

Университет Правительства Москвы

VI Конкурс исследовательских и проектных работ обучающихся образовательных
организаций Москвы и Московской области

«Мегаполис XXI века – город для жизни» в 2021/2022 учебном году

Конкурсная работа

На тему: «Эффективный способ отопления частного дома»

Выполнена: учащимся 8 «А» класса

МБОУ «Лицей №2» г.о.Ступино Московской области

Минаевым Егором Дмитриевичем

Подпись _____



Научный руководитель работы:

Зотова Елена Владимировна

Руководитель: Арефина Светлана Викторовна

МБОУ «Лицей №2» г.о.Ступино Московской области



Москва

2021 – 2022

Отзыв

на исследовательскую работу учащегося 8 «А» класса МБОУ «Лицей №2»
городского округа Ступино Московской области

Минаева Егора Дмитриевича

На тему: «Эффективный способ отопления частного дома».

Данное исследование по математике предназначено для определения наиболее эффективного способа отопления загородного дома. Работа представляет собой самостоятельное исследование, в котором удалось добиться решения поставленных целей и задач, но и получить дополнительные прикладные знания по теплотехнике, эффективности капитальных инвестиций, почувствовать себя экономистом и показать, что взвешенный и вдумчивый подход в проектировании энергосистем домовладений позволяет значительно экономить бюджет и минимизировать экологический след.

Данная работа имеет большую практическую значимость: при выборе системы отопления необходимо учитывать доказанный факт: отопление электричеством более эффективно (по сравнению с другими источниками), сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу, что благоприятно сказывается на качестве жизни, минимизирует вред здоровью и окружающей среде.

В ходе выполнения работы Егор изучил справочную литературу о способах отопления загородных домов, собрал информацию о средней температуре в отопительный период, рассмотрел различные типы отопления, виды топлива; определил максимальную мощность котла (с учетом запаса мощности); рассчитал средний годовой расход энергии на отопление для компенсации теплопотерь. Также Егор ознакомился с опытом людей, которые отапливают свои дома различными способами, рассчитал стоимость капитальных вложений на организацию отопления дома и оценил размер периодических расходов, период их окупаемости. Обработанная информация представлена в виде таблиц и графиков. Сделаны выводы по каждому пункту.

Содержание работы соответствует целям и задачам исследовательской работы. Работа состоит из: введения, основной части, заключения, списка использованной литературы и приложения.

В начале своей работы Егор выдвинул гипотезу: отопление частного дома электричеством экономически выгоднее по сравнению с отоплением сжиженным газом или дизельным топливом. По итогам работы автор полностью подтвердил свою гипотезу.

Руководитель работы:  Зотова Елена Владимировна.

АННОТАЦИЯ

Данное исследование по математике предназначено для определения наиболее эффективного способа отопления загородного дома.

В своей работе я использовал практические и теоретические знания в области теплотехники, математического моделирования возможных сценариев.

Исследование направлено на расширение знаний в области математики, получения навыков в области финансирования бизнес-моделей и получение начальных знаний по анализу периода окупаемости капитальных вложений. В ходе выполнения работы я дополнительно изучал материалы по эффективности финансирования предприятий, расчету расходов на содержание и обслуживание, безопасности энергетических систем, экологии и параллельно размышлял на тему того, что современный человек должен быть не только хорошо образован, но и должен разбираться в различных тонкостях взаимодействия разных дисциплин.

Работа представляет актуальное самостоятельное исследование, в котором удалось добиться не только решения поставленных задач и целей, но и получить дополнительные прикладные знания по теплотехнике, эффективности капитальных инвестиций, а также получить удовольствие в работе над проектом, почувствовать себя экономистом и показать, что взвешенный и вдумчивый подход в проектировании энергосистем домовладений позволяет значительно экономить бюджет и минимизировать экологический след.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	7
2.1 Этап 1 - Сбор информации, расчет системы отопления	7
2.2 Этап 2 – Посещение домовладений с различным способом отопления .	18
2.3 Этап 3 – Оценка капитальных затрат на систему отопления	19
2.4 Этап 4 – Оценка ежегодных расходов на отопление дома	23
2.5 Этап 5 - Анализ периода окупаемости капитальных вложений.....	25
3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	28
5. ПРИЛОЖЕНИЕ.....	29

ВВЕДЕНИЕ

У нашей семьи есть дачный дом в селе, которое не газифицировано, поэтому мы не имеем возможности отапливать наш дом с помощью магистрального газа в холодные периоды. Наши соседи используют разные способы отопления своих домов: с помощью дров или каменного угля, с помощью электричества. На момент, когда мы построили свой дом, способ отопления с помощью электричества для нас оказался неприемлемым ввиду нестабильности электрического напряжения, поэтому мы выбрали отопление на дизельном топливе.

Прошло 10 лет, изменились внешние условия, и я задумался, какой же способ отопления является наиболее эффективным с точки зрения текущих расходов, а также капитальных вложений в необходимое оборудование.

В настоящее время все более популярной становится тема устойчивого развития, экологически чистые источники энергии приобретают все большее значение. Электричество можно отнести как раз к таким, но насколько это выгодно по сравнению с дизельным отоплением или привозным сжиженным газом? Я решил экспериментально-математическим путем выяснить экономическую выгоду и период окупаемости различных систем теплоснабжения частного дома.

Тема моего исследования: Эффективный способ отопления частного дома

Цель исследования: Определить наиболее эффективный способ отопления загородного дома.

Гипотеза: Отопление частного дома электричеством экономически выгоднее по сравнению с отоплением сжиженным газом или дизельным топливом

Задачи:

1. Изучить справочную литературу о способах отопления загородного дома, освежить знания по физике тема Теплотехника.
2. Познакомиться с опытом людей, имеющих разные способы отопления дома.

3. Рассчитать стоимость капитальных вложений на организацию отопления дома.
4. Оценить размер периодических расходов.
5. Рассчитать период окупаемости системы отопления.
6. Рассчитать эффект экономии семейного бюджета в долгосрочной перспективе.
7. Проанализировать полученные результаты. Сделать вывод о наиболее эффективном способе отопления

Для решения поставленных задач я определил **методы исследования**:

- Сбор информации в сети Интернет, в научной и популярной литературе.
- Интервью с владельцами домов с различным способом отопления.
- Математический анализ данных (расходы, доходы, период окупаемости)
- Анализ полученной информации, вывод

Краткий результат: отопление частного дома с помощью сжиженного газа экономически выгоднее отопления дизельным топливом, но наиболее выгодным и эффективным является способ отопления частного дома с использованием электричества при многотарифном учете электроэнергии. Отопление с помощью электрического котла не только позволяет значительно сэкономить семейный бюджет, но и снижает вредные и опасные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и минимизирует тепловое загрязнение окружающей среды.

Практическая значимость моего исследования заключается в том, что не только моя семья, но и многие мои соседи, которые сомневались в выгоде отопления частного дома электричеством, теперь, полагаясь на результаты моего исследования, могут взвешенно подойти к вопросу отопления и отказаться от неэффективных источников энергии, таких, как дизельное топливо или сжиженный газ, сокращая свой экологический след. Учитывая тенденции в переходе на возобновляемые, “зеленые” источники энергии в нашей стране и в мире,

капитальные инвестиции в электрическое отопление и в будущем будут оправданными и экономически эффективными, так как запасы нефти не безграничны, и, следовательно, продукты нефтепереработки, в том числе дизельное топливо, будут дорожать по мере истощения запасов сырой нефти.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Этап 1 – Сбор информации, расчет системы отопления

Приступая к исследованию темы по отоплению загородного дома я задался целью ознакомиться с тем, какие системы отопления бывают в принципе, как производить их расчет, почему есть потери тепла, сколько по времени длится отопительный период, какие виды топлива или энергии могут быть задействованы для теплогенерации. Ниже изложены основные выводы из полученной из разных источников информации.

Определение отопительного периода, средней температуры в отопительный период и критических температур зимой.

Отопительный период - среднее статистическое число суток в году, когда средняя суточная температура наружного воздуха устойчиво равна и ниже 8°C или 10°C в зависимости от вида здания (п. 3.14 СНиП 23-02-2003)

Используя данные с интернет-сайта <https://climate-energy.ru> я узнал, что обычно зимой в Подмосковье, г. Кашира (ближняя точка измерений у моему дому) температура может опускаться до $-20-28^{\circ}\text{C}$ на непродолжительное время (до 5-7 дней). Средняя температура (минимальная, максимальная, норма) представлена ниже на графике 1.

График 1 - Средняя температура по месяцам по г.Кашира, Московская область.



Из представленной статистики видно, что норма средней температуры зимой не опускается ниже -12°C , фактическая средняя температура крайне редко опускается ниже -17°C (красная черта).

СНиП 23-01-99 «Строительная климатология и геофизика» содержит климатические и критические параметры холодного периода года для г. Кашира и г. Москва (см таблицу 1)

Таблица 1 - климатические параметры холодного периода года для г. Кашира и г. Москва

Город	Температура воздуха наиболее холодных суток, $^{\circ}\text{C}$	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, $^{\circ}\text{C}$	Абсолютная минимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность, суток, и средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$, периода со средней суточной температурой воздуха					
				$<0^{\circ}\text{C}$		$<8^{\circ}\text{C}$		$<10^{\circ}\text{C}$	
				Продолжительность, суток	средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность, суток	средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Продолжительность, суток	средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$
Кашира	-32	-27	-44	147	-6,7	212	-3,4	229	-2,5
Москва	-32	-28	-42	145	-6,5	214	-3,1	231	-2,2

Вывод: Средняя температура воздуха самой холодной пятидневки не опускается ниже -27°C . данные Таблицы 1 и Графика 1 следует принимать для последующих расчетов.

Типы системы отопления

Для нагрева помещений в отопительный сезон можно использовать электрические обогреватели, установленные в каждой комнате, а можно смонтировать систему централизованного отопления, где для нагрева теплоносителя используется котел. В таблице 2 представлены плюсы и минусы каждого их типов отопления.

Таблица 2 – сравнение типов отопления

Тип	Плюсы	Минусы
Независимые обогреватели в каждой комнате	<ul style="list-style-type: none"> • Можно управлять температурой в каждой комнате отдельно • При выходе из строя отдельного обогревателя это не сильно сказывается на общей эффективности отопления 	<ul style="list-style-type: none"> • Требуется мощная и отдельная электропроводка в каждую комнату • Каждый отдельный обогреватель дороже радиатора на теплоносителя • Перегрев/высушивание воздуха из-за того, что регулирование возможно только по температуре. Мощность всегда постоянная и максимальная • Возможен переизбыток мощности, которую невозможно ограничить • Сложная и дорогая система удаленного управления отдельными нагревателями.
Система централизованного отопления с общим котлом	<ul style="list-style-type: none"> • Запас по мощности котла можно использовать для нагрева горячей воды и можно запасать энергию в теплоаккумуляторах • Отдельные радиаторы на теплоносителя дешевле независимых электрообогревателей 	<ul style="list-style-type: none"> • При выходе из строя котла, риск потери тепла во всем доме • Более сложная система для монтажа • Риск протечек • Требуется отдельная система автоматики безопасности и управления

	<ul style="list-style-type: none"> • Простое и эффективное регулирование по мощности и температуре, в т.ч. удаленно • Более гибкая система управления и регулирования для домов с площадью более 100 м² 	<ul style="list-style-type: none"> • В отдельных случаях требуются дополнительные системы дымоудаления
--	--	---

Вывод: Для расчета в рамках исследования я возьму дом, площадью около 200 м² с центральной системой отопления: так смогу пренебречь системой отопления, установленной в комнатах, и сосредоточусь на сравнении экономической эффективности системы генерации тепла на разных видах топлива.

Виды топлива и теплотворная способность

Получить тепло для нагрева теплоносителя можно разными способами:

- Сжигая в специальных водогрейных котлах: дрова/производные из дерева пеллеты (спрессованные отходы деревообрабатывающей промышленности), уголь, дизельное топливо, сжиженный газ (СУГ), природный (магистральный) газ.
- Преобразуя электрическую энергию в тепловую Трубчатыми Энергонагревателями (ТЭНами)

Поскольку я хочу отапливать дачный дом в не газифицированном селе, где мы не можем присутствовать постоянно, то отопление на дизельном топливе, сжиженном газе или с помощью электричества полностью удовлетворяют моим целям (автономность, дистанционное управление отоплением), и я остановил свой выбор именно на этих видах топлива.

Итак, сжигая дизельное топливо или сжиженный газ в котле мы получаем тепло, которое можем направить на нагрев теплоносителя. Количество выделяемого тепла зависит от теплотворной способности топлива.

Теплотворная способность (удельная теплота сгорания) - основной показатель топлива, характеризует количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива массой 1 кг или объёмом 1 м³ (1000 л).

Удельную теплоту сгорания можно найти в справочниках, в учебнике физики, но там приведены данные на 1 кг топлива. Также значения удельной теплоты сгорания можно найти в Википедии и на сайте <http://thermalinfo.ru>. Стоит отметить, что мы покупаем дизельное топливо или сжиженный газ в литрах, и чтобы перевести литры в килограммы нам надо знать плотность каждого вида топлива и использовать формулу, где $1\text{л} = 1\text{кг}/\text{плотность}$. Плотность топлива также можно найти в справочниках или в учебнике физики.

Более того, для сравнения дизельного топлива с электричеством нам надо привести теплоту сгорания к кВт, учитывая из курса физики, что $1\text{кВт} = 3,6\text{МДж}$.

В электрических котлах ТЭНы имеют постоянное сопротивление, и нагреваясь они преобразуют электрическую энергию в тепловую. Мощность электрического котла определяется по формуле $P = \frac{U^2}{R}$, где U – напряжение сети, а R - сопротивление.

В Таблице 3 представлено сравнение дизельного топлива, сжиженного газа по удельной теплоте сгорания, цене на 1 кВт. Так как мы можем использовать разные тарифы при оплате электроэнергии, то я приведу данные по каждому тарифу.

Таблица 3 – Удельная теплота сгорания топлива и цены за кВт каждого вида топлива

Топливо	Цена за литр	Плотность, кг/л	Цена за кг	Удельная теплота сгорания		Цена за 1 кВт, руб.
				МДж/ 1 кг	кВт/1 кг	
Дизельное топливо	53	0,85	62,35	43,6	12,11	5,14
Сжиженный газ (СУГ)	24	0,546	43,96	43,8	12,16	3,61
Электричество один тариф	-	-	-	-	-	4,15

Электричество два тарифа	День	-	-	-	-	-	4,77
	Ночь	-	-	-	-	-	1,85
Электричество три тарифа	Пик	-	-	-	-	-	5,4
	Полупик	-	-	-	-	-	4,15
	Ночь	-	-	-	-	-	1,85

Вывод: стоимость за 1 кВт энергии зависит от удельной теплоты сгорания топлива или от тарифа.

Определение максимальной мощности котла

При расчете будущей системы отопления частного дома необходимо определить мощность котла для компенсации тепловпотерь дома в самые сильные и продолжительные морозы, поддерживая при этом комфортную температуру внутри (+22°C). Тепло дома теряется из-за теплопроводности через стены и окна (10-15%), через крышу и вентиляцию (25-30%), через пол и подвал (10-15%).

Для определения мощности будущего котла надо знать тепловпотери дома, самую низкую температуру окружающей среды в месте домовладения, коэффициент полезного действия котла

Обычно принято считать, что средние тепловпотери домов со средним утеплением, при условии -28°C на улице и +22°C в помещениях дома, составляют 90-110 Вт на м² общей площади. Я принял в расчет средние значения тепловпотерь, а именно 100 Вт/м² при -28°C, так как для сравнения систем между собой точные значения большой роли играть не будут.

Из таблицы 1 мы видим, что самая холодная пятидневка в г. Кашира в отопительном периоде имеет среднюю температуру воздуха -27°C.

Однако расчет максимальной мощности котла лучше сделать при условии суточной температуры -32°C, как наиболее вероятный сценарий по низкой

температуре (см Таблицу 1). Таким образом, если средние теплопотери дома при -28°C равны 100 Вт/м^2 , то для -32°C они будут равны 108 Вт/м^2 .

$$\text{Теплопотери максимальные} = \frac{(22\text{гр.С}-(-32 \text{ гр.С})) * 100 \text{ Вт/м}^2}{(22\text{гр.С}-(-28 \text{ гр.С}))} = 108 \text{ Вт/м}^2$$

Используя полученные данные несложно посчитать, что для отопления дома, площадью 200 м^2 при уличной температуре -32°C требуется 216000 Вт энергии (или $21,6 \text{ кВт}$). Для расчёта мощности котла требуется учесть его КПД.

Исходя из полученных значений несложно подобрать котел требуемой мощности. Расчет представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Определение мощности котла

Тип котла	Теплопотери дома, кВт	КПД котла	Требуемая мощность котла, кВт
Дизельный	21,6	90	24
Сжиженный газ	21,6	90	24
Электрический	21,6	99	21,8

Кроме этого из полученных вычислений можно сделать вывод, что для отопления 10м^2 площади дома со средним утеплением требуется $1,2-1,09 \text{ кВт}$ энергии. Я остановил свой выбор на котлах, представленных в Таблице 5, так как их характеристики удовлетворяют расчетным, а цена-качество оптимальная. Для дизельного котла и для котла, работающего на сжиженном газе, требуется соответствующая горелка. Для электрических котлов горелка не нужна. Для дизельного котла и для котла, работающего на сжиженном газе требуется дымоход. В среднем это около 50 тыс руб за материалы и монтаж (суммарно).

Таблица 5 – Варианты котлов

Тип котла	Котел				Горелка		Дымоход	Итого
	Модель	Мощность, кВт	КПД	Цена, руб	Модель	Цена, руб	Цена, руб.	руб.

Дизельный	<u>ACV, NI</u>	25	90	87 000	<u>Lamborgh ini ECO 3R</u>	34 300	50 000	171 300
Сжиженный газ	<u>ACV, NI</u>	25	90	87 000	<u>Lamborgh ini EM 3- E.D1</u>	63 000	50 000	200 000
Электрический	Protherm , Scat	24	99	80 000	-	-	-	80 000

Вывод:

- Мощность котла подбирается в зависимости от теплопотерь и мощность должна компенсировать теплопотери в самую низкую суточную температуру с учетом КПД котла.
- Для отопления 10м² площади дома со средним утеплением требуется 1,2-1,09 кВт энергии

Определение запаса мощности котла и его применение

Принимая во внимание мощность котлов из Таблицы 5, теплопотери дома и требуемую мощность при различных уличных условиях (Таблица 6, Таблица 7, График 1), можно посчитать запас и излишки мощности (Таблица 8) и предположить, что излишки мощности можно использовать для подогрева воды горячего водоснабжения или запасать в теплоаккумуляторах с последующим использованием для хозяйственных нужд или для компенсации пиковых температур.

Таблица 6 – теплопотери дома при различных уличных условиях

	Уличная температура					
	-2,5 ⁰ С	-3,4 ⁰ С	-17 ⁰ С	-27 ⁰ С	-28 ⁰ С	-32 ⁰ С
Теплопотери на м ² , Вт	49	50,8	78	98	100	108
Теплопотери дома, площадью 200 м ² , кВт	9,8	10,2	15,6	19,6	20	21,6

Таблица 7 – мощность котла при различных уличных условиях, с учетом КПД

Тип котла	Требуемая мощность котла, кВт, при					
	-2,5 ⁰ С	-3,4 ⁰ С	-17 ⁰ С	-27 ⁰ С	-28 ⁰ С	-32 ⁰ С
Дизельный, Сжиженный газ	10,9	11,3	17,3	21,8	22,2	24
Электрический	9,9	10,3	15,8	19,8	20,2	21,8

График 2 – Требуемая мощность котла в зависимости от уличной температуры

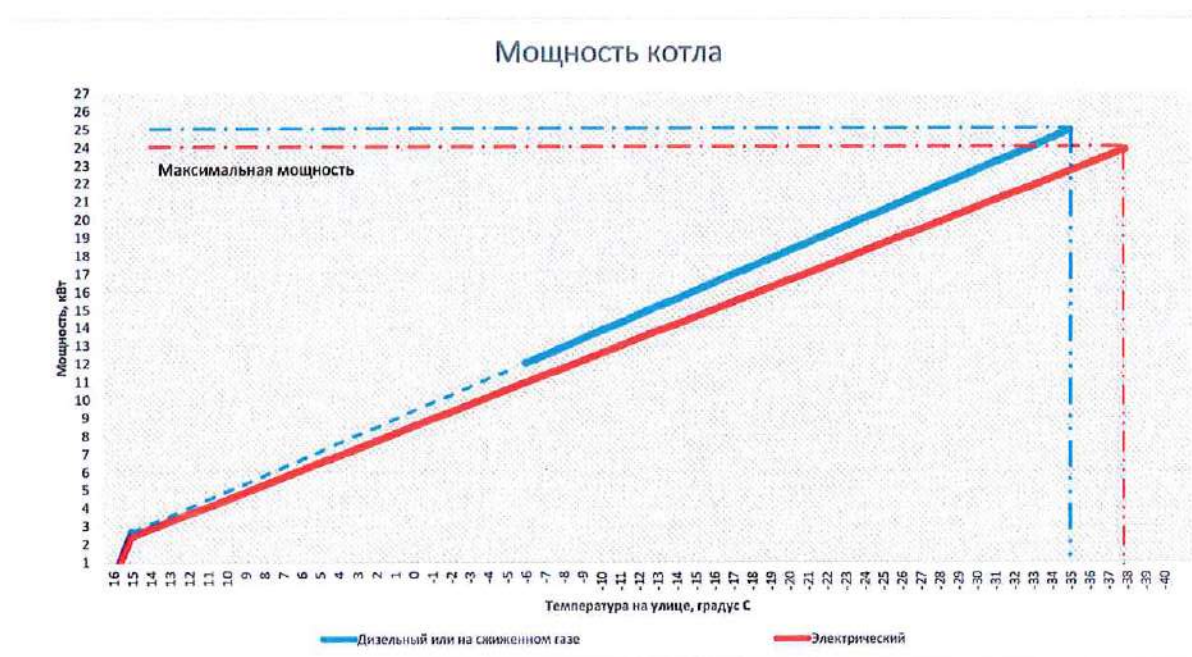


Таблица 8 – запас мощности котлов при различных условиях

Тип котла	Температура улицы, ⁰ С	Мощность, кВт			Запас мощности в %
		Требуемая	Максимальная	Запас мощности	
Дизельный, Сжиженный газ	-2,5	10,9	25	14,1	56%
	-3,4	11,3		13,7	55%
	-17	17,3		7,7	31%
	-27	21,8		3,2	13%
	-32	24		1	4%
Электрический	-2,5	9,9	24	14,1	59%
	-3,4	10,3		13,7	57%

	-17	15,8		8,2	34%
	-27	19,8		4,2	18%
	-32	21,8		2,2	9%

На Графике 2 видно, что мощности электрического котла должно хватить для компенсации теплопотерь до -37°C .

Избыточную мощность можно запастись с помощью теплоаккумуляторов. Это актуально при отоплении электрическим котлом, так как можно использовать тепло, которое получено ночью, при более дешевом тарифе и расходуя его в пиковые часы, когда тариф самый дорогой (см Таблицу 3).

Пиковый тариф разбит на 2 части – с 7 утра до 10 утра и с 17^{00} до 21^{00} . Самый длинный промежуток – это 4 часа, с 17^{00} до 21^{00} .

Из курса физики мы знаем, что удельную теплоемкость воды принято считать равной $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$ (Учебник Физики, автор А.В Перышкин, Таблица 1, стр. 25).

Используя формулу $Q=cm(t_2-t_1)$ (где Q-количество теплоты (кДж) для нагревания тела, массой 1 кг на 1 градус; c - удельная теплоемкость вещества, для воды – $4200 \text{ Дж}/\text{кг}^{\circ}\text{K}$; m – масса тела, кг; t_2 и t_1 – конечная (t_2) и начальная (t_1) температура тела) можно вычислить объем теплоаккумулятора, который необходим для поддержания тепла в доме в течение 5 часов при -17°C на улице и выше (из Графика 1 видно, что это наиболее частый сценарий).

Котел позволяет нагреть воду в теплоаккумуляторе до 80°C , это конечная температура. При этом, если вода в теплоаккумуляторе остынет до 40°C , то эффективность радиаторной системы отопления резко снижается. Возьмем это значение как начальную температуру. Данные по требуемой мощности при -17°C возьмём из Таблицы 8. Таким образом, для компенсации теплопотерь в течение 4 часов (с 17^{00} до 21^{00}) и при уличной температуре -17°C требуется $15,8 \cdot 4 = 63,2$ кВт, или 227,52 МДж энергии. Вычислим требуемый объем теплоаккумулятора:

$$227\,520\,000 \text{ Дж} = 4200 \text{ Дж} \cdot x \cdot (80 - 40),$$

$$x = \frac{227\,520\,000}{4200 * 40} = 1354 \text{ кг}$$

Учитывая, что теплоноситель есть в системе отопления и в самом котле, то можно считать, что теплоаккумулятора емкостью 1500 л будет достаточно.

Вывод: Запас мощности можно эффективно использовать для запаса тепла в теплоаккумуляторе, который позволит полностью исключить использование самой дорогой энергии в пиковые часы при уличной температуре не ниже -17°C .

Средний годовой расход энергии на отопление для компенсации теплопотерь

Используя данные Таблиц 1 и 7 можно посчитать суммарную мощность для компенсации теплопотерь при различных условиях и для поддержания в доме температуры $+22^{\circ}\text{C}$. Полученные значения приведены в таблице 9.

Таблица 9 – требуемая мощность в течение отопительного периода

Тип котла	Температура улицы, $^{\circ}\text{C}$	Отопительный период, суток	Мощность, кВт		
			час	сутки	всего
Дизельный, Сжиженный газ	-2,5	229	10,9	261,6	59906,4
	-3,4	212	11,3	271,2	57494,4
Электрический	-2,5	229	9,9	237,6	54410,4
	-3,4	212	10,3	247,2	52406,4

В дальнейших расчетах я буду применять наихудший сценарий по затратам, т.е. затраты, когда отопительный сезон длится 229 дней при средней температуре $-2,5^{\circ}\text{C}$.

Вывод: Требуемая мощность на отопительный сезон зависит от средней температуры в течение сезона, количества дней в сезоне и КПД котла. Чем ниже КПД, тем больше требуется дополнительной мощности.

Этап 2 – Посещение домовладений с различным способом отопления

Я побывал в гостях у двух своих знакомых, живущих в частных домах, чтобы узнать о реальном опыте отопления домов, сопутствующих особенностях и мощности установленных у них котлов. Результаты визитов представлены в Приложении.

Вывод: в результате посещений домовладений я подтвердил, что для отопления 10м² площади дома со средним утеплением требуется около 1,2 кВт энергии. Также я узнал, что:

1. Срок службы газгольдера обычно 20 лет, с необходимостью периодического осмотра или освидетельствования.
2. Максимальный срок службы газгольдера – 45 лет
3. Цена на сжиженный газ зависит от сезона, разница в цене может достигать 30%
4. 1 раз в 3-4 года требуется откачивать конденсат, если покупать газ низкого качества по дешевой цене.
5. На подключение к электросетям мощных устройств (свыше 15 кВт) взимается дополнительная плата, требуется специальная проводка.
6. Мощность может быть ограничена напряжением в электросети (при падении напряжения мощность также падает).

Этап 3 – Оценка капитальных затрат на систему отопления

Затраты на отопление дома могут быть двух видов – разовые (еще их называют капитальными – они происходят в период покупки и монтажа систем отопления) и периодические (оплата топлива и затраты на обслуживание систем):

- Капитальные затраты: котел, трубы для теплоносителя, горелки и дымоход, системы безопасности, радиаторы отопления, теплоаккумулятор, насосы, краны и вентили, емкости для хранения топлива, электрический кабель кабель для подключения и прочее оборудование.
- Периодические расходы: оплата топлива, обслуживание котла, оплата расходных материалов (фильтры, прокладки) и т.д.

Рассмотрим их подробнее.

Капитальные затраты

В Таблице 5 указаны подходящие котлы. Однако для них требуются емкости для хранения топлива. В случае подключения электродкотла нам требуется подходящий электрокабель.

Стоимость емкостей зависит от объема хранимого топлива, стоимость кабеля зависит от мощности котла.

Для оценки объема емкостей для хранения годового запаса топлива, требуется исходить из теплотворной способности топлива. Используя данные таблиц 3 и 9 получились результаты, представленные в Таблице 10.

Таблица 10 Требуемый объем емкости для топлива

Тип котла	Годовая Мощность, кВт	Удельная теплота сгорания, кВт/1 кг	Плотность, кг/л	Объем требуемой емкости, м ³
Дизельный	59906,4	12,11	0,85	5,8
Сжиженный газ	59906,4	12,16	0,546	9,0

Емкости, объемом 10м^3 для хранения газа вполне хватит на целый год.

Емкость для дизельного топлива буду подбирать по объему, стоимости и методу размещения (подземное или напольное расположение) (см Таблицу 11).

Таблица 11 Стоимость емкостей для разных видов топлива.

Тип котла	Объем требуемой емкости, м^3		Цена за шт., руб.	Количество штук	Цена монтажа и вспомогательного оборудования, руб.	Итог, руб.
Дизельный	Напол.	1	16000	6	3000	<u>99 000</u>
	Подзем.	3	63000	2	30000	<u>156 000</u>
Сжиженный газ	10		340000	1	110000	<u>450 000</u>

Цена на дизельное топливо имеем меньший разброс по ценам в течение года, поэтому можно выбрать самый дешевый вариант и совершенно спокойно обойтись 2 емкостями по 1м^3 , но подвозить топливо в этом случае придется чаще (1 раз в месяц). В этом случае общая цена требуемых емкостей будет около 35000 рублей.

Для электрических котлов требуется кабель необходимой длины и соответствующего диаметра (требования по сечению кабеля указаны в документах к котлу). Кроме этого требуются дополнительные расходы на подключение к электросетям, на автоматику безопасности и на монтаж кабеля и котла (см Таблицу 12).

Таблица 12 - расходы на монтаж и подключение электрического котла

Тип котла	Кабель, цена за метр, руб.	Длина, м	Цена присоединения, монтажа кабеля и вспомогательного оборудования, руб.	Итог, руб.
Электрический	800	40	42000 (присоединение) +10000(монтаж) +8000(оборудование безопасности)	92 000

Стоимость теплоаккумулятора и вспомогательного оборудования указана в Таблице 13. В таблице 14 представлены итоговые капитальные затраты из Таблиц 5, 11,12,13 на монтаж и подключение котлов, с учетом дополнительных затрат.

Таблица 13 – стоимость теплоаккумулятора, вспомогательного оборудования и монтажа

Тип оборудования	Цена за ед, руб	Количество	Итоговая стоимость, руб
Теплоаккумулятор Hajdu, 1500л.	<u>90 500</u>	1	90 500
Теплоизоляция Hajdu для теплоаккумуляторов Hajdu 1500л	<u>30 500</u>	1	30 500
Вспомогательное оборудование	15 000	комплект	15 000
Монтаж	20 000	1	20 000
Итого			156 000

Таблица 14 – общие капитальные затраты

Тип котла	Стоимость оборудования и дополнительных затрат					Итого, руб
	Котел, руб.	Горелка+ дымоход, руб.	Тепло-аккумулятор, руб.	Емкость для топлива, руб.	Доп. Затрат, руб.	
Дизельный	87 000	34 300 +50000 =84300	-	32000	3000	206300
Сжиженный газ	87 000	63 000 +50000 =113000	-	340000	110000	650000
Электрический	80 000	-	-	-	92000	172000
Электрический	80 000	-	156000	-	92000	328000

Вывод: Из таблицы 14 видно, что дороже всего обойдется покупка и монтаж оборудования для отопления дома котлом, работающем на сжиженном газе – 650 тыс рублей. При этом цена за 1 кВт при отоплении газом самая низкая – 3р. 61к. Капитальные затраты для отопления дома котлом, работающем на электричестве с использованием теплоаккумулятора оказались почти в 2 раза

ниже затрат для отопления сжиженным газом, но на 59% дороже затрат для отопления дизельным топливом. При этом цена за 1кВт может быть разной - в зависимости от времени суток она колеблется от 1,85р до 5,14р. Если не покупать теплоаккумулятор, то капитальных затрат будет меньше, но мы не сможем исключить использование котла при максимальном тарифе в пиковые часы. Окончательное решение можно принять тогда, когда мы посчитаем, сколько будет стоить отопление дома в течение сезона и за какой период времени разница тарифов позволит окупить те или иные капитальные затраты.

Этап 4 - Оценка ежегодных расходов на отопление дома

Для оценки затрат при многотарифном учете электроэнергии надо усреднить значение двухтарифного и трехтарифного режимов и понять целесообразность установки теплоаккумулятора, чтобы исключить потребление энергии в пиковые часы. Средняя цена за 1кВт*ч. представлены в Таблице 15.

Таблица 15 средняя цена за 1кВт электроэнергии

Тип учета	Название, время действия	продолжительность		Цена, руб. за кВт*ч	Средняя цена, руб. за кВт*ч
		Часов	Итого		
Электричество, один тариф	круглосуточно	24	24	4,15	4,15
Электричество, два тарифа	T1 (День), с 7 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	16	16	4,77	$\frac{(4,77*16+1,85*8)}{24} = 3,80$
	T2 (Ночь), с 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	8	8	1,85	
Электричество, три тарифа	T1 (Пик), с 7 ⁰⁰ до 10 ⁰⁰	3	7	5,4	<u>С пиковым тарифом:</u> $\frac{(5,4*7+4,15*9+1,85*8)}{24} = 3,75$
	T1 (Пик), с 17 ⁰⁰ до 21 ⁰⁰	4			
	T2 (Полупик), с 10 ⁰⁰ до 17 ⁰⁰	7	9	4,15	<u>Без пикового тарифа:</u> $\frac{(4,15*9+1,85*8)}{17} = 3,06$
	T2 (Полупик), с 21 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	2			
	T3 (Ночь), с 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	8			

Используя данные Таблиц 3, 9 и 15 можно посчитать ежегодные затраты на отопление дома. В расчетах затрат на отопление при использовании теплоаккумулятора надо принять во внимание, что в течение 30 дней котел будет работать со средней мощностью 17,8кВт*ч (из таблицы 8 берем значения мощности при температурах -17⁰С и до -27⁰С и усредняем $\frac{15,8+19,8}{2} = 17,8$ кВт), или $17,8*24*30 = 12816$ кВт суммарно. Следовательно, в оставшиеся дни отопительного сезона будет затрачено $54410,4$ (за сезон) $-12816=41594,4$ кВт, или в среднем $209,02$ кВт в сутки ($41594,4/199=209,02$ кВт/сут)

Из Таблицы 16 можно сделать вывод, что теплоаккумулятор окупится примерно за 5 лет, расчет: $\frac{156000}{(206759,5-175338,9)} = \frac{156000 \text{ (кап.затраты)}}{31420,7 \text{ (разница тарифов)}} = 4,96$

Таблица 16 Средние ежегодные затраты

Тип отопления	Ср.цена 1 кВт	Отопительный период	Мощность, кВт, сутки	Мощность, кВт, сумма	Стоимость, руб, отоп.период
Дизельный	5,14	229 дней	261,6	59906,4	307918,9
Сжиженный газ	3,61		261,6	59906,4	216262,1
Электрический (один тариф)	4,15		237,6	54410,4	225803,2
Электрический (два тариф)	3,8		237,6	54410,4	206759,5
Электрический (три тарифа)	3,75 (30 дней)		427,2	12816	175338,9
	3,06 (199 дней)		209,02	41594,4	

Вывод: самые большие ежегодные расходы при отоплении дома дизельным топливом.

Стоимость отопления электрическим котлом по одностарифному или двухтарифному учету сравнимо с отоплением на сжиженном газе (+/- 5%) и зависит от тарифа. Самый дешевый способ отопления – отопление электрическим котлом по трехтарифному учету, с использованием теплоаккумулятора для минимизации работы котла в пиковые часы.

Этап 5 – Анализ периода окупаемости капитальных вложений

Для того, чтобы принять окончательное решение, есть ли более выгодное отопление по сравнению с отоплением на сжиженном газе, надо сравнить капитальные затраты и ежегодные затраты, посмотреть период окупаемости (разница в капитальных затратах отнесенная к разнице в тарифах по отношению к отоплению на сжиженном газе) и сравнить период окупаемости со сроком эксплуатации газгольдера (20 лет). Результаты в Таблице 17.

Таблица 17 Окупаемость капитальных затрат

Тип отопления	Капитальные затраты, руб.	Разница в капитальных затратах, руб.	Ежегодные затраты, руб.	Разница в ежегодных затратах, руб.	Окупаемость, лет.
Дизельный	206300	443700	307918,9	91656,8	4,84
Сжиженный газ	650000	-	216262,1	-	-
Электрический (один тариф)	172000	478000	225803,2	9541,1	50,1
Электрический (два тариф)	172000	478000	206759,5	-9502,6	не окупается
Электрический (три тарифа)	328000	322000	175338,9	-40923,2	не окупается

Выводы:

1. Несмотря на то, что оборудование для отопления на сжиженном газе на 443700 руб (в 3,15 раз) дороже дизельного, оно окупится примерно за 5 лет за счет более дешевого топлива.
2. Любой вариант отопления электричеством будет выгоднее, чем отопление на сжиженном газе, в т.ч из-за срока службы газгольдера (40-45 лет максимум).
3. Самый экономичный вариант отопления – отопление на электричестве по трехтарифному учету электроэнергии, с установкой теплоаккумулятора для минимизации работы котла по самому дорогому тарифу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В своей работе я показал, что правильный расчет на основе статистики и моделирование возможных опций позволяет выбрать оптимальный вариант отопления частного дома, обеспечить дом теплом в самые сильные морозы и использовать возможность системы отопления для экономии семейного бюджета, тем самым подтвердил свою гипотезу о том, что «Отопление частного дома электричеством экономически выгоднее по сравнению с отоплением сжиженным газом или дизельным топливом».

Я воспользовался знаниями в области математики, физики, рекомендациями в области теплотехники и учел наилучшие практики. Также я познакомился с реальным опытом отопления частных домов, получил от них много полезных советов, которые помогли мне разобраться в поставленной задаче и учесть особенности расчета систем отопления.

Рассмотрев и сравнив несколько вариантов систем отопления, я пришел к выводу о том, что, большие капитальные затраты могут быстро окупаться за счет разницы в цене на энергоносители или тарифы, или не окупаться вовсе. Наиболее выгодным вариантом является использование самого дешевого топлива или тарифа, что в том числе обеспечивается установкой дополнительных систем аккумуляции и использования тепла при невысокой начальной стоимости капитальных инвестиций. В моем случае это отопление на электричестве по трехтарифному учету электроэнергии, с установкой теплоаккумулятора для минимизации работы котла по самому дорогому тарифу.

Практическая значимость моего исследования заключается в том, что не только моя семья, но и многие мои соседи, которые сомневались в выгоде использования электроэнергии для отопления частного дома, теперь, полагаясь на результаты моего исследования, смогут принять окончательное решение для

выбора системы отопления или переделать существующие системы отопления для уменьшения будущих затрат. Моя семья решила перейти на отопление электричеством и отказаться от дизельного топлива. Кроме этого, использование электричества для отопления дома сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу, что благоприятно сказывается на качестве жизни, минимизирует вред здоровью и окружающей среде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев А. А. Отопление дома. Расчет и монтаж систем. Издательство: Аделант, 2009–120 стр
2. Зеликов В.В. Справочник инженера по отоплению, вентиляции и кондиционированию. Тепловой и воздушный баланс зданий. Издательство: Инфра-инженерия, 2011 – 624стр
3. Копко В. М. Теплоснабжение Издательство: АСВ , 2012 – 336стр
4. Перышкин А.В. Физика, 8 класс, учебник. Издательство: Дрофа, 2017 – 238стр
5. Строительные Нормы и Правила Российской Федерации, СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003
6. Строительные Нормы и Правила Российской Федерации СНиП 23-02-2003. Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004
7. Интернет-сайт «Температура воздуха и характеристики» [Ссылка](#)
8. Интернет-сайт «Котлы отопительные напольные» [Ссылка](#)
9. Интернет-сайт «Горелка жидкотопливная Lamborghini Calor ECO 3» [Ссылка](#)
10. Интернет-сайт «Горелка газовая Lamborghini Calor EM 3-E.D1» [Ссылка](#)
11. Интернет-сайт «Емкости для топлива наземные» [Ссылка](#)
12. Интернет-сайт «Емкости для топлива подземные» [Ссылка](#)
13. Интернет-сайт «Газгольдеры» [Ссылка](#)
14. Интернет-сайт «Теплоаккумуляторы» [Ссылка](#)

ПРИЛОЖЕНИЕ

Вопросы для интервью с владельцами домов с разным типом отопительных котлов.

Результаты

	Вопрос	Первый владелец	Второй владелец
Затраты	Тип котла	На сжиженном газе	Электрический
	Площадь дома, мощность котла	270 м ² , 32 кВт	110 м ² , 15кВт
	Затраты на оборудование (без радиаторной сети)	580 тыс руб	57 тыс руб
	Затраты в сезон на отопление	170 тыс руб	90 тыс руб
	Дополнительные затраты	На горелку и дымоход – около 110 тыс руб	На подключение, если требуется мощность более 15 кВт – от 42 тыс руб
Особенности	Топливо	Цена зависит от сезона, летом дешевле примерно на 30%	Есть разные тарифы, можно исключить дорогой тариф за счет теплоаккумулятора
	Сложность обслуживания системы	Требуется периодическая откачка конденсата и освидетельствование газгольдера	Требуется периодическая проверка контактов
	Дополнительные особенности	Топливо требуется привозить, качество топлива может быть разное	Мощность зависит от качества энергии

Фото котлов:

Фото 1– Дизельный котел



Фото 2 – Емкости для дизельного топлива



Фото 3 - Электрический котел

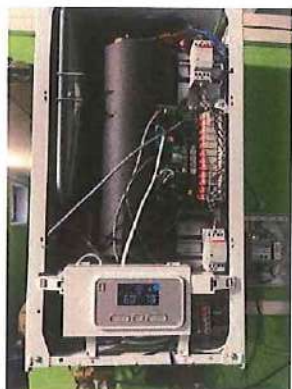


Фото 4 – Электрический котел и теплоаккумулятор

