

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Экономический лицей ФГБОУ ВО

«РЭУ им. Г.В.Плеханова»

Исследовательская работа

на тему:

«Экономическая эффективность использования альтернативных источников энергии
для теплоснабжения загородного дома»

Работу выполнил:

Ученик 10-го класса

Экономического лицея ФГБОУ ВО

«РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Фоломеев Александр Геннадьевич

Научный руководитель:

доцент базовой

кафедры химии инновационных

материалов и технологий

РЭУ имени Г.В. Плеханова

к.т.н. Литвишко Валерий Семёнович

Москва

2020

Содержание

Аннотация.....	3
Введение.....	4
Анализ литературы.....	6
1. Виды альтернативных источников, потенциально применимых для теплоснабжения частного домовладения.....	9
1.1. Солнечная энергетика.....	9
1.2. Ветровая энергетика.....	11
1.3. Петротермальная энергетика.....	12
2. Извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды.....	14
2.1. Устройство теплового насоса.....	14
2.2. Виды тепловых насосов и их эффективность.....	14
3. Экономическая эффективность теплового насоса в загородном доме.....	16
3.1. Обоснование установки теплового насоса в загородном доме.....	16
3.2. Расчет экономической эффективности теплового насоса в загородном доме..	17
3.3 Сравнение экономической эффективности теплового насоса с отоплением дома с помощью магистрального газоснабжения.....	19
Заключение.....	22
Список литературы.....	23
Приложения.....	28

Аннотация

Меня очень интересуют экологические проблемы. Считаю, что в будущем всем странам придется использовать в топливно-энергетическом комплексе возобновляемые источники энергии, так как из-за применения углеводородного сырья с каждым годом экологическая ситуация на нашей планете ухудшается. Однажды я задался вопросом: как могу применить какой-нибудь источник альтернативной энергетики на практике и тем самым внести свой вклад в охрану окружающей среды и доказать экономическую эффективность возобновляемых источников энергии.

В теоретической части работы рассматриваются возможности применения различных видов альтернативных источников энергии: солнечной, ветровой, петротермальной и извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды, а также описывается устройство и принцип работы тепловых насосов.

В практической части работы изложен опыт и результаты собственного эксперимента по применению теплового насоса, как одного из источников возобновляемой энергии, для обеспечения отопления и горячего водоснабжения в частном загородном строительстве

На основе анализа изученной литературы, результатов проведенного практического эксперимента раскрыты положения гипотезы, решены задачи исследования, сформулированы основные выводы относительно получения экономического эффекта от применения теплового насоса в частном домовладении.

В будущем я хочу пропагандировать распространение и применение возобновляемых источников энергии, потому что их экологичность и экономическая выгода обязательно приведут к широкому распространению в России.

Введение

Да, человечество движется в сторону «зелёной» энергетики, это, безусловно, генеральный путь развития, правильный путь. Спрос на возобновляемую энергию растёт опережающими темпами по сравнению с энергией из традиционных источников.

В.В. Путин, Президент РФ [1]

В XXI веке невозможно представить жизнь современного человека без источников энергии. Традиционные источники энергии — нефть, газ, каменный уголь, дрова — со временем иссякнут. По некоторым оценкам это произойдет уже в ближайшие десятилетия.[2] Поэтому проблема перехода от традиционных углеводородных источников энергии к альтернативным становится с каждым годом всё более актуальной. И дело не только в том, что традиционные источники истощаются, хотя и этот аспект немаловажен, но существует еще и экологическая составляющая, так как сжигание углеводородного топлива приводит к вредным выбросам в атмосферу, создавая экологические проблемы для всего живого на планете. Поэтому так важно внедрять новые возобновляемые источники энергии, не связанные с углеводородным топливом.

Актуальность выбранной темы: развитие альтернативной энергетики и поиск новых источников энергии – главная мировая тенденция нового тысячелетия.

Объект исследования: возобновляемые источники энергии, пригодные для энергоснабжения загородного дома в Московской области.

Предмет исследования: практическое применение и экономическая эффективность использования теплового насоса для отопления дачного дома.

Цель исследования: показать экономическую эффективность тепловых насосов по сравнению с традиционным электро- и газовым отоплением, и перспективы их использования в загородном домостроении.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи:**

1. Изучить литературу и электронные источники информации об альтернативных источниках энергии, имеющих практическое значение для применения в частном домовладении в Подмосковье.

2. Рассмотреть возможность и эффективность применения тепловых насосов для теплоснабжения в частном загородном доме.

Гипотеза: если использовать тепловые насосы в загородном домостроении Московской области вместо традиционных источников отопления, то возможно получить существенную экономическую выгоду.

Методы: сбор, анализ и синтез информации об альтернативных источниках энергии, применимых в частном домовладении, дедуктивные методы, эксперимент по установке и измерению эффективности теплового насоса, сравнение с ранее использованным методом отопления, анкетирование.

Теоретическая значимость: исследована и дана оценка тем возобновляемым источникам энергии, которые могут быть применены в теплоснабжении загородного дома в Московской области, рассчитана экономическая целесообразность подключения теплового насоса по сравнению с газовым теплоснабжением.

Практическая значимость заключается в реализации эксперимента по замене традиционного источника отопления на источник возобновляемой энергии, основанный на извлечении низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды.

Анализ литературы

Альтернативная энергетика – очень популярная и актуальная сегодня тема, активно освещаемая во множестве отечественных и зарубежных источниках: книгах, журнальных публикациях, сетевых изданиях, различных сайтах.

Изучение данной темы я начал с нормативной и законодательной базы. Документом, определяющим цели и задачи долгосрочного развития энергетики Российской Федерации, а также механизмы государственной энергетической политики является «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» (утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р), в которой намечаются механизмы и этапы перехода от топливно-сырьевой к инновационной модели развития экономики. [3]

Курс, посвященный возобновляемым источникам энергии, изучается во многих высших и профессиональных учебных заведениях. В книге «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» под редакцией доктора технических наук В.В. Денисова [4] освещается современное состояние и перспективы развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии. В 3 главе «Извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды» описывается устройство, принцип работы и область применения теплового насоса. В пособии Ю.Д.Сибикина, М.Ю.Сибикина «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» [5] рассмотрены современное состояние и перспективы использования в России и за рубежом различных источников альтернативной энергии. В главе 8 описывается использование тепловых насосов в народном хозяйстве. В учебнике Р.В. Городова «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» [6] изложены основные направления развития возобновляемых источников энергии как возможной альтернативы традиционной энергетике, рассмотрены экологические проблемы нетрадиционной энергетике.

Таким образом, студенты, изучив различные аспекты альтернативных источников энергии, в дальнейшем смогут продвигать и отстаивать

целесообразность внедрения и развития нетрадиционных источников энергии в разных областях экономики.

Многие журналы, в том числе существующие только в онлайн-формате, публикуют актуальную информацию о возобновляемых источниках энергии, и о тепловых насосах, в частности, например, «Мир климата» [7], «Экология и жизнь» [8], «Метеорология и гидрология» [9], «Электрические станции» [10], «Альтернативная энергетика и экология» [11], «Наука и жизнь» [12].

В интернете можно найти огромное количество сетевых публикаций об альтернативной энергетике, в том числе и о тепловых насосах. Назову те сайты, материалы которых были для меня наиболее интересными, актуальными и полезными: Ассоциация развития возобновляемой энергетики [13], Российская ассоциация ветроиндустрии [14], Ассоциация солнечной энергетики России [15], ООО «АльтЭнерго» [16], ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики РФ [17].

Изучив большой массив литературы по альтернативной энергетике, составив банк данных источников и направлений по данной тематике, проведя анализ и систематизацию изученного материала, учитывая лимит объема работы, я определился с предметом и объектом своего исследования.

Я убежден, что, несмотря на то, что Россия является одним из мировых топливно-сырьевых лидеров, энергетическое благосостояние нашей страны должно зависеть не только от богатства ископаемых ресурсов, но и от вовлечения в хозяйственный оборот альтернативных источников энергии. Практически во всех регионах России имеется большой экономический потенциал различных типов возобновляемых источников энергии, что может способствовать сокращению объемов использования органического топлива, энергосбережению и улучшению экологической ситуации в стране. (Приложение 1)

В настоящее время этот колоссальный потенциал практически не используется. Доля возобновляемых источников энергии в топливном балансе России составляет менее 1 %. [19, с.5]

Поэтому так важно пропагандировать эффективность и необходимость внедрения возобновляемых источников энергии в России.

Миссия данной работы внести небольшой, но сильный вклад в дело популяризации возобновляемых источников энергии, а именно на конкретном примере показать их эффективность использования.

1. Виды альтернативных источников энергии, потенциально применимых для теплоснабжения частного домовладения в Подмосковье

Ученые и компании во всем мире активно работают над поиском возобновляемых источников, порой находя весьма оригинальные способы получения энергии. Приведу неполный список известных сегодня и используемых альтернативных источников энергии: солнечное излучение (гелиоэнергетика); энергия ветра (ветроэнергетика); водородная энергия; энергия рек и морей (гидроэнергетика); энергия приливов и отливов; энергия волн; геотермальная и петротермальная энергия; энергия малых рек (мини и микро ГЭС); рассеянная тепловая энергия: тепло воздуха, воды, океанов, морей и водоемов; энергия биомассы; извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды; грозовая энергетика (использование энергии молний); энергия вулканов; энергия биотоплива (древесины, растительного масла этанола, водорослей, органического мусора, сточных вод); мускульная энергия человека как источник энергии (подзарядка гаджетов во время езды на велосипеде, энерго-турникеты, энерго-двери, шаги по «умной» плитке); криоэнергетика (аккумулирование избыточной энергии посредством сжижения воздуха).

Из большого количества приведенных выше возобновляемых источников энергии в своей работе я рассмотрю четыре направления: солнечную энергетику, ветровую, петротермальную энергетику, извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды, потому что их возможно использовать физическому лицу для снижения энергозатрат на теплоснабжение дачного дома в Подмосковье.

1.1. Солнечная энергетика

Солнечная энергетика — одно из направлений альтернативной энергетики, преобразующее солнечное излучение для получения энергии в каком-либо виде.

Ежедневно на Землю поступает около $4,2 \times 10^{14}$ кВт*ч, а всем населением Земли в 2007 году было израсходовано (за год) 94×10^{12} кВт*ч. Таким образом, поступающая к нам солнечная энергия многократно превышает энергетические

потребности человечества.[5, с.83] На использование энергии солнечного света возлагаются большие надежды, потому что это возобновляемый ресурс, который не имеет отрицательных последствий для экологии нашей планеты.

Для преобразования солнечной энергии в другой вид энергии имеется несколько технологических способов: на основе солнечных коллекторов, с использованием «солнечной архитектуры», фотоэлектрических преобразователей, солнечных водонагревателей, при помощи термодинамических установок, монокристаллических, поликристаллических, тонкопленочных солнечных батарей, наноантенн.

Также ученые всего мира работают над разработкой накопителей солнечной энергии, так как это самая актуальная проблема гелиоэнергетики.

Развитие солнечной энергетики в мире набирает обороты. По оценкам PV Market Alliance (PVMA), мощность фотоэлектрических установок в 2018 году достигла 98 ГВт. Китай, Япония, США, Испания, Индия, Германия, Австралия – занимают лидирующие места в мире с точки зрения общей, уже установленной мощности фотоэлектрических установок.[21] Международное энергетическое агентство (МЭА) считает, что в период с 2019 по 2024 год мощность возобновляемой энергии увеличится на 50% благодаря солнечной энергии. [22]

У России тоже есть потенциал в сфере гелиоэнергетики. Благодаря богатым климатическим ресурсам, развитие солнечной энергетики в России является перспективным направлением. На карте солнечной активности на территории РФ (Приложение 2) мы видим, что до 65% территории России характеризуется средним и высоким уровнем солнечной активности.[23] Это не только Краснодарский край, Крым, Астраханская область, республики, входящие в Северо-Кавказский федеральный округ, но и Иркутская область, Алтай, Бурятия, Башкортостан.

Крупнейшая солнечная электростанция России по состоянию на 2019 год эксплуатируется в Крыму, это СЭС «Перово» мощностью 105,6 МВт. Высокую мощность имеют также Самарская СЭС (Самарская область) — 75 МВт, СЭС «Николаевка» — 69,7 МВт (Крым), Ахтубинская СЭС (Астраханская область) — 60 МВт, Фунтовская СЭС (Астраханская область) — 60 МВт .[24]

Развитие солнечной энергетики в России особенно актуально в перечисленных выше районах с высокой соляризацией, особенно там, где затруднена прокладка кабелей: в горной, сельской, островной местностях.

Использование солнечных батарей в качестве альтернативного источника энергии в Подмосковье нецелесообразно из-за недостаточного количества солнечных дней.[25] Поэтому я не стал рассматривать этот источник энергии для теплоснабжения загородного дома.

1.2. Ветровая энергетика

Современная ветроэнергетика использует два вида конструкций ветровых энергетических установок: вертикально-осевые, где применяется подъемная сила крыла, и горизонтально-осевые, в которых ось вращения ветроколеса расположена параллельно вектору скорости ветра.

Несмотря на недостатки (зависимость от климатических условий, высокая стоимость оборудования, шум и угроза для птиц), ветровая энергетика продолжает активно развиваться. К началу 2019 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов превысила 600 гигаватт. Среднее увеличение суммы мощностей всех ветрогенераторов в мире, начиная с 2009 года, составляет 38-40 гигаватт за год и обусловлено бурным развитием ветроэнергетики в США, Индии, КНР и ЕС [26]

Россия имеет богатую историю развития ветроэнергетики. Об этом можно познакомиться в Приложении (Приложение 3).

Сейчас ветроэнергетика не занимает заметного места в энергобалансе России, хотя природно-климатические условия позволяют рассматривать это направление как перспективное. (Приложение 4) Наиболее благоприятными районами для развития ветроэнергетики являются побережья и острова Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, побережья Черного и Азовского морей, нижней и средней Волги, предгорья Северного Кавказа, Алтай. ЗАО НПО «Нетрадиционная электроэнергетика» [28] разработало «Атлас ветропотенциала России» с программным обеспечением расчета потенциала выработки

электроэнергии для любой намечаемой строительной площадки и любого ветроэнергетического оборудования.

С начала XXI века наметились оптимистические тенденции в развитии российской ветровой энергетики. В 2004 году была создана Российская Ассоциация Ветроиндустрии (РАВИ), объединившая 160 компаний. РАВИ подвела итоги 2019 года, отметив значительные достижения в ветроиндустрии. Компания “Ветропарки ФРВ” ведет строительство трех ветропарков в Ростовской области – завершён монтаж 26 ветроустановок на Сулинской ВЭС. Завершился первый этап физического ввода в строй 13-ти ветроустановок компании “НоваВинд” в Адыгее. Компания “Энел Россия” приступила к строительству ветропарка в Азове, ведутся подготовительные работы на самом северном ветропарке в Мурманской области. [29]

У ветроэнергетики в России большое будущее, особенно в труднодоступных северных районах, в местностях с малой плотностью населения, где ограничен доступ к основным источникам энергии.

Размещать ветроустановки физическими лицами на земельных участках нецелесообразно из-за высоких инвестиционных затрат и большой зависимости от погодных условий.

1.3. Петротермальная энергетика

Петротермальная энергетика использует тепло сухих пород Земли на глубинах от 1 до 10 км. Этот способ получения электроэнергии основан на том, что с глубиной увеличивается температура пород и на уровне 2–3 км от поверхности Земли превышает 100°C.

Петротермальные ресурсы лидируют среди нетрадиционных источников энергии по потенциалу: в твердых сухих горячих породах заключено до 99% от общих ресурсов подземной тепловой энергии. Так, общий ресурс тепловой энергии на глубине 10 км в несколько тысяч раз больше тепловой способности всех известных запасов топлива на Земле.

Идею добычи энергии, заключенной в твердых породах, еще в 1914 году высказал Константин Циолковский, а в 1920 году петротермальную циркуляционную систему в горячем гранитном массиве описал Владимир Обручев.

Развитие петротермальной энергетики дает возможность получить доступ к практически неисчерпаемым энергетическим ресурсам и обеспечить энергонезависимость и автономное экологическое снабжение электроэнергией труднодоступные и малонаселенные районы, а также в районы с суровыми климатическими условиями, где особенно важно наладить надежное электроснабжение.

2. Извлечение низкопотенциальной теплоты из объектов окружающей среды

Перспективным решением проблемы широкого применения возобновляемых источников энергии является использование теплонасосных установок, которые способны эффективно извлекать низкопотенциальную теплоту из объектов окружающей среды.

2.1. Устройство теплового насоса

Тепловой насос - устройство, которое передает тепловую энергию от источника тепла к тепловому резервуару. Наиболее распространенная конструкция теплового насоса включает четыре основных компонента - конденсатор, расширительный клапан, испаритель и компрессор [Приложение 5].

Тепловой насос - это «холодильник наоборот», использующий физические свойства испаряющейся и конденсирующейся жидкости (хладагент). Тепловой насос сжимает хладагент, чтобы поглотить тепло из окружающей среды, и сбрасывает давление в помещении, где отдается тепло.

Рабочая жидкость в газообразном состоянии, находится под давлением и циркулирует через систему с помощью компрессора. На стороне нагнетания компрессора горячий, находящийся под высоким давлением пар охлаждается в теплообменнике, называемом конденсатором, до тех пор, пока он не конденсируется в жидкость с умеренным температурным режимом и высоким давлением. Конденсированный хладагент затем проходит через устройство понижения давления. Это может быть расширительный клапан, капиллярная трубка или вытяжное устройство, такое как турбина. Жидкий хладагент низкого давления затем поступает в другой теплообменник, испаритель, в котором жидкость поглощает тепло и кипит. Затем хладагент возвращается в компрессор, и цикл повторяется.

2.2. Виды тепловых насосов и их эффективность

Существует три типа тепловых насосов: грунтовые (геотермальные), воздушные и водяные. Принцип работы тепловых насосов одинаковый, но они отличаются по двум параметрам – откуда берут тепло (земля, воздух, вода) и куда отдают (воздух, вода).

Геотермальный тепловой насос использует тепло земли. Постоянная температура грунта повышает эффективность насоса и позволяет снизить расходы на эксплуатацию. Геотермальные насосы бывают вертикальные и горизонтальные.

У вертикальных насосов коллектор устанавливается вертикально в скважины глубиной до 100 м. (Приложение 6) Этот способ применяется при ограниченном размере земельного участка.

У горизонтальных тепловых насосов коллектор устанавливается в горизонтальных траншеях ниже глубины промерзания грунта. (Приложение 7) Этот способ наиболее эффективен при наличии достаточной площади участка или при отсутствии необходимой техники для бурения скважин.

Воздушный тепловой насос забирает тепловую энергию из окружающего воздуха и передает в дом. (Приложение 8) Существуют два типа насосов: воздух – воздух и воздух – вода. В первом случае конденсатор нагревает окружающий воздух. Во втором - конденсатор располагают внутри бойлера накопителя, соединенного с системой отопления и горячего водоснабжения. Типовой воздушный тепловой насос представляет собой сплит-систему с вентилятором под открытым небом и передаточной станцией с теплообменником в помещении.

Водный тепловой насос использует тепло водоемов (рек, озер). Вместе с тем, использование поверхностных вод как источников тепла ограничено с технической стороны расстоянием между источником и местом его использования. (Приложение 9)

На 1 кВт потраченной электроэнергии, выработка тепла составляет 3 - 5 кВт.[34] Таким образом, коэффициент преобразования энергии в тепловом насосе составляет от 300 до 500%.

Более того, чтобы получить киловатт электрической энергии и доставить её потребителю, на современных электростанциях нужно затратить порядка 2,5 кВт*ч тепловой энергии, то есть нужно сжечь 2,5 кг топлива, чтобы получить условный «килограмм электрического топлива». А если мы используем тот же «1 кг электрического топлива» при помощи теплового насоса, мы условно получим «5 кг

тепловой энергии». В итоге получается очень выгодное преобразование электрической энергии в тепловую. [35]

Кроме того, использование теплового насоса не только позволяет эффективно экономить средства при эксплуатации дома, но и заботиться о сохранении окружающей среды, снижать вредные выбросы в атмосферу, образующиеся в процессе работы тепловых электростанций.

Считаю, что существуют большие возможности использования экологически чистой природной энергии вокруг нас, и тепловой насос является наиболее эффективным средством реализации этого потенциала.

3. Экономическая эффективность использования тепловых насосов

Главное преимущество теплового насоса – это высокий коэффициент преобразования энергии. Примеры экономической эффективности использования тепловых насосов даны в Приложении (Приложение 10).

3.1. Обоснование установки теплового насоса в загородном доме

Изучив большой объем информации об альтернативных источниках энергии и практической возможности их применения для отопления загородного дома, я пришел к выводу, что наиболее оптимальным решением в моем случае будет использование теплового насоса.

Для климатических условий Московской области тепловые насосы представляют энергоэффективную альтернативу обогреву дачных домов с помощью электричества.

Я поставил перед собой задачу: уменьшить расход электроэнергии для отопления дома и нагрева воды на своем дачном участке, находящемся в поселке Воровского Ногинского района Московской области. На земельном участке размещается дом площадью 200 м² из газобетонных блоков, облицованный кирпичом. Поселок не газифицирован. Дом отапливается с помощью электричества, также электричество используется для нагрева и поддержания постоянной температуры воды для бытовых нужд в бойлере.

Для принятия окончательного решения об установке теплового насоса в загородном доме мне необходимо было собрать убедительные доводы для родителей, подтверждающие целесообразность такого решения.

В первую очередь, основной довод был связан с получением экономической выгоды от установки теплового насоса. Мои расчеты, приведенные в следующем разделе, показали, что высокие первоначальные затраты на его приобретение и установку окупаются за несколько лет и в последующем дают ощутимую выгоду.

Помимо этого, я посчитал нужным привести дополнительные аргументы. Тепловой насос обеспечивает экологически чистое отопление дома без вреда окружающей среде, так как не использует горючих веществ, что исключает возгорания. Плюсами теплового насоса являются его бесшумность, отсутствие посторонних запахов от топлива, исключение необходимости согласования теплового насоса в надзорных органах. Пожалуй, единственным минусом можно назвать существенные затраты на установку. Хотя, с другой стороны затраты – это скорее инвестиции, которые окупаются по сравнению с другими системами отопления.

3.2. Расчет экономической эффективности теплового насоса в загородном доме

После изучения данного вопроса, я решил использовать в своем доме воздушный тепловой насос в силу простоты его установки. Чтобы показать экономическую выгоду от установки теплового насоса, я выполнил следующий расчет для теплового насоса воздушного типа.

Для отопления 10 м² дома требуется мощность выделяемого тепла 0,7 кВт. Мощность установленного в настоящее время в доме электрического котла составляет 15 кВт. Котел работает 70% времени суток, что составляет 504 часов в месяц.

Продолжительность отопительного сезона 7 месяцев. Стоимость единицы электроэнергии для Московской области 3, 89 руб./кВт*ч.

Таким образом, ежегодные затраты на отопление составляют 205 858 руб. = $(3,89 * 15 * 504 * 7)$.

Кроме того, затраты на работу системы горячего водоснабжения составляют 400 кВт в месяц. Затраты в год равны 18 672 руб. = $(3,89 * 400 * 12)$.

Общая сумма затрат на отопление и горячее водоснабжение за год 224 530 руб. = $(205 858 + 18 672)$.

Для установки был приобретен инверторный сплит тепловой насос системы воздух – вода Hisseer AS15V/LF стоимостью 322 000 руб.

Мощность нагрева 15 кВт. Потребляемая мощность при обогреве 4,2 кВт. Можно вычислить коэффициент преобразования энергии, который равен $3,57 = (15 : 4,2)$

Стоимость установки и подключения теплового насоса в контур отопления, к которому ранее был подключен электрический котел, составила 45 000 руб.

Общие затраты на приобретение и установку теплового насоса составили 367 000 руб. = $(322 000 + 45 000)$.

Теперь рассчитаем наши расходы на отопление и горячее водоснабжение с использованием теплового насоса с учетом мощности при обогреве 4,2 кВт и коэффициенте преобразования энергии 3,57.

Стоимость отопления за год составила 57 640 руб. = $(3,89 * 4,2 * 504 * 7)$.

Стоимость горячего водоснабжения за год составила 5 230 руб. = $(3,89 * 400 / 3,57 * 12)$

Общие затраты на отопление и горячее водоснабжение составили 62 870 руб. = $(57 640 + 5 230)$.

Срок эксплуатации теплового насоса составляет 20 лет. По линейному способу расчета амортизации ежегодные расходы на амортизацию составят 18 350 руб. = $(367 000 : 20)$.

Я намеренно добавляю расчет амортизации в ежегодный расчет расходов на отопление, чтобы не подвергаться критике, в случае неучета последующих затрат на новое приобретение теплового насоса.

Стоимость затрат на отопление и горячее водоснабжение с учетом амортизации теплового насоса составляет 81 220 руб. $= (62870 + 18\,350)$.

Экономия за год на отоплении и горячем водоснабжении составила 143 310 руб. $= (224\,530 - 81\,220)$.

Срок окупаемости с учетом расходов, произведенных на приобретение и установку теплового насоса - 2 года и 7 месяцев $(2,56 = (367\,000 : 143\,310))$.

Таким образом, установка и эксплуатация теплового насоса в загородном доме показал, что расходы на отопление и горячее водоснабжение, по сравнению с использованием электричества, снизились в 3,5 раза. $(3,5 = 224\,530 : 62\,870)$

Таким образом, произведенное технико-экономическое обоснование и последующая практическая эксплуатация теплового насоса доказали экономическую эффективность его использования в нашем загородном доме.

Приведенный расчет подтверждается практической эксплуатацией теплового насоса.

3.3. Сравнение экономической эффективности теплового насоса с отоплением дома с помощью магистрального газоснабжения

Как я ранее отмечал, наш поселок не газифицирован и в перспективе также отсутствует возможность подведения магистрального газоснабжения. Поэтому установка теплового насоса как альтернатива газовому отоплению не рассматривалась.

В настоящей работе я решил также сравнить стоимость отопления дома с помощью теплового насоса и с использованием природного газа. Отопление частных домов с использованием магистрального газа признается самым дешевым способом отопления в России, поэтому проведение такого сравнения позволило бы сделать вывод о перспективах распространения тепловых насосов и в регионах, где имеется магистральное газоснабжение.

Для производства 1 кВт*ч тепловой энергии расходуется примерно 0,1 м³ газа. [38]

Стоимость природного газа в Московской области составляет 5,523 руб./м³. Таким образом, стоимость 1 кВт*ч тепловой энергии, полученной при сжигании природного газа, составит 0,55 руб. ($0,55 = (5,523 * 0,1)$).

В соответствии с параметрами, указанными в разделе 1.4.5, рассчитываем стоимость отопления дома и горячего водоснабжения за год.

Стоимость отопления 29 106 руб. $= (0,55 * 15 * 504 * 7)$.

Стоимость горячего водоснабжения 2 640 руб. $= (0,55 * 400 * 12)$.

Общая стоимость отопления и горячего водоснабжения составляет 31 746 руб. $= (29 106 + 2 640)$.

Таким образом, стоимость отопления тепловым насосом на 31 124 руб. $= (62 870 - 31 746)$ больше стоимости отопления природным газом или в относительном измерении больше в 1,98 раза $= (62 870 : 31 746)$.

Разумеется, если дом отапливается природным газом, собственник не будет переходить на отопление тепловым насосом по финансовым соображениям. Но, если возводится новый дом в газифицированном поселке или в поселке подводится магистральное газоснабжение к ранее построенным домам, следует оценить экономическую целесообразность подведения газоснабжения или установки теплового насоса.

Стоимость технологического присоединения к газовой сети и установка газоотопительного оборудования в частном домовладении в Московской области оценивается около 700 000 руб., а в некоторых случаях и больше. Собственнику необходимо оплатить: подготовку проектной геоподосновы (план топографии участка), разработку, согласование и регистрацию проекта газоснабжения, подготовку эксплуатационно–технической документации, работы по присоединению и эксплуатационной сдаче газопровода, установку газоотопительного оборудования и прочее. [39]

Отметим, что при подключении теплового насоса отсутствует необходимость оформления и регистрация соответствующей разрешительной документации.

Таким образом, экономия средств при подключении теплового насоса по сравнению с присоединением к газовой сети составит 333 000 руб. $= (700 000 -$

367 000). Большие затраты на установку газового отопления (333 000 руб.) по сравнению с установкой теплового насоса, учитывая ежегодную экономию при отоплении газом (31 124 руб.), окупятся только за 10,5 лет= $(333\ 000:31\ 124)$.

Вместе с тем, собственник может получить гораздо большую экономическую выгоду, отказываясь от газового отопления в пользу теплового насоса. Высвобожденные денежные средства собственник может инвестировать на фондовом рынке, например, купив соответствующие российские акции в пропорции веса акции в индексе Мосбиржи.

Так, среднегодовая доходность индекса Московской биржи без учета выплаты дивидендов за последние 15 лет составила 18,6% годовых. [40] Что позволит на ежегодно сэкономленные и инвестированные 333 000 руб. получать доход 61 938 руб.= $(333\ 000*18,6\%)$. А дополнительно учитывая среднюю дивидендную доходность индекса Мосбиржи в 5%, ежегодный доход с учетом выплаченных дивидендов($16\ 650\ \text{руб.} = 333\ 000*5\%$) составит 78 588 руб.= $(61\ 938+16\ 650)$.

Таким образом, помимо экономии средств при установке теплового насоса собственник дополнительно получает ежегодный доход 47 464 руб.= $(78\ 588-31\ 124)$, если даже учитывать завышенные затраты на отопление тепловым насосом, по сравнению с газовым в сумме 31 124 руб.

Приведенные расчеты показывают, что при умении собственника рационально распоряжаться свободными денежными средствами, инвестируя в инструменты фондового рынка, экономически целесообразнее устанавливать тепловой насос, чем осуществлять подключение газового отопления.

Заключение

Низкий уровень газификации регионов остается одной из главных проблем российского топливно-энергетического комплекса. По итогам 2018 года в городах и поселках городского типа уровень газификации составил 72%, в сельской местности - 59,2%. [41]

Поэтому для России сегодня актуальна проблема отопления домохозяйств, так как большая территория нашей страны находится в зоне с суровыми и неблагоприятными климатическими условиями. Данную проблему можно решить с помощью тепловых насосов, извлекающих низкопотенциальную теплоту из объектов окружающей среды.

Установка и эксплуатация теплового насоса в моем загородном доме показали, что расходы на отопление и горячее водоснабжение по сравнению с использованием электричества, снизились в 3,5 раза (расчет см. выше). Кроме того, расчеты показывают экономическую целесообразность установки теплового насоса по сравнению с подключением газового теплоснабжения.

К сожалению, информированность населения о способе отопления помещений с использованием тепловых насосов весьма низкая. Я провел анкетирование 50 жителей поселка Воровского Ногинского района Московской области с целью выяснить: какие способы отопления загородного частного дома им известны. Тепловой насос оказался самым малоизвестным способом отопления частного домовладения, из 50 опрошенных его назвал только 1 человек, что составляет 2% от числа принявших участие в анкетировании. (Приложение 11)

Считаю, что необходимо популяризировать и распространять сведения о тепловом насосе, как об эффективном, экономичном и экологически чистом способе отопления.

Тепловым насосом заинтересовались многие соседи на даче, в июне 2020 года я планирую выступить с докладом о тепловом насосе и его эффективности для загородных частных домов на собрании дачного посёлка с целью популяризации тепловых насосов среди населения.

Список литературы

1. Мировой энергетический конгресс в Стамбуле. /Материалы сессии 23-го Мирового энергетического конгресса, 10 октября 2016 год. - URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/53062> (дата обращения 04.10.2019) - Текст: электронный.
2. В Минэнерго сказали, на сколько лет хватит запасов нефти и газа, 24 сентября 2019 года/ Сообщение ТАСС - URL: <https://tass.ru/ekonomika/6922936> (дата обращения 19.11.2019) – Текст электронный.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 13.11. 2009 г. № 1715-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009.- №48.- Ст. 5836.
4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие/ под.ред.В.В.Денисова. – Ростов н/Д: Феникс, 2015. – 382 с.
5. Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие/ Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин. – 2 изд., стер. – М.: КНОРУС, 2017. - 240 с.
6. Городов Р.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В.Городов, В.Е.Губин, А.С.Матвеев – 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.- 294 с.
7. Мир климата. [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <https://mir-klimata.info/>, свободный.
8. Экология и жизнь. [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <http://www.ecolife.ru/>, свободный.
9. Метеорология и гидрология. [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <http://www.mig-journal.ru/>, свободный.
10. Электрические станции. [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <http://www.elst.energy-journals.ru/index.php/elst>, свободный.

11. Альтернативная энергетика и экология. (*ISJAEЕ*). [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <https://www.isjaee.com/jour>, свободный.
12. Наука и жизнь. [Электронный ресурс] - Электрон. журн. - Режим доступа: <https://www.nkj.ru/>, свободный.
13. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. - URL: <https://rreda.ru/>
14. Российская ассоциация ветроиндустрии . - URL: <https://rawi.ru/>
15. Ассоциация солнечной энергетики России. - URL: <http://pvruussia.ru/>
16. ООО «АльтЭнерго» . - URL: <http://www.altenergo.su/about/info/>
17. ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики РФ . - URL: <http://rosenergo.gov.ru/>
18. Шеповалова О.В. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий / О.В. Шеповалова // Ползуновский вестник. – №2/2. – 2011.
19. Обзор возможностей для внедрения возобновляемой энергетики в РФ. /Экозащита. Доклад . - URL: <http://ru.boell.org/sites/default/files/ree-report-2013.pdf> (дата обращения 12.09.2019). – Текст электронный.
20. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) - URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/> (дата обращения 21.10.2019). – Текст электронный.
21. Пресс-релиз PV Market Alliance (PVMA). - URL: <https://www.pvmarketalliance.com/press-release/> (дата обращения: 29.12.2019). - Текст:электронный.
22. Международное энергетическое агентство – URL : <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (дата обращения 02.01.2020) - Текст электронный.
23. Возобновляемые источники энергии в энергетике газовой отрасли. – URL: <https://nipom.ru/media/news/vozobnovlyayemye-istochniki-energii-v-energetike-gazovoy-otrasli-2> (дата обращения 12.10.2019). – Текст:электронный.

24. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2018 году. – URL: https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2019/ups_rep2018.pdf (дата обращения 29.11.2019). – Текст: pdf.
25. Власти Подмосковья: использовать солнечные батареи неэффективно. – URL : <https://ria.ru/20101020/287541749.html> (дата обращения 21.08.2019). – Текст электронный.
26. Ветроэнергетика. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0> (дата обращения 10.10.2019) - Текст: электронный.
27. Перспективы ветроэнергетического рынка в России. Март 2017. – URL: <https://www.wwindea.org/wp-content/uploads/2017/06/170612-FES-Windenergie-rus-print.pdf> (дата обращения 01.10.2019). - Текст: pdf.
28. ЗАО НПО «Нетрадиционная электроэнергетика». – URL: <http://corp-eeek.ru/index.php?do=static&page=%CD%E5%F2%F0%E0%FD%EB> (дата обращения 09.10.2019) – Текст электронный.
29. Российская ассоциация ветроиндустрии. Приходит новый 2020 год. - URL: <https://rawi.ru/2019/12/prihodit-novyiy-2020-god/> (дата обращения 02.01.2020) – Текст электронный.
30. Энергетика в России и в мире. 12 фактов о петротермальной энергии. 21.01.2016 – URL : <https://peretok.ru/articles/freezone/17554/> (дата обращения 12.11.2019) – Текст электронный.
31. Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы // Материалы II Международной конференции. 27-30 сентября 2010г. / Под ред. д.т.н. А.Б.Алхасова - Махачкала: ИП Овчинников (АЛЕФ), 2010. - 448 с.
32. Отопление частного дома с помощью теплового насоса. – URL : <http://obogrevguru.ru/otoplenie-chastnogo-doma-s-pomoshhyu-teplovogo-nasosa.html> (дата обращения 02.11.2019) – Текст электронный.
33. Теловой насос для дома. – URL : <https://clever-energy.ru/%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8>

- [В%D0%B5-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%8B/](#) (дата обращения 01.11.2019) – Текст электронный.
34. Воздушный тепловой насос: устройство и возможности. – URL : <https://avtonomnoeteplo.ru/altenergiya/286-vozdushnyy-teplovoy-nasos-dlya-otopleniya-doma.html> (дата обращения 01.11.2019) – Текст электронный.
35. Тепловые насосы для эффективных домов. – URL : <https://www.c-ok.ru/articles/teplovye-nasosy-dlya-energoeffektivnyh-domov> (дата обращения 04.11.2019) – Текст электронный.
36. Анализ и опыт применения геотермальных насосов в России. – URL : <http://www.energsovet.ru/stat919.html> (дата обращения 04.11.2019) – Текст электронный.
37. Использование тепловых насосов для повышения энергоэффективности теплоснабжения потребителей. – URL : http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=38 (дата обращения 05.11.2019) – Текст электронный.
38. Экономное отопление. – URL : <https://bagan.ru/articles/409100> (дата обращения 06.11.2019) – Текст электронный.
39. Совет инженера. Сколько стоит подключение газа к частному дому: цена организации поставки газа. – URL : <https://sovet-ingenera.com/gaz/standart/skolko-stoit-podklyuchenie-gaza-k-chastnomu-domu.html> (дата обращения 11.11.2019) – Текст электронный.
40. Всё про акции. Какова доходность акций российских компаний. – URL : <https://place.moex.com/useful/kakova-dokhodnost-aktsiy-rossiyskikh-kompaniy?list=vse-pro-aktsii> (дата обращения 04.01.2020) – Текст электронный.
41. Общий объем инвестиций в газификацию субъектов РФ. – URL : <https://neftegaz.ru/news/gazoraspredelenie/201992-po-itogam-2018-g-uroven-gazifikatsii-rossii-prirodnym-gazom-sostavit-68-7/> (дата обращения 06.12.2019) – Текст электронный.

42. Тепловые насосы российского производства. – URL :
<https://vteple.xyz/teplovyye-nasosyi-rossiyskogo-proizvodstva/>(дата обращения
30.12.2019) – Текст электронный.

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т у.т./год	Технический потенциал, млн. т у.т./год		Экономический потенциал, млн. т у.т./год	
		2010	2020	2010	2020
Солнечная энергия	2 205400	9695	29900	62,5	180
Энергия ветра	44326	2216	3324	11	18
Малая гидроэнергетика	402	126	160	70	91
Энергия биомассы	467	129	170	69	88
Геотермальная энергия	29200	11869	1300	114	125
Низкопотенциальное тепло (тепловые насосы)	563	194	220	53	70
ИТОГО по ВИЭ	2 251158	24229	35074	320	572

Таблица 1. Оценка потенциала возобновляемых источников энергии РФ [18, с3]

В 1930-е годы в России был создан первый в мире научно-исследовательский центр энергии ветра. В 1931 г. в СССР в Крыму около г.Балаклава начала работать опытная ветроэлектрическая установка (ВЭУ) Д-30. В том же 1931 году в Курске была построена ветроэлектростанция Уфимцева, первая в мире ветроэлектрическая станция с инерционным аккумулятором, являющаяся сегодня объектом культурного наследия федерального значения.

В 40-50-е гг. было выпущено более 40 тыс. ветродвигателей средней мощностью 50-100 кВт, которые с большой эффективностью применялись в колхозах и совхозах. После энергетического кризиса 1973 года для экономии топливно-энергетических ресурсов в СССР была принята Государственная программа развития ветроэнергетики. В конце 80-х годов в СССР была спроектирована и построена отечественная ВЭУ «Радуга-1. Однако низкие цены на нефть и изменение социально-экономических отношений в России в связи с политическими событиями 90-х годов XX века прервало развитие ветроэнергетической отрасли в России. [27]

принцип работы теплового насоса

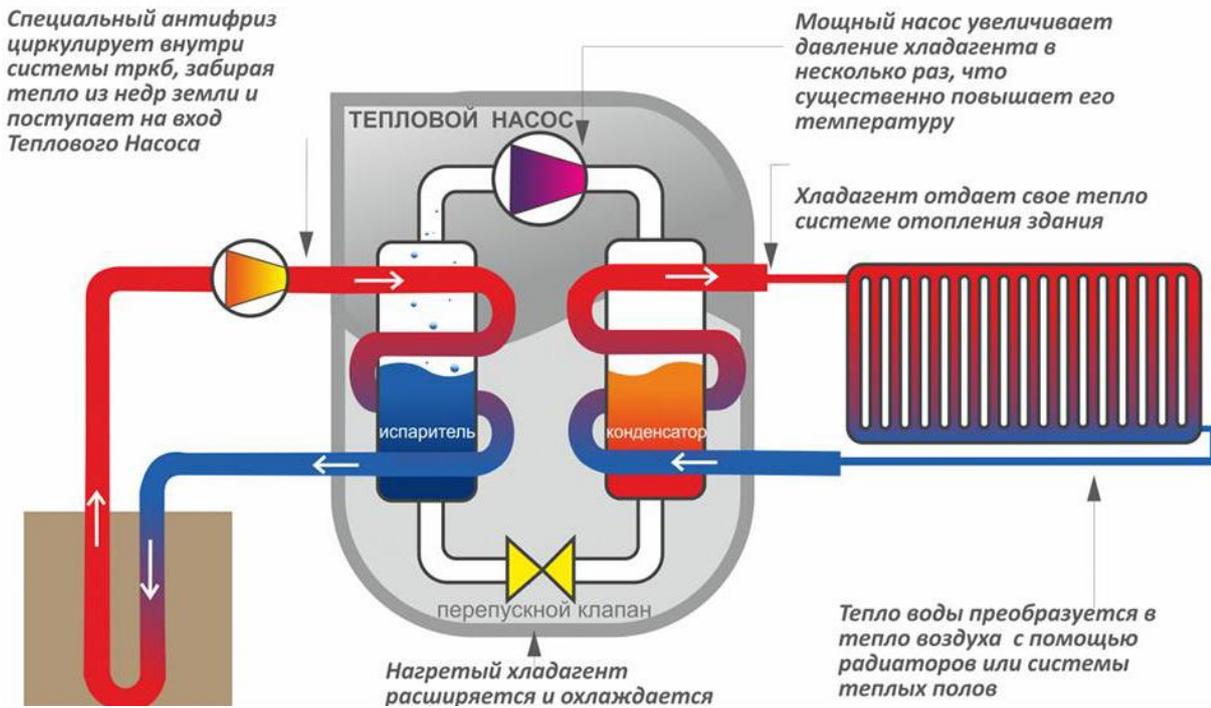


Схема 1. Принцип работы теплового насоса.[32]



Рис. 1. Геотермальный вертикальный тепловой насос. [33]



Рис. 1. Геотермальный горизонтальный тепловой насос. [33]



Рис. 1. Воздушный тепловой насос. [33]



Рис. 1. Водяной тепловой насос. [33]

Примеры экономической эффективности использования тепловых насосов

Помимо исследования принципов и производительности работы тепловых насосов я также изучил реальные примеры использования теплового насоса в отоплении загородного дома.

Так, в 2014 году реализован проект для промышленного здания в Твери, где отапливаемый объем составил 6000 м³. Первоначальные вложения: 2 300 000 руб. Использование тепла в год: 360 МВт. Затраты на отопление электричеством (было): 1 580 000 руб./год. Затраты на отопление тепловым насосом (стало): 350 000 руб./год. Экономия: 1 230 000 руб./год. Окупаемость: 2 года. [36]

В 2009 году в Наро-Фоминском районе Московской области построен уникальный жилой комплекс «Первомайское», состоящий из пяти трехэтажных монолитных жилых домов, которые снабжаются теплом и горячей водой полностью за счет использования теплоты грунта. Альтернативой газовой магистрали стало использование тепла земли с помощью системы геозондов и теплового насоса. Стоимость установки данной системы, по сравнению со стоимостью подведения газа к объекту, давала экономию в 12 раз! На территории комплекса размещены 800 геозондов. Эксплуатационные затраты при использовании тепловых насосов на 10-15% ниже, чем при сжигании газа. . [37]

Я привел лишь два примера успешного использования тепловых насосов в Российской Федерации, хотя их намного больше.

Полагаю, что в ближайшем будущем использование тепловых насосов в Российской Федерации в жилищном строительстве будет развиваться.

Проведено анкетирование среди 50 жителей поселка Воровского Ногинского района Московской области с целью выяснить, какие способы отопления загородного частного дома им известны.

Вопрос анкеты: Какие способы отопления загородного частного дома Вам известны?

Результаты анкетирования:

№	Способ отопления	Количество ответивших (чел.)	Процент от количества опрошенных (%)
1	Электричество	50	100
2	Дрова	50	100
3	Газ магистральный	50	100
4	Уголь	50	100
5	Дизельное топливо	47	95
6	Газгольдер	32	64
7	Топливные брикеты	28	56
8	Пеллеты	19	38
9	Тепловой насос	1	2

Вывод: Тепловой насос – самый малоизвестный способ отопления частного домовладения, его назвал из 50 опрошенных только 1 человек, что составляет 2% от числа опрошенных.