

*Безрукова Мария Николаевна*

магистрант

*Потапова Вера Андреевна*

магистрант

*Кривошеина Анастасия Витальевна*

магистрант

*Молчанов Иван Викторович*

магистрант

*Макарова Людмила Иннокентьевна*

магистрант

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный  
исследовательский технический университет»

г. Иркутск, Иркутская область

## **ОБЪЁМНЫЕ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

*Аннотация: в данной работе рассмотрены объемные системы отопления с использованием электрической энергией, а также проведено изучение и сравнение систем теплый пол с использованием электрической энергии и водяной теплый пол, приведены технико-экономические показатели систем. Приведен пример расчета двух систем теплый пол и рассмотрена каждая система отопления отдельно. На основе исследования системы теплый пол с использованием электрической энергии и сравнении его с водяным теплым полом, проведения технико-экономического анализа было установлено, что системы отопления с использованием электрической энергии имеют преимущества перед традиционными системами, т.е. выгодны и удобны для современных потребностей людей. Объемные системы отопления с использованием электрической энергии – это системы отопления будущего. Они благоприятно воздействуют на уровень комфорта человека и имеют наименьшие затраты.*

**Ключевые слова:** объемные системы отопления, теплые стены, теплый пол, потолочная система, комфорт.

Такая тема, как системы отопления электрической энергией сейчас очень актуальна, так как научно-технический прогресс требует новых подходов к строительству и эксплуатации зданий, а, следовательно, и новых видов систем отопления. Цель работы: рассмотреть объемные системы обогрева, исследовать одну из этих систем с целью выявления преимуществ данных систем перед традиционными системами отопления и произвести технико-экономический анализ [1, с. 39]. Тёплый пол является системой отопления, которая обеспечивает нагрев воздуха в помещении снизу, через отопительный прибор – тёплый пол (настил). Тёплый пол дает ощущения ровного и приятного тепла. Кроме того, большую популярность приобрел электрический тёплый пол в том числе и за счет интеллектуальных систем управления, которые позволяют снизить затраты электрической энергии, тем самым сделать данное отопление экономически выгодным [3, с. 72]. Электрические теплые полы имеют несколько разновидностей в зависимости от типа нагревательного элемента: традиционные кабельные, инновационные пленочные и стержневые. По аналогии с тёплым полом есть так называемые «теплые стены». Данная система отопления является достаточно обсуждаемой, но не пользуется должной популярностью из-за вопросов об ее эффективности. Но, несмотря на это, стеновое отопление позволяет обеспечить качественным теплом помещение. При использовании этой системы отопления появляется лучистый теплообмен, который отличается от конвекции и теплопроводности тем, что теплота сообщается через вакуум [8, с. 72]. Данный способ обогрева помещения является наиболее комфортным для людей и домашних животных, так как уменьшается или прекращается вовсе циркуляция пыли в отапливаемом помещении. Кроме того, данная система обогрева также позволяет экономить на электрической энергии, за счет того, что система создает необходимую температуру в помещении и дальше просто поддерживает ее, не происходит перегрева воздуха. Существует еще один вид электрического отопления – это потолочная система инфракрасного обогрева. Главное отличие данного отопления от традиционного водяного в том, что нагревается не воздух в

2 <https://interactive-plus.ru>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

помещении, а предметы и плоскости [2, с. 41]. Нагревательные приборы подвешиваются к потолку, чтобы направить тепловой поток вниз и немного в стороны. А нагревательной поверхностью выступает пол (напольное покрытие, которое нагревается инфракрасными лучами) [5, с. 165]. Довольно часто такое отопление используют как вспомогательное, например, чтобы создать «островок» тепла в рабочей зоне или зоне отдыха, что влияет на уровень комфорта человека [4, с. 12]. Теплоощущения человека (общие, локальные) – это в большей степени его собственное отношение к своему объективному состоянию, которое обусловлено суммой факторов, определяющих теплообмен с окружающей средой. Под воздействием тепла и холода у человека изменяются кровоснабжение кожи и подкожной клетчатки, их температура, а также температура венозной крови, что является главной причиной появления ощущений теплового дискомфорта. В качестве испытуемых объектов была использована серия домов, построенных в районе города Шелехова. Для подогрева пола используются два основных вида: водяной и электрический. Водяной тип подогрева осуществляется от централизованного источника или от автономного. В свою очередь, электрический вид подразделяется на кабельный и пленочный, так называемый сверхтонкий теплый пол [6, с. 158]. Общая структура водяных теплых полов показана на рисунке 1, где 1 – перекрытие, 2 – теплоизоляция, 3 – труба, 4 – цементно- песчаная стяжка, толщина которой не менее 30 мм, 5 – декоративное покрытие. Сверхтонкий тёплый пол укладывается без стяжки и клея, толщина при этом не более 3 мм. Электрическую систему подогрева пола обычно укладывают под кафельной плиткой, поскольку поверхность плитки воспринимается человеком как холодная, при этом плитка обеспечивает отличную теплопередачу.

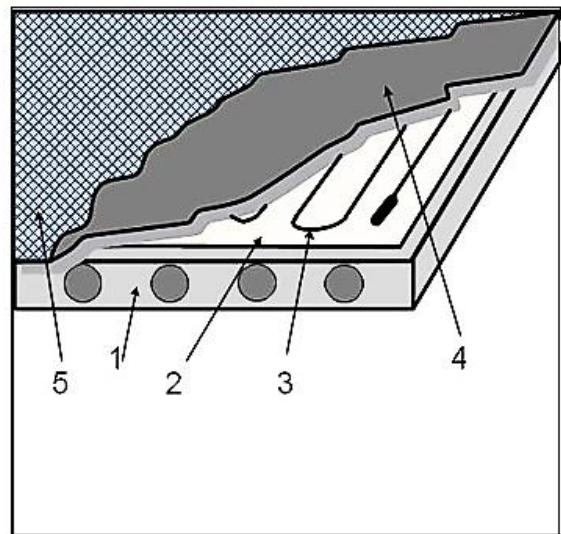
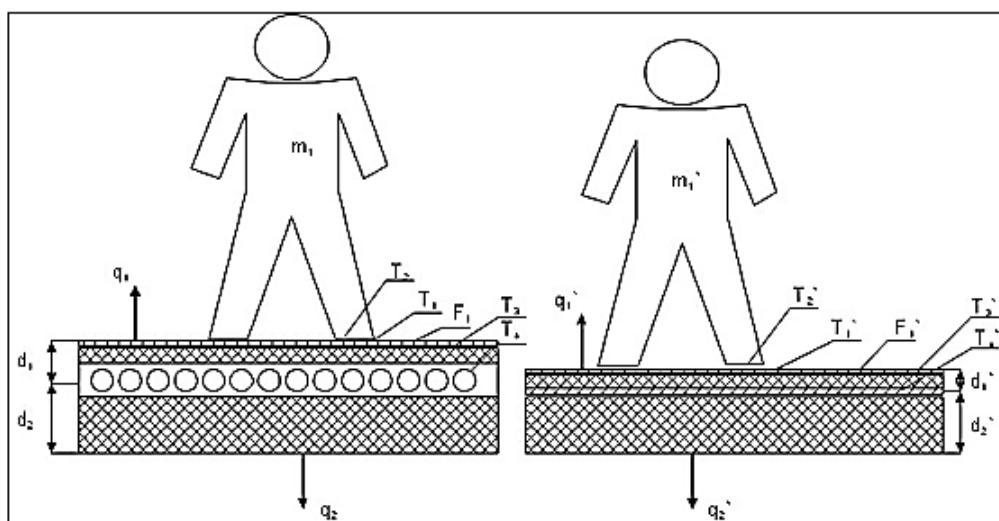


Рис. 1. Структура водяных полов

Применение плоских нагревательных элементов на полиамидной, стеклотекстолитовой или карбоновой основе показало, что конструкции сверхтонких теплых полов работают эффективней. Несмотря на то, что из-за небольшой массы конструкции, измеренный по стандартным методикам КПД варьируется в пределе от 74 до 82%, коэффициент эффективности значительно превосходит все имеющиеся аналоги. Обоснование эффективности показано на рис. 2. Кроме этого, обычные системы обогрева пола не могут корректно работать [7, с. 6] с напольным покрытием типа ламинированный паркет, по причине укладки ламина на специальную подложку, которая затрудняет теплопередачу водяной системы обогрева. Вследствие чего во много раз повышается непроизводительный расход электроэнергии [10, с. 6].



## Рис. 2. Конструкции систем теплого пола

На рис. 2 изображены принципиальные конструкции систем теплых полов: традиционные [9, с. 5] на основе водяного отопления и на основе электрической энергии.

$t_1; t_2; t_3; t_4$  – температуры поверхностей;  $d_1; d_2$  – толщины теплопроводных слоев;  $F_1$  – площади теплопередающих слоев;  $q_1; q_2$  – количество тепла (тепловой поток);  $m_1$  – тепловоспринимающая масса (человек)

Из рис. 2 видно, что часть параметров удовлетворяет условию:  $F_1 = F_1'$ ;  $t_1 = t_1'$ ;  $t_2 = t_2'$ ;  $m_1 = m_1'$

Соответственно, из условия однозначности температуры, материала, формы и площади греющих поверхностей, количество тепла  $q_1 = q_1'$ .

Для соблюдения этого условия к поверхности  $F_1$  и  $F_1'$  должно поступать эквивалентное количество тепла. Используя уравнение Ньютона, находим необходимое количество тепла:

$$Q_1 = \lambda l / \beta l (t_4 - t_1) F_1 \quad (Q_1)' = \lambda l' / \beta l' (t_4' - t_1') F_1'$$

$\lambda/d$  – термическое сопротивление, где

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности  $\text{Bt}/\text{m}^\circ\text{C}$

$d$  – толщина слоя, м

соответственно, имеем:  $\lambda l / d l (t_4 - t_1) = \lambda l' / d l' (t_4' - t_1')$ ;

$\lambda l, \lambda l'$  – теплопроводность теплоизоляции и напольного покрытия;

$$\lambda l / d l = 1 / 0,03 = 33,33; \lambda l' / d l' = 1 / 0,003 = 333,33,$$

следовательно,  $\lambda l / d l = 0,1 \lambda l' / \beta l'$ , для сохранения равенства теплового потока при минимальном значении  $(t_4' - t_1') = 3 \rightarrow (t_4 - t_1) = 30$ . Температура поверхности ограничена значением  $26^\circ\text{C}$ , соответственно температура греющего слоя равна:

$$t_1 = t_1', t_4' = 29^\circ\text{C}; t_4 = 56^\circ\text{C}$$

средняя температура конструкции составляет:

$$tcp = (56 + 26) / 2 = 41^\circ\text{C}; tcp' = (29 + 26) / 2 = 27^\circ\text{C};$$

Имея прямую зависимость расхода электроэнергии от температуры  $N_1/N_1' = tcp/t'cp = 1,5$ , что составляет уменьшение расхода электроэнергии на 33%.

Для сравнения потерь тепла в окружающую среду (воздух) принимаем потери тепла  $q_2$  и  $q'2$  (по большей поверхности)

$$Q_2 = ((t_4 - t_{возд}) / \Sigma \lambda / \beta + 1 / \lambda_2) F$$

При равных условиях по теплоизоляции  $\Sigma \lambda / \beta_2 = \Sigma \lambda / \beta'2$ , коэффициент теплопередачи ( $\lambda_2$ ) в окружающую среду и температура воздуха ( $t_b = -20^\circ\text{C}$ ), получим следующее приблизительное соотношение потерь:

$$q_2/q'2 = (t_4 - t_b) / (t'_4 - t_b) = (56 + 20) / 29 + 20 = 1,55.$$

При наших испытаниях в однозначных условиях получены результаты того, что потери тепла в окружающую среду снижаются в 1,5 раза при системе теплый пол с использованием электрической энергии. Учитывая, что потери тепла составляют min 20% – это еще снижение расхода энергии на 7%. Приблизительное сравнение показало, что применение электрической системы теплый пол снижает расход электроэнергии на 40%. (33 + 7), а по сравнению с традиционными системами, себестоимость конструкций теплый пол снижается более чем в 3 раза.

Технико-экономический анализ систем обогрева приведен в таблице 1.

Таблица 1

#### Технико-экономический анализ систем отопления

Система отопления	Теплый пол	Стеновое	Потолочное
Стоимость оборудования, монтажа и подключения (100 кв. м)	От 150 тыс. руб.	От 130 тыс. руб.	От 130 тыс. руб.
Стоимость отопительного сезона (210 суток)	85 тыс. руб.	70 тыс. руб.	20–25 тыс. руб.
Необходимость проведения проектных работ	Необязательно	Необязательно	Необязательно
Длительность монтажа и пусконаладочных работ	2–3 дня	2 дня	1 день
Влияние на человека	Не снижает влажность воздуха Не сжигает кислород в помещении Благотворно влияет на человека Восполняет солнечное голодание в осенне-зимний период		

Итак, мы увидели, что все вышеперечисленные системы отопления имеют большое преимущество перед традиционными за счет снижения потерь тепла, о чем свидетельствует наше исследование; наименьшей себестоимости; также

6 <https://interactive-plus.ru>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

обладают интеллектуализацией, что значительно снижает затраты при использовании; отсутствия негативного влияния на состояние человека, а даже наоборот, имеют позитивное воздействие на комфорт и общее самочувствие людей.

### ***Список литературы***

1. Низовцев М.И. Определение тепловых характеристик и энергопотребления электрического теплого пола «греющий кабель» // Ползуновский вестник. – 2015. – №4. – Т. 1. – С. 39–46.
2. Плаксина Е.В. Характерные особенности систем напольного отопления // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – №2 (11). – С. 41–51.
3. Рылов А. Поля тёплые и энергоэффективные // Энергия: экономика, техника, экология. – 2016. – №11. – С. 70–75.
4. Тверской М.М. Управление тепловым режимом здания при комбинированной системе отопления / М.М. Тверской, Д.В. Румянцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2013. – Т. 13. – №4. – С. 4–15.
5. Шипилов В.Н. К методике расчётов лучистого отопления помещений // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2016. – №4 (40). – С. 163–169.
6. Шелехов И.Ю. Особенности применения системы «теплый пол» в условиях Сибири / И.Ю. Шелехов, В.А. Янченко // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2011. – №12. – С. 156–160.
7. Lu M. A Framework for Transmission Planning in a Competitive Electricity Market / M. Lu, Z.Y. Dong, T.K. Saha // 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conf. and Exp.: Asia and Pacific, Dalian, China, Aug. 14–18. – 2010. – 6 p.
8. Olofsson T. Building energy parameter investigations based on multivariate analysis / T. Olofsson, S. Andersson, J.-U. Sjogren // Energy and Buildings. – 2009. – №41. – P. 71–80 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icheh.com/Files/Posts/Portal1/10vm.pdf> (дата обращения: 24.03.2016).
9. Simard G. Distribution automation: Applications to move from today's distribution system to tomorrow's Smartgrid / G. Simard, D. Chartrand, P. Christophe // IEEE PES General Meeting, Calgary, Canada, July 26–30. – 2011. – 5 p.

10. Chuand A. Function of a local controller to coordinate distributed resources in a Smart Grid / A. Chuand, M. McGranaghan // IEEE PES General Meeting, Pittsburgh, USA, July 20–24. – 2010. – 6 p.