, к 2020 году доля геотермальных тепловых насосов в отоплении для европейских потребителей составит 75%.

При использовании тепловых насосов с вертикальным геотермальным теплообменником, его еще называют грунтовым зондом, тепловая мощность, COP теплового насоса не зависят от погоды и времени года, так как температура грунта в скважинах постоянна. При использовании грунтовых зондов отсутствует их температурное влияние на поверхностные слои грунта и как следствие нет ограничений на озеленение и ландшафтный дизайн после их установки, в отличие от тепловых насосов с горизонтальным теплообменником. Так же грунтовые зонды требуют минимальной свободной площади участка для их размещения. Отсутствие наружных блоков, не нарушается целостность интерьера и фасада, как у тепловых насосов типа воздух – вода.

Тепловой насос с грунтовыми зондами позволяет, используя необходимое количество скважин, обеспечить моновалентный режим отопления - тепловой насос является единственным теплогенератором покрывающий 100% теплопотерь здания, или бивалентный режим - тепловой насос дополняется "пиковым доводчиком", автоматически включающимся в догрев при максимальных нагрузках на систему отопления. Бивалентный режим позволяет сократить капитальные затраты на оборудование за счет установки теплового насоса меньшей мощности, уменьшить количество скважин,

уменьшить срок окупаемости. В качестве пикового доводчика, как правило, используется электрический котёл.

Несмотря на все преимущества, тепловой насос имеет высокую стоимость, по сравнению с классическими котельными системами отопления. Так же для проектирования, монтажа и обслуживания теплового насоса требуются опытные и квалифицированные специалисты, число которых в России весьма невелико.

Для сохранения высокого (COP) теплового насоса, система отопления должна быть низкотемпературной, где температура подачи теплоносителя системы отопления не превышает 55 °С. [10] Такие низкотемпературные системы требуют более тщательного проектирования отопительного контура.

Отопление с использованием газовых или электрических котлов на сегодняшний день является самым распространенным вариантом, но все больше факторов заставляют от него отказываться:

- Цена на газ растет, и будет расти из-за перехода на европейские цены и уменьшения мировых запасов углеводородов.
- Не прогнозируемость поставок и цен на газ, тарификация цены по используемому объему газа.
- Постоянное повышение экологических требований к системам отопления, холодоснабжения и кондиционирования зданий.
- Необходимость постоянного сервисного обслуживания газовых котлов, загруженность сервисных служб, сложность с вызовом из-за загруженности в аварийных случаях.
- Высокая стоимость "газификации" участка.
- Необходимость организации котельной, с жесткими нормативными требованиями (дымоходы, вентиляция, окна, кубатура помещения)
- Повышенная опасность при работе с газовым оборудованием.
- Отсутствие повсеместной газификации, что особенно актуально в коттеджном строительстве.
- При использовании электрических котлов необходима большая установочная электрическая мощность, что влечёт высокую стоимость подключения.
- Система отопления с использованием электрического котла требует существенных затрат на оплату электроэнергии.

Было проведено исследование на предмет возможности использования теплонасосной установки для обеспечения нужд отопления в зимний период года и кондиционирования в летний бизнес-центра общей площадью 22000 кв. м.

В виду отсутствия централизованного газо- и теплоснабжения объекта была поставлена задача разработать энергосберегающие системы жизнеобеспечения здания с использованием только электрической энергии и тепловой энергии грунта. В качестве исследуемых систем жизнеобеспечения были выбраны следующие:

Вариант №1:

- режим отопления – геотермальный тепловой насос (глубина термоскважин 150 м) + электрический котел;
- режим кондиционирования – геотермальный тепловой насос + чиллер 1300 кВт + бак аккумулятор + чиллер 630 кВт;

Вариант №2:

- режим отопления – геотермальный тепловой насос (глубина термоскважин 100 м) + электрический котел;
- режим кондиционирования – геотермальный тепловой насос + чиллер 1300 кВт + бак аккумулятор + чиллер 630 кВт;

Вариант №3:

- режим отопления – два электрических котла;
- режим кондиционирования – два чиллера + бак аккумулятор + чиллер 630 кВт;

Вариант №3 является традиционным способом отопления и кондиционирования. Результаты численного сравнения представлены в виде диаграмм.

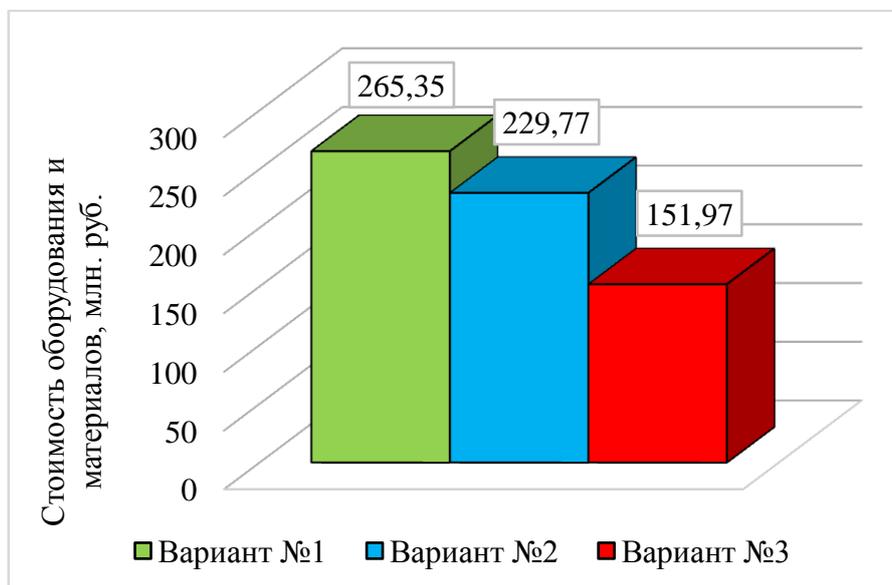


Рис. 2. Стоимость оборудования и материалов

Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 2, наименьшие затраты на оборудование и материалы присуще системе по варианту №3. Однако, стоимость подключения к городским электросетям и эксплуатационные затраты, которые по большей части состоят из оплаты за годовое электропотребление, больше у традиционной системы. Данные по стоимости подключения к электросетям и годовому потреблению электроэнергии представлены на рисунке 3 и 4.

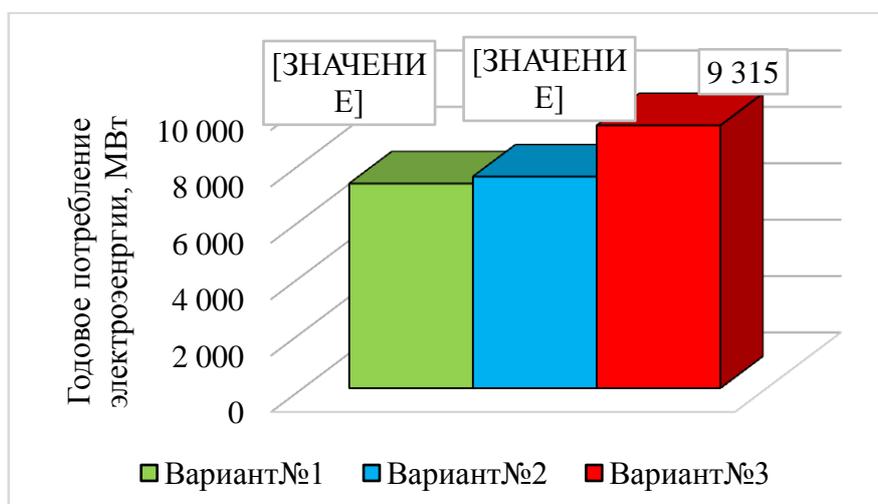


Рис. 3. Годовое потребление электроэнергии

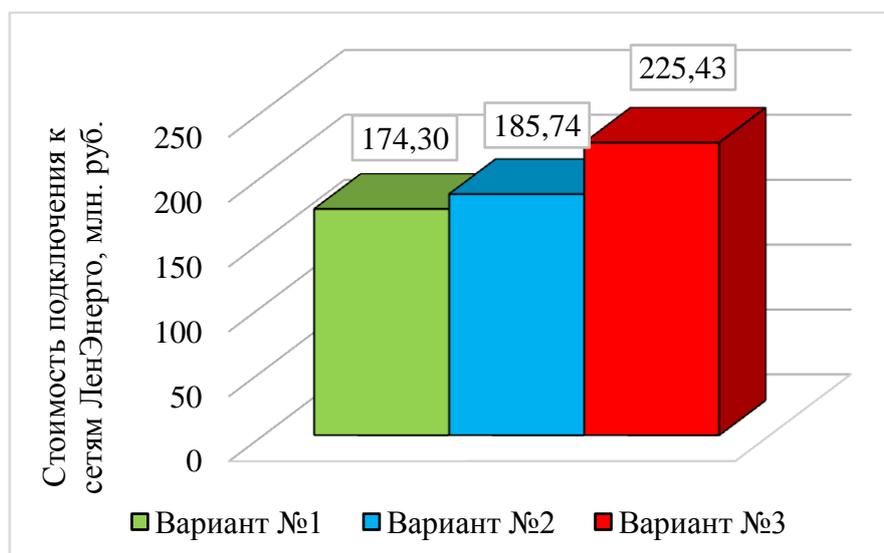


Рис. 4. Стоимость подключения к сетям ЛенЭнерго

В данном исследовании капитальные затраты складываются из затрат на оборудование и материалы, и затрат на подключение к сетям ЛенЭнерго. Данные по капитальным затратам приведены на рисунке 5.

Несмотря на то, что системы отопления по варианту №1 и варианту №2 используют тепловой насос, капитальные затраты по варианту №1 значительно выше, чем по варианту №2. Это обусловлено затратами на бурение более глубоких скважин.

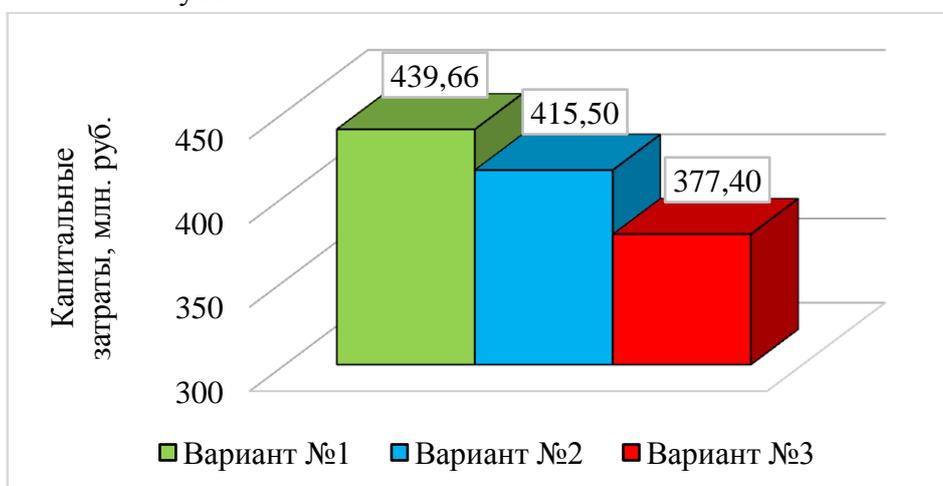


Рис. 5. Капитальные затраты

Эксплуатационные затраты представляют собой затраты на оплату годового электропотребления. [11, 12]

Данные по эксплуатационным затратам представлены на рисунке 6.

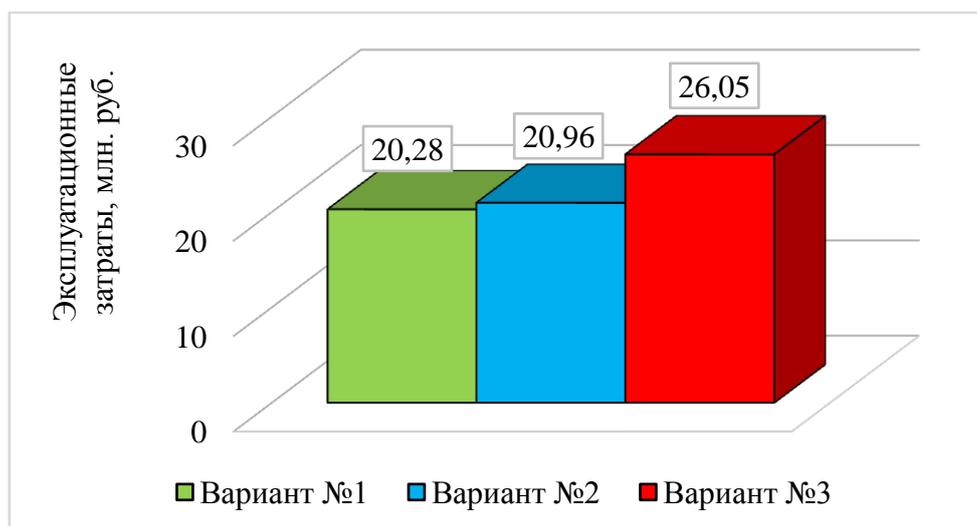


Рис. 6. Эксплуатационные затраты

В связи с тем, что самые высокие эксплуатационные затраты у традиционной системы отопления, но капитальные затраты самые низкие, предлагается рассчитать срок окупаемости теплонасосной системы отопления в сравнении с традиционной.

Расчет срока окупаемости будет производиться по формуле:

$$C = \frac{K_{B1} - K_{B3}}{\mathcal{E}_{B3} - \mathcal{E}_{B1}}, \quad (1)$$

где C — срок окупаемости, год; K_{B1} — капитальные затраты, млн. руб.;

\mathcal{E}_{B1} — эксплуатационные затраты, млн. руб. в год;

Индексы B2 и B3 соответствуют вариантам системы отопления №2 и №3. Для расчета срока окупаемости системы отопления по варианту №2 используется формула (1) с заменой индекса B2 на индекс B3.

Результаты расчета представлены на рисунке 7.

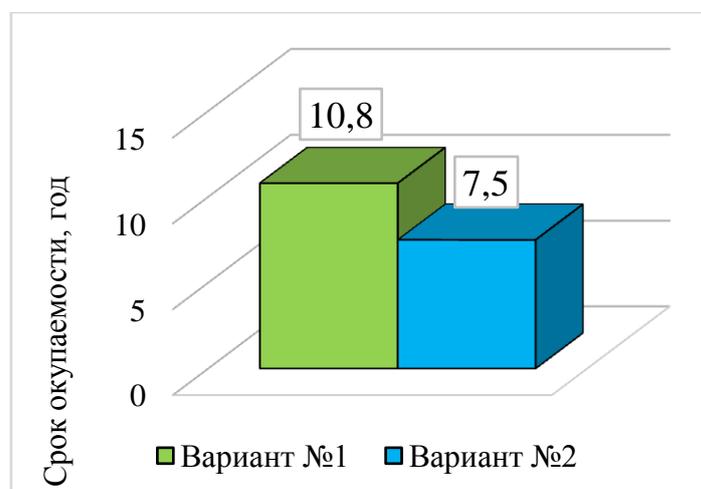


Рис. 7. Срок окупаемости

Таким образом, несмотря на относительно невысокую стоимость системы отопления на базе электрических котлов, она обладает высоким электропотреблением и как следствие высокими эксплуатационными затратами. Полученные данные позволяют оценить экономию денежных средств во время эксплуатации теплонасосных систем вместо системы электродотопления – чиллер.

Расчёты капитальных и эксплуатационных затрат различных систем отопления доказывают, что в тех случаях, когда отсутствует возможность подключения к централизованной системе тепло и газоснабжения выгоднее использовать энергоэффективные теплонасосные системы вместо традиционного электрообогрева. Срок окупаемости системы отопления с использованием геотермального теплового насоса в сравнении с традиционной системой составляет 10,8 лет или 7,5 лет, в зависимости от выбранного режима бивалентности, который позволяет сократить капитальные затраты.

Развитие промышленности и повышение эффективности народного хозяйства неизбежно связаны с ростом потребления полезных ископаемых. Одним из важных факторов повышения эффективности производства является режим экономии. Ресурсосбережение должно превратиться в решающий источник удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства в топливе, энергии, сырье и материалах. Предстоит создать и оснастить народное хозяйство машинами, оборудованием, обеспечивающими высокую эффективность использования конструкционных и других материалов, сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, создание и применение высокоэффективных малоотходных и экологически чистых технологических процессов. Таким образом, использование геотермальных технологий позволяет рационально и эффективно использовать ресурсы земных недр. Геотермальные технологии - новое слово в энергоэффективности и экономики народного хозяйства Российской Федерации.

Список литературы

1. Крылов В.А., Никитин А.А. Оптимизация систем теплосбора для геотермальных тепловых насосов. II Всероссийский конгресс молодых ученых. 9-12 апреля 2013, Электронный сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, Выпуск 4 Теплофизическое приборостроение. Теоретические основы тепло – и хладотехники, стр. 10.
2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв земли. Москва, издательский дом «Граница», 2006г.
3. Сальников А.Х., Шевченко Л.А. Нормирование потребления и экономия топливно-энергетических ресурсов // Энергоатомиздат, 1986г.
4. Васильев Г.П. Руководство по применению тепловых насосов с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: Изд. Дом «Граница». «Красная звезда». – 220 с. 2001 г.
5. Быков А.В. Холодильные машины и тепловые насосы; Повышение эффективности //Агропромиздат, 1988г.
6. Янтовский Е.И. Промышленные тепловые насосы. // Энергоатомиздат, 1989г.
7. Крылов В.А., Никитин А.А., Геотермальный теплообменник теплового насоса. Сборник докладов 17 научной конференции с международным участием ЕМФ 2012 г.
8. Никитин А.А., Баранов И.В., Черноозерский В., Крылов В.А. Учет неравномерности температурного поля в геотермальной скважине теплового насоса // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1.
9. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / под общ. Ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. М., 2004. 632 с. Кн. 4.
10. Никитин А.А., Муравейников С.С., Рябова Т.В., Крылов В.А. Разработка экспериментального стенда для исследования работы геотермального зонда теплового насоса. - Санкт-Петербург, 2015 г.
11. Тертышник, М.И. Экономика предприятия: учебно-методический комплекс: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Экономика" и другим экономическим специальностям] / М. И. Тертышник — Москва: ИНФРА-М, 2011г.

12. Трубочкина, М.И. Управление затратами предприятия: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 080507 "Менеджмент организации"] / М. И. Трубочкина — Изд. 2-е, испр. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2011 г.

13. Филатов С.О. Численное моделирование и анализ энергетических параметров теплового насоса с многотрубными вертикальными грунтовыми теплообменниками / Филатов С. О. // Экология и промышленность. – 2013, № 3. – С. 61–66.

14. Филатов С.О. Тепловой расчет вертикальных грунтовых теплообменников / Энергетика – Изв.высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2013. – № 4. – С. 81–90

15. Мацевитый, Ю.М., Тарасова, В.А., Харлампыди, Д.Х. Восстановление теплового потенциала грунта за счет выбора рациональных режимов работы теплонасосной системы // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену – 2012. Т. 1. – С. 736–739.

References

1. Krylov V.A., Nikitin A.A, Optimizatsiya sistem teplosbora dlya geotermal'nykh teplovykh nasosov. II Vserossiiskii kongress molodykh uchenykh. 9-12 aprelya 2013, Elektronnyi sbornik tezisov dokladov kongressa molodykh uchenykh, Vypusk 4 Teplofizicheskoe priborostroenie. Teoreticheskie osnovy teplo – i khladotekhniki, str. 10.

2. Vasil'ev G.P. Teplokhadosnabzhenie zdaniy i sooruzhenii s ispol'zovaniem nizkopotentsial'noi teplovoi energii poverkhnostnykh sloev zemli. Moskva, izdatel'skii dom «Granitsa», 2006g.

3. Sal'nikov A.Kh., Shevchenko L.A. Normirovanie potrebleniya i ekonomiya toplivno-energeticheskikh resursov // Energoatomizdat, 1986g.

4. Vasil'ev G.P. Rukovodstvo po primeneniyu teplovykh nasosov s ispol'zovaniem nizkopotentsial'noi teplovoi energii poverkhnostnykh sloev Zemli. – М.: Izd. Dom «Granitsa». «Krasnaya zvezda». – 220 s. 2001 g.

5. Bykov A.V. Kholodil'nye mashiny i teplovye nasosy; Povyshenie effektivnosti // Agropromizdat, 1988g.

6. Yantovskii E.I. Promyshlennyye teplovye nasosy. // Energoatomizdat, 1989g.

7. Krylov V.A., Nikitin A.A., Geotermal'nyi teploobmennik teplovogo nasosa. Sbornik dokladov 17 nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem EMF 2012 g.

8. Nikitin A.A., Baranov I.V., Chernoozerskii V., Krylov V.A. Uchet neravnomernosti temperaturnogo polya v geotermal'noi skvazhine teplovogo nasosa // Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2015. № 1.

9. Promyshlennaya teploenergetika i teplotekhnika: Spravochnik / pod obshch. Red. A.V. Klimenko, V.M. Zorina. М., 2004. 632 s. Kn. 4.

10. Nikitin A.A., Muraveinikov S.S., Ryabova T.V., Krylov V.A. Razrabotka eksperimental'nogo stenda dlya issledovaniya raboty geotermal'nogo zonda teplovogo naosa. - Sankt-Peterburg, 2015 g.

11. Tertyshnik, M.I. Ekonomika predpriyatiya: uchebno-metodicheskii kompleks: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Экономика" и другим экономическим специальностям] / М. И. Тertyshnik — Москва: ИНФРА-М, 2011 г.

12. Трубочкина, М.И. Управление затратами предприятия: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 080507 "Менеджмент организации"] / М. И. Трубочкина — Изд. 2-е, испр. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2011 г.

13. Filatov S.O. Chislennoe modelirovanie i analiz energeticheskikh parametrov teplovogo nasosa s mnogotrubnymi vertikal'nymi gruntovymi teploobmennikami / Filatov S. O. // *Ekologiya i promyshlennost'*. – 2013, № 3. – С. 61–66.

14. Filatov S.O. Teplovoi raschet vertikal'nykh gruntovykh teploobmennikov / Energetika – Izv.vyssh. учеб. заведений и энерг. об"единений СНГ. – 2013. – № 4. – С. 81–90

15. Matsevityi, Yu.M., Tarasova, V.A., Kharlampidi, D.Kh. Vosstanovlenie teplovogo potentsiala grunta za schet vybora ratsional'nykh rezhimov raboty teplonasosnoi sistemy // Tезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену – 2012. – Т. 1. – С. 736–739.