



Исследование эффективности использования различных
типов обогревателей и бытовых систем отопления

Резюме

В данном исследовании было произведено сравнение различных типов обогревателей и систем отопления для частного дома. Сравнение проводилось между обогревателями, которые можно использовать в качестве прямого электрического отопления (инфракрасные обогреватели, электрические конвекторы, тёплые полы, плнтусные обогреватели, масляные батареи) и различными системами водяного отопления (дизельное, пеллетное, дровяное, угольное, электрическое, газовое).

В результате сравнения, были выявлены наиболее выгодные решения для отопления дома.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Обзор различных бытовых систем отопления | 3 |
| Сравнение различных типов систем прямого электрического отопления | 5 |
| Инфракрасные обогреватели | 5 |
| Электрические конвекторы | 8 |
| Масляные обогреватели | 10 |
| Тёплые полы | 11 |
| Обогреватели плнтусного типа | 12 |
| Сравнение обогревателей различного типа | 14 |
| Сравнение различных систем отопления | 17 |
| Дизельное отопление | 18 |
| Пеллетное отопление | 19 |
| Дровяное и угольное отопление | 20 |
| Электрическое водяное отопление | 21 |
| Электрическое прямое отопление плнтусными обогревателями | 22 |
| Газовое отопление | 23 |
| Какой тип отопления самый экономичный? | 24 |

Обзор различных бытовых систем отопления

Качественное отопление является базовым видом благоустройства жилья. Однако, как показывают результаты переписи населения РФ 2010, центральным отоплением обеспечены лишь 63% частных домохозяйств, проживающих в индивидуальных домах и квартирах, причём, для сельской местности данный показатель составляет менее 16%.

35% домохозяйств самостоятельно решают вопрос отопления своих домов и квартир за счёт установки индивидуальных систем отопления. Это связано как с недостаточным распространением систем центрального отопления, так и с высокой стоимостью использования центрального отопления (в целом, по данным Росстата, в структуре коммунальных платежей доля затрат по теплоснабжению можно оценить в 60-65% от коммунальных расходов). В настоящем документе будет произведено сравнение различных систем отопления и даны рекомендации по их выбору.

Существует несколько способов реализации индивидуального отопления, которые имеют различную эффективность:

- 1) Водяное отопление, способ отопления помещений с помощью жидкого теплоносителя, например воды или антифриза на водяной основе. При использовании данного способа отопления передача тепла в помещение производится с помощью радиаторов, конвекторов, регистров труб, а нагрев теплоносителя осуществляется котлом, который может работать на одном из следующих видов топлива: дизельное, пеллетное, дровяное/угольное, электрическое, газ;
- 2) Прямое электрическое отопление базируется на использовании электрических обогревателей в качестве основного отопления помещений. В США, Англии, Ирландии, Норвегии прямое электрическое отопление является основным видом отопления жилых зданий, а во многих странах Западной Европы (Франция, Германия, Швеция) на данный тип отопления приходится не менее 30% всех систем;
- 3) Существуют и другие типы отопления, однако их доля либо незначительна, либо быстро падает, так, например, по данным переписи населения, за последние 8 лет число домохозяйств, с печным отоплением, снизилось на 26%.

На рисунке 1 представлены возможные типы индивидуальных систем отопления.

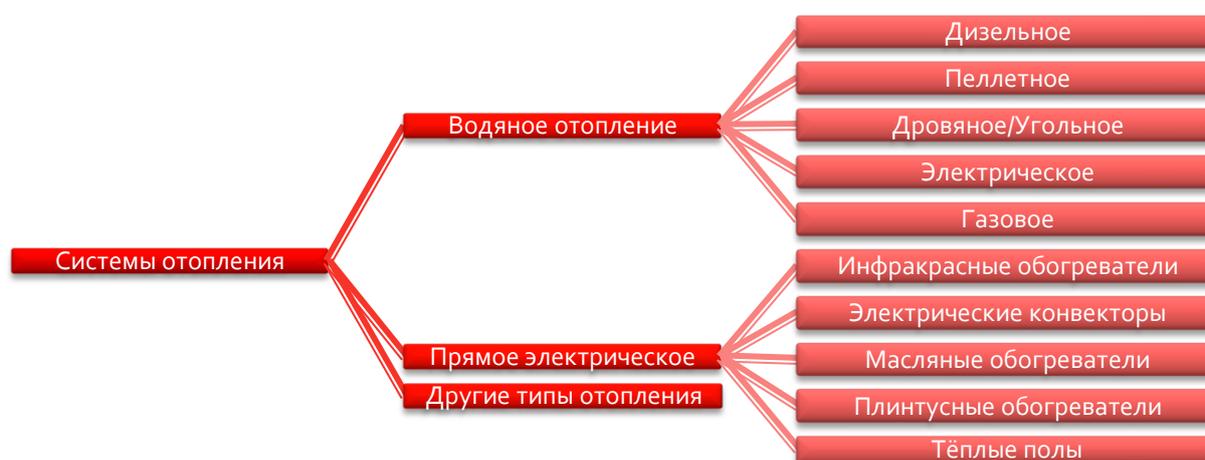


Рис. 1. Обзор систем отопления.

Определение эффективности системы отопления

Один из важнейших параметров при выборе системы отопления - её эффективность, которая складывается как из количества полезного тепла, вырабатываемого обогревателями, так и из снижения теплотерь. Особенно вопрос снижения теплотерь актуален для России, где жилые здания имеют крайне высокий показатель энергоёмкости (см рис. 2).



Рис. 2. Сравнение энергоёмкости систем отопления.

Итак, для экономии энергии необходимо или снижать теплотери, или повышать эффективность отопительных приборов, а лучше применить комплексное решение – снижение теплотерь и повышение эффективности отопительных приборов. Теплотери (или передача тепловой энергии через ограждающие конструкции) являются следствием процессов, описанных во втором законе термодинамики, согласно которому «тепловая энергия не может самопроизвольно переходить от тела менее нагретого к телу более нагретому» [Сивухин, Т. И. Термодинамика и молекулярная физика, 2005, с. 89.]. Процесс, при котором не происходит других изменений, кроме передачи теплоты от горячего тела к холодному, называется процессом Клаузиуса. Теплота может переходить самопроизвольно только в одном направлении, от более нагретого тела к менее нагретому, и такой процесс является необратимым.

В реальных условиях, в прогретом помещении, имеет место следующее распределение температур: $T_{\text{внутр}} > t_{\text{ст}}^{\text{внутр}} > t_{\text{ст}}^{\text{внеш}} > T_{\text{внеш}}$ (1), где $T_{\text{внутр}}$ - температура воздуха внутри помещения, $t_{\text{ст}}^{\text{внутр}}$ - температура внутренней поверхности стены (ограждающей конструкции), $t_{\text{ст}}^{\text{внеш}}$ - температура внешней поверхности стены, $T_{\text{внеш}}$ - температура наружного воздуха. Для того, чтобы снизить количество тепловой энергии, передаваемой от нагретого воздуха внутри помещения во внешнюю среду (на улицу), необходимо повысить температуру внутренней поверхности стены $t_{\text{ст}}^{\text{внутр}}$ таким образом, чтобы ее величина стала больше или равна температуре воздуха внутри помещения: $T_{\text{внутр}} \leq t_{\text{ст}}^{\text{внутр}}$. В этом случае нарушается неравенство (1), т.е. тепловая энергия «запирается» внутри помещения.

Сравнение различных типов систем прямого электрического отопления

В данной главе мы проведём сравнение различных типов электрических обогревателей, которые могут образовать систему прямого электрического отопления, и уделим особое внимание потребляемой мощности и расходам на электроэнергию. Рассмотрим 5 основных типов отопления и оценим их эффективность:

- Инфракрасные обогреватели
- Электрические конвекторы
- Масляные обогреватели
- Тёплые полы
- Обогреватели плинтусного типа

Инфракрасные обогреватели

Инфракрасный (ИК) обогреватель — отопительный прибор, отдающий тепло в окружающую среду посредством инфракрасного излучения. Лучистая энергия поглощается окружающими поверхностями, нагревает их, а они, в свою очередь, отдают тепло воздуху. Инфракрасные обогреватели относятся к источникам вторичного тепла, они не нагревают воздух, а нагревают поверхности. По закону Ламберта, распределение тепловой энергии по направлениям излучения пропорционально косинусу угла между направлением излучения и перпендикуляром к излучающей поверхности.

Для примера рассмотрим распределение температур обогревателя Frisco 1.5 кВт в зависимости от расстояния по вертикальной оси и высоты установки обогревателя (см. рис. 3). При этом теплоотдача нагретой поверхности пола составляет:

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \Delta T$$

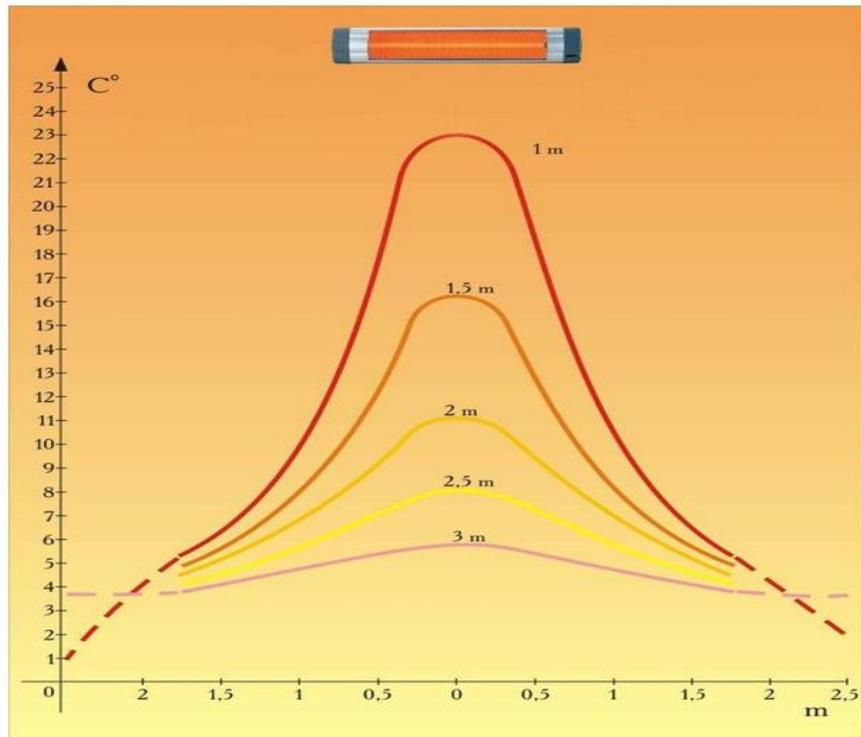
где:

$\alpha = 2,66 \cdot \sqrt[3]{\Delta T}$ - коэффициент теплоотдачи нагретого «пятна» на полу. Тогда $\alpha = 2,66 \cdot \sqrt[3]{6,5} = 1,85$.
 $S = a \cdot b$ - площадь нагретого «пятна». При $a = 3$ (протяженность «пятна» под обогревателем, ширина) и $b = 4$ (протяженность «пятна» под обогревателем, длина), $S = 20$ м.кв.

Тогда, суммарная теплоотдача составит:

$$Q = 1,85 \cdot 20 \cdot 6,5 \approx 242,5 \text{ ватт.}$$

Таким образом, при потреблении обогревателем 1500 Ватт электрической мощности, генерируется 242,5 ватт тепловой мощности в форме конвективной составляющей, участвующей в нагреве воздуха в помещении. Соотношение полученной тепловой энергии и потребляемой электрической в данном случае составляет $K = \frac{242,5}{1500} \approx 0,16$. Следовательно, для компенсации тепловых потерь равным 1000 ватт, при использовании инфракрасного обогревателя, необходимо затратить $1000/0,16 \approx 6250$ ватт электрической энергии.



- 30-50 °C
- 21-30 °C
- 18-21 °C
- 15-18 °C
- 12-15 °C
- 9-12 °C
- 6-9 °C
- 3-6 °C
- 0-3 °C

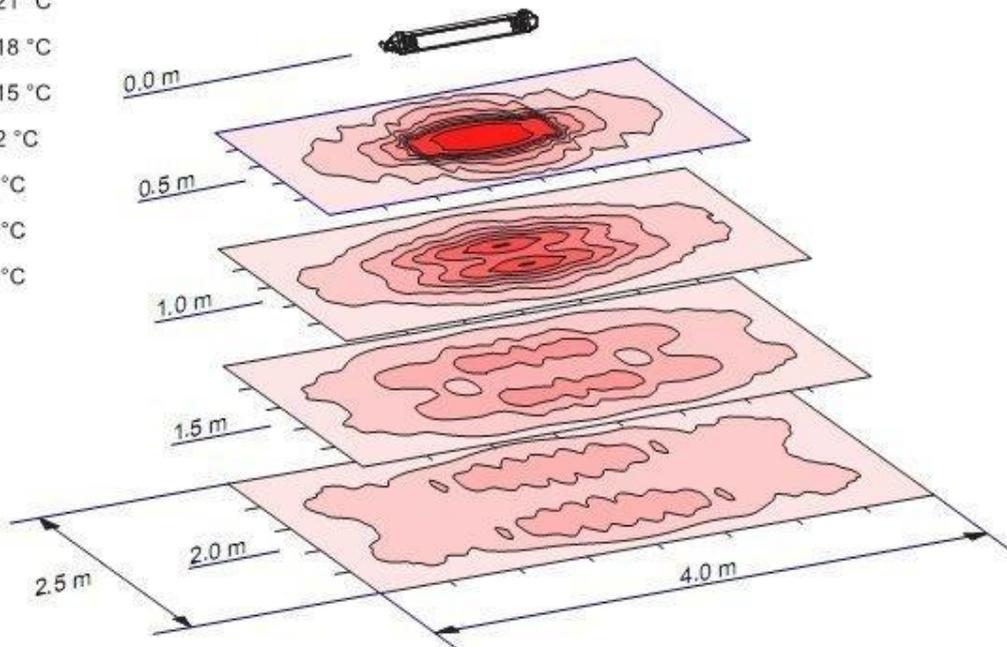


Рис. 3. Распределение температур инфракрасного обогревателя в зависимости от расстояния по вертикальной оси и высоты установки обогревателя

ФАКТ: В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 (п.6.7), допустимые величины интенсивности теплового облучения не должны превышать 35 Вт на квадратный метр при облучении 50% и более поверхности тела, 70 Вт на квадратный метр – 25%-50% поверхности тела и 100 Вт на квадратный метр – не более 25% поверхности тела. При росте человека 1 метр 70 сантиметров расстояние от головы до ИК-обогревателя (при высоте потолков 2,7м), составит 1 метр. Уровень теплового облучения в этом случае составит (для ИК-обогревателя с потребляемой мощностью 1000 Вт) порядка 700 Вт, что **в 20 раз превышает санитарную норму!**



Рис. 3. Инфракрасный обогреватель.

В настоящее время на Российском рынке инфракрасных обогревателей существует около 20 производителей, крупнейшими из которых являются:

- ТСТ Лтд. (торговая марка «ЭкоЛайн») <http://tstecoline.ru/>
- Завод «Электроприбор» (торговая марка «Мистер Хит») <http://www.misterheat.ru/>
- Frico – Швеция (торговая марка «Frico») <http://frico.su/>

Электрические конвекторы

Конвектор — отопительный прибор, в котором тепло от теплоносителя или нагревательного элемента передаётся в отапливаемое помещение конвекцией. Естественная конвекция, при которой теплый воздух, уже нагретый контактом с теплоносителем или нагревательным элементом, поднимается вверх, а его место занимает более холодный воздух помещения, усиливается конструкцией конвектора.

Особенностью работы конвектора является то, что вследствие работы конвектора, более нагретый воздух скапливается под потолком. В то же время, идеальное распределение температуры имеет другой вид, показанный на рис. 4.

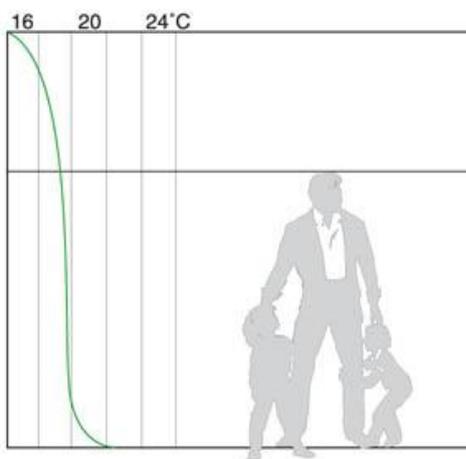


Рис. 4. Идеальное распределение температуры.

В результате, имеет место избыточный нагрев воздуха под потолком до $+10^{\circ}\text{C}$:

$$T_{\text{изб}} = T_{\text{реал.}} - T_{\text{идеал}} = 28 - 18 = 10$$

Тепловая энергия, расходуемая на избыточный нагрев на высоте от пола более 1,7 метра, для помещения $5 \times 5 \times 2,7$ м, определяется как:

$$Q = c \cdot m \cdot T_{\text{изб}}$$

где: $c = 1,005$ - удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж/кг} \cdot \text{K}$; $m = \rho \cdot V$ - масса объема воздуха ($\rho = 1,205$ - плотность воздуха при $T=20^{\circ}\text{C}$, кг/м^3 ; V - объем избыточно нагретого воздуха. Для помещения 5×5 м и на расстоянии 1,7 м от уровня пола (при высоте потолков 2,7 м) $V = 5 \cdot 5 \cdot (2,7 - 1,7) = 25 \text{ м}^3$. масса избыточно нагретого воздуха составит: $m = 1,205 \cdot 25 \approx 30 \text{ кг}$).

Количество тепловой энергии, расходуемой на избыточный нагрев воздуха будет:

$$Q = 1,005 \cdot 30 \cdot 10 = 300 \text{ кДж} = 84 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Следовательно:

За сутки избыточный расход энергии будет: $84 \times 24 = 2016$ Вт

За месяц: $2016 \times 30 = 60480$ Вт

За отопительный сезон (7 месяцев): $60480 \times 7 = 423\,360$ Вт

Таким образом, вследствие особенностей работы конвектора имеет место существенный перерасход энергии.

ФАКТ: для поддержания заданной температуры в помещении электроконвекторы оснащаются термостатами, которые при падении температуры ниже заданной включают конвектор на полную мощность и отключают конвектор при достижении верхней границы температурного диапазона. При этом:

- *Имеют место колебания температуры внутри помещения в диапазоне до нескольких градусов Цельсия. Что, в свою очередь, неблагоприятно для человеческого организма.*
- *Происходит скачкообразное увеличение электрической нагрузки («удар по сети»).*
- *Искрообразование при замыкании/размыкании контактов термостата.*

На Российском рынке представлено достаточно большое число производителей электрических конвекторов, большая часть из которых являются зарубежными брендами:

- Ballu <http://www.ballu.ru/>
- Electrolux <http://www.electrolux.ru/>
- Frico <http://www.frico.com.ru/ru/>
- Nobo <http://www.noboinfo.ru/>
- Noirot <http://www.noirot.ru/>
- Scarlett <http://www.scarlett.ru/>
- Timberk <http://www.timberk.ru/>



Рис. 5. Электрический конвектор.

Масляные обогреватели

Масляные обогреватели относятся к категории обогревателей, которые уже давно используются населением для нужд обогрева. Применение масляных обогревателей в настоящее время - это дань традиции или привычке, чем рациональный расчет.

Вследствие своих конструктивных особенностей, при работе масляных обогревателей имеет место еще больший температурный градиент по высоте, чем у конвекторов. А следовательно, возрастает неэффективность использования конвективного тепла. Но, если у конвекторов за счет существенной скорости движения нагретого воздуха присутствует активный воздухообмен, то у масляных обогревателей, как это показано на рис. 6, такого эффекта нет.

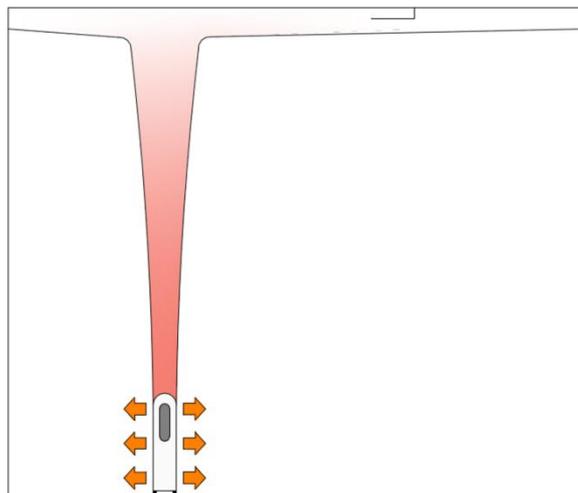


Рис. 6. Работа масляного обогревателя.

Основными игроками на российском рынке масляных обогревателей являются:

- Vitek <http://www.vitek.ru/>
- Timberk <http://www.timberk.ru/>
- Rolsen <http://www.rolsen.ru/>
- Scarlett <http://www.scarlett.ru>
- Delonghi <http://www.delonghi.com/ru-RU/>



Рис. 7. Масляный обогреватель.

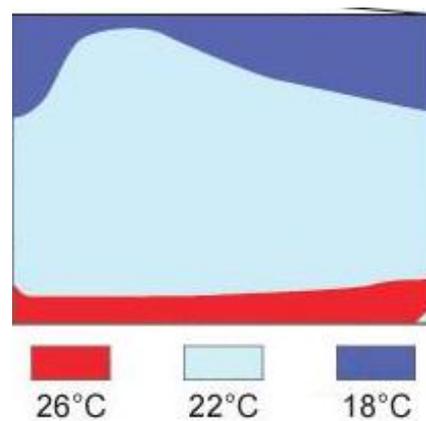
Тёплые полы

Тёплый пол — система отопления, обеспечивающая нагрев воздуха в помещении снизу, где отопительным прибором выступает тёплый пол. Наиболее распространённый вариант подогрева пола - электрические тёплые полы, которые, в зависимости от исполнения, бывают кабельные, пленочные и стержневые. Все виды тёплых полов обладают рядом экологических преимуществ по сравнению с радиаторным отоплением: равномерно распределяют температуру по высоте помещения, не вызывают конвекционных потоков, связанных с разностью температур на одной горизонтальной плоскости в разных частях комнаты.

Как правило, системы электрического тёплого пола укладываются под кафельную плитку, мрамор, гранит, базальт и керамогранит, при этом коэффициент сопротивления теплопередачи материала не должен превышать $0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Дерево, ламинат и ковры не подходят для установки тёплого пола из-за того, что плохо передают тепло от нагревательного элемента в помещение и при этом могут возникать негативные эффекты (рассыхание дерева, выделение синтетическими коврами и ламинатом вредных веществ).

Градиент температуры, при использовании тёплого пола, близок к «идеальному» (см. рис. 8), однако для нагрева помещения может понадобиться 3 – 5 часов. Помимо этого, стоит выделить ряд особенностей:

- При установке тёплого пола, существует необходимость поднятия пола на высоту порядка 6 – 10 см. При установке электрического теплого пола эта проблема может быть решена посредством укладываемых в слой клея для плитки нагревательных матов (сетка из пластиковых нитей с вплетенным тонким кабелем) или специальной нагревательной пленки, размещаемой прямо под декорируемым покрытием:
- Мебель по возможности должна быть из натурального дерева. Несмотря на то, что температура теплого пола согласно СНиП не должна превышать $+26 \text{ }^\circ\text{C}$, мебель из ДСП, МДФ или пластика, особенно новая, при постоянном нагреве будет выделять вредные вещества, хотя и в небольших концентрациях, но постоянно;
- Потребляемая электрическая мощность для большинства тёплых полов составляет 180-200 Вт/м.кв. Таким образом, для отопления помещения площадью 10 м.кв., необходимо 2 кВт/ч выделенной электрической мощности. А если 25 м.кв (комната), то - 5кВт/ч. Это может оказаться проблемой.
- Для того, чтобы смонтировать или отремонтировать теплый пол необходимо провести достаточный объем строительных работ.



На Российском рынке представлены теплые полы следующих производителей:

- Теплолюкс <http://www.teploluxe.ru/>
- Ensto <http://www.ensto.com/>
- Energy <http://www.energyrus.ru/>
- Thermo <http://www.tehnoluxe.ru/>

Обогреватели плинтусного типа

Максимального эффекта по снижению теплопотерь в помещении можно достичь за счёт использования обогревателей плинтусного типа, которые при своей работе нагревают внутреннюю поверхность стен помещения.

Действие плинтусного обогревателя основано на принципе прогрева стен. Суть использования этого принципа заключается в том, что установленный у стены обогреватель равномерно прогревает её. Вследствие чего, температура поверхности стены становится выше температуры воздуха внутри помещения. В результате этого, тепло нагретого объема воздуха в помещении не передается во внешнюю среду (через ограждающую поверхность с большей температурой). Это позволяет обеспечить равномерную температуру даже в местах с большими теплопотерями и сократить расходы на электроэнергию до 40 % (см. рис. 9).

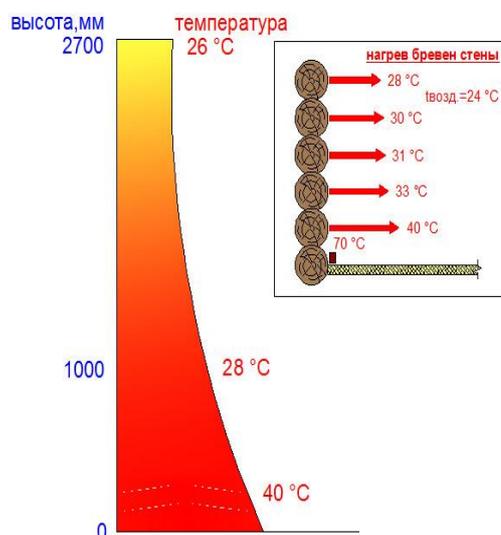


Рис. 9. Принцип работы плинтусного обогревателя.

В данном случае имеет место следующее распределение температур:

$$T_{\text{внутр}} < t_{\text{ст}}^{\text{внутр}} > t_{\text{ст}}^{\text{внеш}} > T_{\text{внеш}}$$

В результате, тепло, сгенерированное обогревателями, бытовыми приборами и т.д., остается внутри помещения.

Следовательно, теплопотери нагретого объема воздуха внутри помещения существенно снижаются. Кроме того, нагретая стена сама переизлучает тепло в помещение, т.е. по сути становится обогревателем с большой площадью (несколько квадратных метров !) теплоотдачи.

Например: температура внутри помещения $T_{\text{внутр}} = +20^{\circ}\text{C}$, наружная температура $T_{\text{внеш}} = -10^{\circ}\text{C}$, стена из дерева: длина 6 метров, высота 2,5 метра (площадь поверхности $S = 6 \cdot 2,5 = 15 \text{ м.кв}$), толщина $\delta = 0,2$ метра, теплопроводность $\lambda = 0,14 \text{ Вт/м}\cdot\text{C}$. В этом случае теплопотери без темперирования (нагрева) стены составят:

$$q = \frac{1}{R_{\text{внутр}} + \frac{\delta}{\lambda} + R_{\text{внеш}}} \times S \times (T_{\text{внутр}} - T_{\text{внеш}}) \quad (2)$$

где: $R_{\text{внутр}}$ и $R_{\text{внеш}}$ - внутреннее и внешнее сопротивления теплопередачи.

С некоторым допущением выражение (2) можно записать в следующем виде:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \times S \times (T_{\text{внутр}} - T_{\text{внеш}}) \quad (3)$$

$$q = \frac{0,14}{0,2} \cdot 15 \cdot (20 - (-10)) = 315 \text{ Вт}$$

Таким образом, теплотери, при темперировании стены, снижаются на 315 (!) Вт.

Согласно закону Ньютона-Рихмана, количество теплоты, отдаваемое единицей поверхности тела в единицу времени, пропорционально разности температур поверхности тела и окружающей среды. Теплоотдача в данном случае определяется выражением:

$$Q = (\alpha_{к.внутр} + \alpha_{л.внутр}) \cdot S \cdot (t_{ст}^{внутр} + \Delta t_{ст}^{внутр} - T_{внутр}) \quad (4)$$

где: $\alpha_{к.внутр} = 1,66 \cdot \sqrt[3]{t_{ст}^{внутр} - T_{внутр}}$ - коэффициент конвективной теплоотдачи с внутренней поверхности стены, $\alpha_{л.внутр}$ - коэффициент лучистой теплоотдачи с внутренней поверхности стены. Конвективная теплоотдача стены составит:

$$Q = \alpha_{к.внутр} \cdot S \cdot (t_{ст}^{внутр} + \Delta t_{ст}^{внутр} - T_{внутр}) \quad (5)$$

В результате получим 470 Вт (!).

Лучистая теплоотдача внутренней поверхности стены составит не менее 112 Вт. Кроме того, тепло, генерируемое обогревателем, нагревает не только стену, но и воздух в помещении. Хотя, если в результате темперирования стен, теплотери будут стремиться к нулю, то достаточно одной зажженной свечки в помещении, чтобы поднять температуру в помещении до заданных значений.

Существенное снижение теплотерь в помещении и дополнительный эффект от того, что прогретая стена начинает «отдавать» тепло в помещение, делает плинтусные обогреватели крайне эффективным решением.

На Российском рынке представлены плинтусные обогреватели следующих производителей:

- МЕГАДОР <http://megador.ru/>
- Dimplex <http://www.dimplex.com/en/>
- Best Board <http://www.bestboard.by>



Рис. 10. Обогреватель плинтусного типа.

Сравнение обогревателей различного типа

Ниже проведём сравнение эффективности работы электрических обогревателей различных типов, для этого введём несколько показателей: коэффициент преобразования электричества в полезное тепло, эксплуатационные расходы, комфортность, розничная стоимость обогревателей.

Коэффициент преобразования электричества в полезное тепло ($K_{пр}$).

- 1.1 инфракрасные обогреватели: $K_{пр}^{ИК} = 0,1$
- 1.2 конвекторы: $K_{пр}^К = \frac{1000-84}{1000} = 0,9$
- 1.3 обогреватели плинтусного типа: $K_{пр}^{ПЛ} = 1$
- 1.4 тёплые полы: $K_{пр}^{ТП} = 0,8$

Эксплуатационные расходы (P).

Эксплуатационные расходы (P, руб x ч) определяются как отношение необходимого количества тепла, генерируемого обогревателем для компенсации теплопотерь ($\frac{q}{K_{пр}}$), умноженного на стоимость 1 кВт x ч электроэнергии (C):

$$P = \frac{q}{K_{пр}} \cdot C$$

Расчеты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Эксплуатационные расходы, руб x час (теплопотери = 100 Вт x м.кв., стоимость 1 кВт x ч = 3 руб)

| Тип обогревателя | Площадь м.кв. | | | | |
|------------------|---------------|------|-------|-------|-------|
| | 10 | 20 | 50 | 100 | 150 |
| Конвектор | 3,3 | 6,59 | 16,48 | 32,97 | 49,45 |
| ИК | 30 | 60 | 150 | 300 | 450 |
| Плинтусный | 1,8 | 3,6 | 9 | 18 | 27 |
| Теплый пол | 4,5 | 9 | 22,5 | 45 | 67,5 |

Комфортность.

Для оценки степени соответствия идеальному распределению, определим дисперсию («дисперсия» от лат. dispersio — рассеяние). В нашем случае оценивается отклонение от идеального распределения. Результаты представлены в таблице 2.



Рис. 11. Распределение температуры в помещении по высоте.

Таблица 2. Распределение температуры и дисперсия при работе обогревателей разных типов.

| отсчет n | высота, мм | температура (Т, град.С) | | | | | $-(T_{\text{реал}} - T_{\text{идеал}})^2$ $\eta = 0-2700$ | | | | $-(T_{\text{реал}} - T_{\text{идеал}})^2$ $\eta = 300-2700$ | | | |
|--|---------------|-------------------------|-----------|------|----------|----------|--|--------|----------|----------|--|--------|----------|----------|
| | | ид.распред | конвектор | ИК | плинт.т. | тепл.пол | конвектор | ИК | плинт.т. | тепл.пол | конвектор | ИК | плинт.т. | тепл.пол |
| 1 | 2700 | 16 | 28 | 28 | 18 | 16 | 144 | 144 | 4 | 0 | 144 | 144 | 4 | 0 |
| 2 | 2600 | 16,5 | 27 | 27 | 18 | 17,5 | 110,25 | 110,25 | 2,25 | 1 | 110,25 | 110,25 | 2,25 | 1 |
| 3 | 2500 | 17 | 26,5 | 26 | 18 | 18,5 | 90,25 | 81 | 1 | 2,25 | 90,25 | 81 | 1 | 2,25 |
| 4 | 2400 | 17,5 | 26 | 25 | 18 | 19,5 | 72,25 | 56,25 | 0,25 | 4 | 72,25 | 56,25 | 0,25 | 4 |
| 5 | 2300 | 18 | 25,5 | 24 | 18,5 | 20,5 | 56,25 | 36 | 0,25 | 6,25 | 56,25 | 36 | 0,25 | 6,25 |
| 6 | 2200 | 18 | 25 | 24 | 18,5 | 20,5 | 49 | 36 | 0,25 | 6,25 | 49 | 36 | 0,25 | 6,25 |
| 7 | 2100 | 18,5 | 24 | 23 | 18,5 | 21 | 30,25 | 20,25 | 0 | 6,25 | 30,25 | 20,25 | 0 | 6,25 |
| 8 | 2000 | 18,5 | 24 | 23 | 18,5 | 21 | 30,25 | 20,25 | 0 | 6,25 | 30,25 | 20,25 | 0 | 6,25 |
| 9 | 1900 | 18,5 | 24 | 23 | 19 | 21 | 30,25 | 20,25 | 0,25 | 6,25 | 30,25 | 20,25 | 0,25 | 6,25 |
| 10 | 1800 | 19 | 23,5 | 23 | 19 | 21 | 20,25 | 16 | 0 | 4 | 20,25 | 16 | 0 | 4 |
| 11 | 1700 | 19 | 23,5 | 23 | 19 | 21,5 | 20,25 | 16 | 0 | 6,25 | 20,25 | 16 | 0 | 6,25 |
| 12 | 1600 | 19,5 | 23 | 22 | 19,5 | 21,5 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 |
| 13 | 1500 | 19,5 | 23 | 22 | 19,5 | 21,5 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 |
| 14 | 1400 | 19,5 | 23 | 22 | 19,5 | 21,5 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 | 12,25 | 6,25 | 0 | 4 |
| 15 | 1300 | 19,5 | 22,5 | 22 | 19,5 | 21,5 | 9 | 6,25 | 0 | 4 | 9 | 6,25 | 0 | 4 |
| 16 | 1200 | 20 | 22,5 | 22 | 20 | 21,5 | 6,25 | 4 | 0 | 2,25 | 6,25 | 4 | 0 | 2,25 |
| 17 | 1100 | 20 | 22,5 | 21,5 | 20 | 22 | 6,25 | 2,25 | 0 | 4 | 6,25 | 2,25 | 0 | 4 |
| 18 | 1000 | 20 | 22,5 | 21,5 | 20 | 22 | 6,25 | 2,25 | 0 | 4 | 6,25 | 2,25 | 0 | 4 |
| 19 | 900 | 20 | 22 | 21,5 | 21 | 22 | 4 | 2,25 | 1 | 4 | 4 | 2,25 | 1 | 4 |
| 20 | 800 | 20,5 | 22 | 21,5 | 22 | 22 | 2,25 | 1 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 1 | 2,25 | 2,25 |
| 21 | 700 | 20,5 | 22 | 21,5 | 22,5 | 22 | 2,25 | 1 | 4 | 2,25 | 2,25 | 1 | 4 | 2,25 |
| 22 | 600 | 21 | 22 | 21,5 | 23 | 22 | 1 | 0,25 | 4 | 1 | 1 | 0,25 | 4 | 1 |
| 23 | 500 | 21 | 21,5 | 21,5 | 24 | 22 | 0,25 | 0,25 | 9 | 1 | 0,25 | 0,25 | 9 | 1 |
| 24 | 400 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 25 | 22 | 0 | 0 | 12,25 | 0,25 | 0 | 0 | 12,25 | 0,25 |
| 25 | 300 | 21,5 | 21 | 21 | 27 | 22,5 | 0,25 | 0,25 | 30,25 | 1 | | | | |
| 26 | 200 | 22,5 | 21 | 21 | 29 | 24 | 2,25 | 2,25 | 42,25 | 2,25 | | | | |
| 27 | 100 | 23,5 | 20 | 21 | 32 | 25 | 12,25 | 6,25 | 72,25 | 2,25 | | | | |
| 28 | 0 | 24,5 | 16 | 21 | 35 | 26 | 72,25 | 12,25 | 110,25 | 2,25 | | | | |
| $s = \sqrt{\frac{1}{28} \sum_{i=1}^{28} (T_{\text{реал}} - T_{\text{идеал}})^2}$ | | | | | | | 5,4 | 4,68 | 3,25 | 1,83 | 5,5 | 5,0 | 1,3 | 1,75 |

При этом, дисперсия σ (отклонение от идеального распределения) составляет: для конвектора $\sigma_{\text{конв}} = 5,4$; для инфракрасного обогревателя $\sigma_{\text{ИК}} = 4,7$; для обогревателя плинтусного типа $\sigma_{\text{плинт.т}} = 3,3$; для тёплого пола $\sigma_{\text{тп}} = 1,2$. Причем, если сравнивать распределения температуры по высоте на расстоянии 300 мм и выше, дисперсия составит: для конвектора $\sigma_{\text{конв}}^{>300} = 5,5$; для инфракрасного обогревателя $\sigma_{\text{ИК}}^{>300} = 5$; для обогревателя плинтусного типа $\sigma_{\text{плинт.т.}}^{>300} = 1,3$; для тёплого пола $\sigma_{\text{тп}} = 1,8$

Чем ближе распределение температуры в помещении к идеальному (чем меньше дисперсия), тем комфортнее чувствует себя человек. В таблице 3 приведено сравнение обогревателей по комфортности и стоимости:

Таблица 3. Комфортность и стоимость.

| Тип обогревателя | σ (0-2700) | σ (300-2700) | Средняя розничная стоимость изделия ¹ , руб. |
|------------------|-------------------|---------------------|---|
| Конвектор | 5,4 | 5,5 | 2 900 |
| ИК | 4,7 | 5 | 3 300 |
| Плинтусный | 3,3 | 1,3 | 3 300 |
| Тёплый пол | 1,83 | 1,75 | 13 100 |

Проведём итоговое ранжирование по категориям (таблица 4): стоимость - от низкой стоимости к высокой; эксплуатационные расходы – от низких к высоким; комфортность – от высокой к низкой.

Таблица 4. Сравнительная таблица

| Тип обогревателя | Стоимость | Эксплуатационные расходы | Комфортность | Суммарный бал |
|------------------|-----------|--------------------------|--------------|---------------|
| Конвектор | 1 | 2 | 4 | 7 |
| ИК | 2 | 4 | 3 | 9 |
| Плинтусный | 2 | 1 | 1 | 4 |
| Тёплый пол | 4 | 3 | 2 | 9 |

Таким образом, наиболее эффективным вариантом реализации системы прямого электрического отопления является использование обогревателей плинтусного типа.

¹ Для сравнения использованы цены Yandex Market на популярные модели обогревателей различных типов на площадь отопления 15 м. кв.: конвектор Electrolux ECH/AG-1000MF, инфракрасный обогреватель ЭкоЛайн ЭЛК 10Rm, МЕГАДОР Стандарт-200, Тёплый пол комплект Теплолюкс 20ТЛБЭ2-75-1400

Сравнение различных систем отопления

Одним из основных критериев выбора системы отопления является стоимость системы отопления, которая включает в себя как начальные затраты (стоимость покупки и монтажа), так и стоимость эксплуатации. Эксплуатационные расходы – это затраты на электроэнергию, газ, другие виды топлива, а также обслуживание системы. Поэтому, при принятии решения, какую систему отопления купить, необходимо рассматривать оба параметра в комплексе.

Давайте рассмотрим 6 основных типов отопления и оценим их эффективность:

- Дизельное отопление
- Пеллетное отопление
- Дровяное и угольное отопление
- Электрическое водяное отопление
- Электрическое прямое отопление
- Газовое отопление

Для расчётов возьмём типовой пример двухэтажного дома с шестью комнатами, площадью 160 кв.м. и теплопотерями 16 кВт*ч.



Дизельное отопление

Теплотворность дизельного топлива – 12,4 кВт*ч/кг или 10,7 кВт*ч/л. (1 литр дизельного топлива – 0,86 кг.)

Начальные затраты

котел 20 кВт = 42000 руб.,

горелка 23000 руб.,

топливный бак 1000 л = 11500 руб.,

топливный насос с фильтром = 6000 руб.,

арматура (трубы, краны, манометры, фильтры и пр.) = 23000 руб.,

радиаторы 6 шт = 33 800 руб.,

насос циркуляционный = 4800 руб.,

расширительный бак = 2000 руб.

монтаж системы = 35000 руб.

Итого за оборудование (среднего класса без электроники) и монтаж дизельной системы: **181 100 руб.**

Эксплуатационные расходы

Одноконтурный котел 20 кВт *ч. (КПД = 90%, потери тепла в трубопроводе -14 Вт/м, 100 метров погонных труб отопления – 1400 Ватт). Мощность котла должна быть не менее: $16 \text{ кВт}/0,90 + 1400 = 19,2 \text{ кВт*ч}$

Считаем расход дизельного топлива: $20 / 10,7 = 1,87 \text{ л / ч}$, таким образом

$1,87 \text{ (л/ч)} \times 24 \text{ (ч)} \times \text{х1мес(30)} \times 32 \text{ руб/л} = 43085 \text{ руб/мес}$

Итого эксплуатационные расходы при $t = -10^\circ\text{C}$ составят не менее **43085 руб/мес.**

Пеллетное отопление

Теплотворность пеллет $-4,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч./кг}$ (при влажности не более 10% и хранении в теплом сухом месте).

Начальные затраты

котел 20 кВт, бункер для пеллетов, горелка (Оекофен) = 380 000 руб.,

арматура (трубы, краны, манометры, фильтры и пр.) = 15000 руб.,

радиаторы 6 шт = 33 800 руб..

монтаж системы = 35000 руб.

Итого за оборудование и монтаж пеллетной системы: **465 000 руб.**

Эксплуатационные расходы

Одноконтурный котел 20 кВт*ч. (КПД = 90%, потери тепла -14 Вт/м, 100 метров погонных труб отопления – 1400 Ватт). Мощность котла должна быть не менее: $16 \text{ кВт}/0,90 + 1400 = 19,2 \text{ кВт/ч}$)

Считаем расход пеллет: $20/4,7=4,25 \text{ кг/ч}$, таким образом, $4,25(\text{ кг/ч}) \times 24(\text{ч}) \times 30(\text{ дн}) \times 5,9(\text{ руб/кг}) = 18054 \text{ руб/мес}$

Итого эксплуатационные расходы при $t = -10^\circ\text{C}$ составят не менее **18054 руб/мес**

Дровяное и угольное отопление

Теплотворность угля – 7,9 кВт*ч/кг при влажности 10-12% и хранении в теплом сухом месте, теплотворность дров – 4,2 кВт*ч/кг.

При уровне влажности 40% теплопроводность падает до 2,52 кВт * ч/кг, а при 50% влажности – до 2,14 кВт * ч/кг

Начальные затраты

котел 22 кВт = 54 700 руб., арматура (трубы, краны, манометры, фильтры и пр.) = 23000 руб.,

радиаторы 6 шт = 33 800 руб.,

насос циркуляционный = 4800 руб.,

расширительный бак = 2000 руб.

Монтаж системы = 35000 руб.

Итого за оборудование и монтаж системы на дровах и угле: **153 300 руб.**

Эксплуатационные расходы

Одноконтурный котел 22 кВт. (КПД = 80%, потери тепла -14 Вт/м, 100 метров погонных труб отопления – 1400 Ватт). Мощность котла должна быть не менее: $16 \text{ кВт}/0,80 + 1400 = 22 \text{ кВт*ч}$

Считаем:

- Для угля: $22/7,9=2,78 \text{ кг*ч}$, таким образом, $2,78 \text{ (кг/ч)} \times 24 \text{ (ч)} \times 30 \times 5 \text{ (руб/кг)} = 10008 \text{ руб/мес}$
- Для дров: $20/4,2=4,76 \text{ кг/ч}$, таким образом, $4,76 \text{ (кг/ч)} \times 24 \text{ (ч)} \times 30 \text{ (дн)} \times 4 \text{ (руб/кг)} = 13708 \text{ руб/мес}$

Итого эксплуатационные расходы при $t = -10^\circ\text{C}$: для угля – **10008 руб/мес**, для дров – **13708 руб/мес**.

При реальных условиях хранения дров на улице под навесом (при условии длительного хранения и хорошего проветривания), влажность составляет 25-30%. В этом случае теплотворность составляет 3,4 кВт *ч/кг., а эксплуатационные расходы – **16942 руб/мес**.

Вышесказанное в полной мере относится и к углю. При реальных условиях хранения, эксплуатационные расходы будут составлять – **12510 руб/мес**.

Электрическое жидкостное отопление

Начальные затраты

котел 20 кВт = 24 000 руб.,

арматура (трубы, краны, манометры, фильтры, радиаторы и пр.) = 23000 руб.,

радиаторы 6 шт = 33 800 руб.,

насос циркуляционный = 4800 руб.,

расширительный бак = 2000 руб.

Монтаж системы = 35000 руб.

Итого за оборудование (уровня ниже среднего) и монтаж электрической системы: **122 600 руб**

Эксплуатационные расходы

Одноконтурный котел 20 кВт (КПД = 90%, потери тепла -14 Вт/м, 100 метров погонных труб отопления – 1400 Ватт). Мощность котла должна быть не менее: $16 \text{ кВт}/0,90 + 1400 = 19,2 \text{ кВт*ч}$. Один киловатт тепловой мощности в час стоит, тариф - день(16 часов): 2,85 руб х кВт*ч; тариф - ночь(8 часов): 1,85 руб х кВт*ч. Средняя стоимость в сутки: $2,85*0,66+1,85*0,34=2,51 \text{ руб х кВт*ч}$.

Считаем: $20(\text{кВт/ч}) \times 24 (\text{ч}) \times 30 \times 2,51(\text{руб*кВт/ч}) = 36144 \text{ руб/мес}$

Итого эксплуатационные расходы при $t = -10^\circ\text{C}$ составляют **36144 руб/мес**

Электрическое прямое отопление плинтусными обогревателями

При оценке различных типов электрических обогревателей в предыдущей главе мы выявили, что наиболее эффективным вариантом будут плинтусные обогреватели. Далее мы рассмотрим стоимость использования данных обогревателей в качестве основного отопления дома на примере плинтусных обогревателей «МЕГАДОР».

Начальные затраты

Необходимо установить 16 обогревателей «МЕГАДОР» мощностью по 0,6 кВт каждый. Шестнадцать обогревателей «МЕГАДОР» (средняя стоимость 3 000 руб) обойдутся в 48000 руб.

Итого за оборудование и монтаж электрической системы: **48000 руб.**

Эксплуатационные расходы

Обогреватели «МЕГАДОР» будут работать на 100% мощности, то есть потреблять 9,6 кВт/ч. Один киловатт электрической мощности в час стоит, день(16 часов): 2,85 руб х кВт*ч; ночь(8 часов) – 1,85 руб х кВт*ч. Средняя стоимость в сутки: $2,85 * 0,66 + 1,85 * 0,34 = 2,51$ руб х кВт*ч.

Считаем: $9,6 \text{ (кВт*ч)} \times 24 \text{ (ч)} \times 30 \text{ (дн)} \times 2,51 \text{ (руб х кВт*ч)} = 17349$ руб/мес.

Итого эксплуатационные расходы при $t = -10^{\circ}\text{C}$ составят **17349 руб/мес.**

Газовое отопление

Теплотворность природного газа -9,7 кВт*ч/*м.куб

Начальные затраты

котёл 20 кВт=70 000 руб, арматура (трубы,краны,манометры,фильтры и пр.)=23 000руб,

радиаторы бшт=33 800 руб,

насос циркуляционный=4 800 руб,

расширительный бак=2000руб.

монтаж системы=35000 руб.

Помимо этого, стоимость разрешения на подключение – 250 000 руб.

Итого за оборудование (среднего уровня) и монтаж системы на магистральном газе: **418 600 руб.**

Эксплуатационные расходы

Одноконтурный котёл 20 кВт кВт (КПД = 90%, потери тепла -14 Вт/м, 100 метров погонных труб отопления – 1400 Ватт). Мощность котла должна быть не менее: $16 \text{ кВт}/0,90 + 1400 = 19,2 \text{ кВт*ч}$.

Считаем:

$$20/9,7 = 2 \text{ куб.м *ч}$$

$$2 \text{ (куб.м*ч)} \times 24 \text{ (ч)} \times 30 \times 5 \text{ (руб/куб.м)} = \mathbf{6800 \text{ руб/мес.}}$$

Какой тип отопления самый экономичный?

Сравним реальную стоимость различных систем отопления. Для этого рассчитаем суммарные эксплуатационные расходы на 10 лет с учётом 7 месячного отопительного сезона.

Таблица 6. Сравнение систем отопления.

| ТИП ОТОПЛЕНИЯ | НАЧАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ, РУБ | ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ, РУБ | | СУММАРНЫЕ РАСХОДЫ, РУБ |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|
| | | ЗА МЕСЯЦ | ЗА 10 ЛЕТ | |
| Дизельное отопление | 181100 | 43085 | 3015950 | 3 197 050 |
| Пеллетное отопление | 465000 | 18054 | 1263780 | 1 728 780 |
| Дровяное отопление | 153300 | 16942 | 1185940 | 1 339 240 |
| Угольное отопление | 153300 | 12510 | 875700 | 1 029 000 |
| Электрическое водяное отопление | 122600 | 36144 | 2530080 | 2 652 680 |
| Электрическое прямое отопление | 48000 | 17349 | 1214430 | 1 262 430 |
| Газовое отопление | 418600 | 6800 | 476000 | 894 600 |

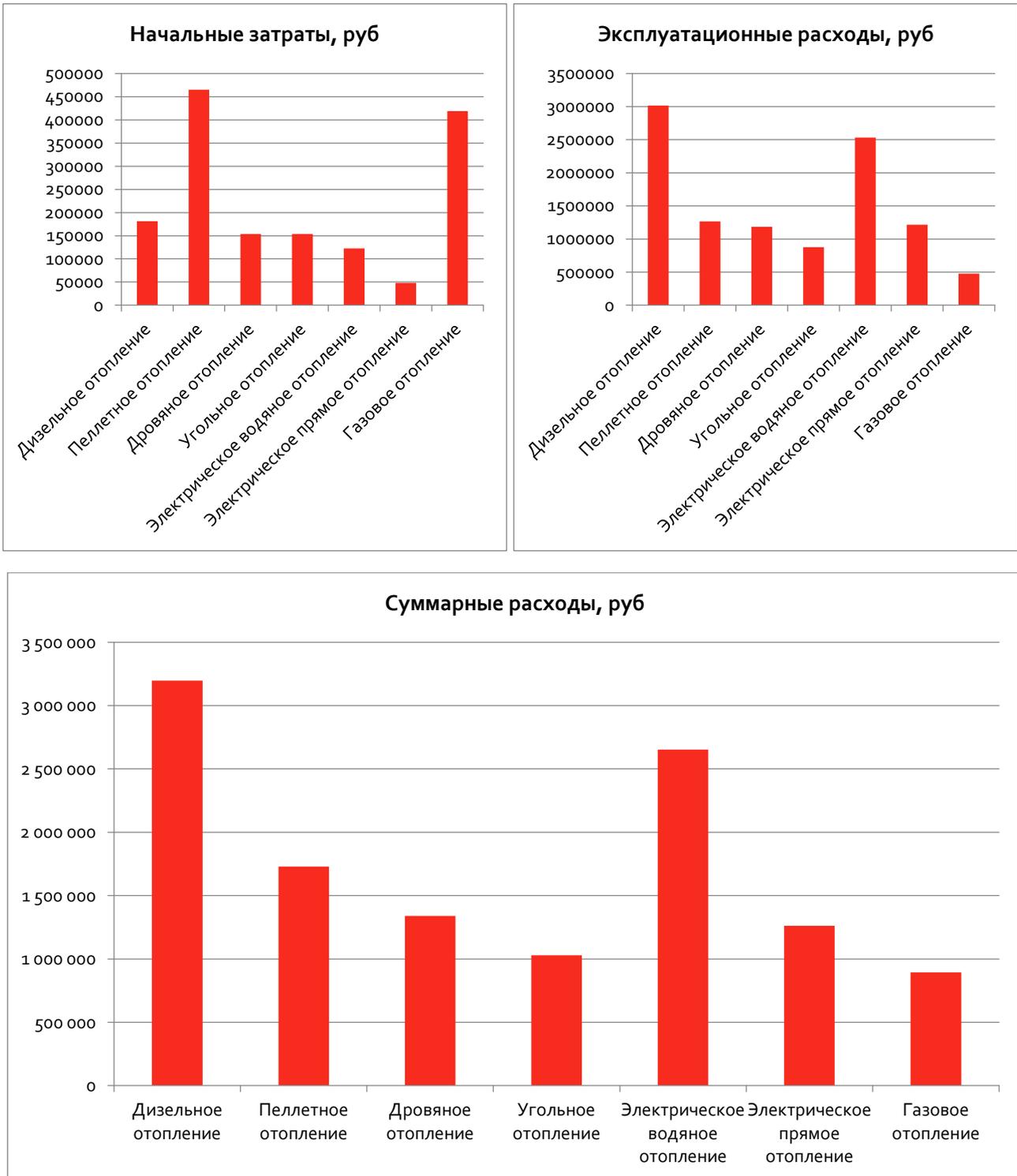


Рис. 12. Расходы на различные системы отопления.

Подведём итоги

Отопление дизельным топливом (соляжкой), является возможностью организовать обогрев вдали от газовых и электрических магистралей. Отопление на соляжке довольно дорогое по затратам на эксплуатацию и покупку оборудования. Необходимо приобрести и смонтировать топливные баки, системы для подвода и очистки топлива. Другие проблемы использования жидкого топлива таковы:

- Сезонный запас топлива может составлять 5-20 тонн и для него необходимо выделить место на участке;
- Отечественная соляжка нуждается в очистке, так как в ней имеются песок, смолы, вода и прочее;
- Возможное появление специфического запаха в помещениях.

При отоплении на дизельном топливе разумно потратить деньги на автоматические устройства, для экономии энергии. Так, приборы климат контроля, установленные в систему отопления, сэкономят топливо и возможно окупятся за год или два.

Отопление, использующее в качестве топлива пеллеты, можно применять для обогрева помещений и горячего водоснабжения в любых отдаленных районах. Пеллеты — это высокоэффективное топливо, производимое из измельченных, высушенных и спрессованных древесных отходов. Поскольку клеящих веществ для их изготовления не применяют, то пеллеты являются экологически чистым видом топлива. Другие плюсы:

- Высокий КПД пеллетных котлов;
- Высокая экологическая чистота пеллетного топлива;
- Низкая стоимость пеллет;
- Период дозаправки пеллетных котлов топливом - от 36 часов;
- Нет привязанности к месту.

Однако существуют и минусы: пеллетное оборудование дороже минимум на 20% оборудования других котелен, имеется необходимость создания хранилища запаса топлива и, в принципе, неразвитая инфраструктура для данного типа отопления.

Отопление твердым топливом - это отопление дровами, углем, брикетами торфа и пр. Для России, с ее огромными запасами древесины и угля, такое отопление очень актуально. Запаситься дровами проще всего: можно покупать готовые с доставкой; заготавливать самостоятельно. Уголь, даже сортированный антрацит, также оказывается обычно дешевле соляжки.

Недостатки использования твердого топлива понятны всем владельцам данного типа оборудования:

- Необходимость пополнения и хранения большого запаса топлива на участке;
- Твердотопливные котлы обычно громоздки и тяжелы;
- Приходится регулярно очищать трубы, колосники и топки от продуктов горения;
- Сложность в применении автоматики для повышения эффективности системы отопления;
- Необходимость топки котла несколько раз в день по несколько часов, делает Вас фактически кочегаром;
- Необходимость утилизации шлака.

Ради справедливости надо отметить, что существуют современные котлы, работающие более суток на одной закладке дров. Также можно применить, так называемый, гидроаккумулятор (до 500 литров) который позволит топить один раз в 2-3 дня, но при этом мощность котла придется выбрать несколько раз (обычно в 3 раза) больше чем при обычных условиях.

Электрическое жидкостное отопление – достаточно дорогое отопление. Необходима возможность подключения к электролинии кабелем большой мощности. Обязательно разрешение на это снабжающей организации.

К достоинствам отопления электричеством можно отнести:

- Невысокая стоимость оборудования
- Легкая возможность контроля температуры в каждом помещении
- Экологичность
- Легкость монтажа и обслуживания

В пользу выбора отопления электричеством можно отнести факт перехода в Вашем районе на двойной (пониженный ночью) тариф на электроэнергию.

Прямое электрическое отопление обогревателями плитусного типа – самое доступное с точки зрения монтажа отопление. По стоимости эксплуатационных расходов – находится в среднем ценовом сегменте относительно других систем отопления.

К достоинствам такого отопления можно отнести:

- Невысокая стоимость оборудования;
- Легкая возможность контроля температуры в каждом помещении;
- Экологичность;
- Легкость монтажа и обслуживания;
- Взрыво-пожаробезопасность;
- Малые габариты и вес;
- Отсутствует необходимость в организации места и хранения больших запасов топлива.

Магистральный газ на сегодняшний день является самым дешевым для потребителей видом топлива. Несмотря на высокие цены подключения (растущие с каждым годом), преимущества данного вида топлива очевидны:

- Низкая (на сегодняшний день) стоимость эксплуатационных расходов;
- Высокая теплоотдача и КПД;
- Возможность полностью автоматизировать работу генератора тепла (котла) и отопительных приборов в зависимости от наружной температуры и прочих условий;
- Высокая безопасность (при соблюдении правил и нормативов) и надежность работы котлов;
- Крайне редкие перебои в подаче газа.

К недостаткам могут быть отнесены:

- Высокая стоимость подключения к газовой сети или ее невозможность;
- Необходимость использования для подключения к газовой сети, монтажа и обслуживания, только сертифицированных и лицензированных подрядных организаций (как правило, более дорогих);
- Взрыво-пожароопасность;
- Падение (обычно зимнее) давления газа в подающем газопроводе в два или три раза от нормированного (130 мм. вод. ст. или 13 мбар), снижающее тепловую мощность котла, а иногда делающего его работу невозможной.

В настоящем отчёте было произведено сравнение различных типов обогревателей и систем отопления дома, обогреватели плинтусного типа оказались наиболее экономичным вариантом для использования в качестве как дополнительного, так и основного отопления.

Тепла и уюта Вашему дому!