УДК 539.4

© Ю. Н. Казаков, д-р техн. наук, профессор

© К. А. Новикова, студентка

© Г. Д. Макаридзе, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, kseniiianovik@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-109-116

© Yu. N. Kazakov, Dr. Sci. Tech., Professor

© K. A. Novikova, student

© G. D. Makaridze, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, kseniiianovik@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛЫХ ПОЛОВ

OPTIMIZATION OF SELECTION AND TECHNOLOGY IMPROVEMENT FOR UNDER FLOOR HEATING DESIGN

Рассмотрены все возможные варианты отопления дома теплыми полами. Проведен анализ и расчет каждой системы с выявлением сильных и слабых сторон. На основе анализа выбран самый экономически выгодный и экологичный способ отопления, который можно использовать повсеместно. Авторами разработана технология применения теплых полов с глицерином, которая имеет высокий уровень технологичности, простоты и доступности при монтаже и эксплуатации в течение всего жизненного цикла.

Ключевые слова: отопление, теплый пол, глицерин, монтаж.

The paper considers all possible options for providing homes with under floor heating. An analysis and calculation of each system is carried out, with the identification of strengths and weaknesses. Based on the analysis, there is chosen the most cost-effective and environmentally friendly heating method which can be used everywhere. A new technology developed by the authors for using of floors with glycerin is substantiated, which has a high level of manufacturability, simplicity and affordability during installation and operation throughout the life cycle.

Keywords: heating, under floor heating, glycerin, installation.

В настоящее время существуют разные способы отопления частного дома, и далеко не всегда понятно, какой из них будет оптимальным. Рассмотрим все возможные способы устройства теплых полов и определим условия их выбора.

Самое широкое распространение в нашей стране получило водяное отопление, но существуют также и воздушные системы отопления, электрические, системы, использующие альтернативные источники энергии. Нередко дом отапливают, комбинируя вышеперечисленные системы. Выбирая способ отопления, также необходимо подобрать и вид отопительных приборов. Это могут быть разных типов радиаторы, конвекторы, инфракрасные излучатели, стеновые панели, теплые полы и т. д. Современные дома почти все без исключения обходятся без

радиаторов, ведь вполне достаточно грамотно спроектированной системы теплых полов. Такой метод позволяет устроить лучшее распределение тепла по комнате, так как хорошо прогреваются 1–1,5 м над полом, а выше воздух уже остывает, что также позволяет избежать лишних трат. Визуально теплый пол очищает интерьер от громоздких радиаторов.

С этой целью нами проведена оптимизация выбора технологии устройства теплых полов в зданиях. Для примера решим, что дом, для которого будут проводиться расчеты, находится в Пушкинском районе Санкт-Петербурга (климатический район IIВ). Собираем из легких сэндвич-панелей. Общая отапливаемая площадь 238,25 м². Необходимо определить, какой именно теплый пол по технологии идеально будет соот-

ветствовать критериям оптимальности: максимум комфорта, безопасности и минимум затрат. Как показали наши исследования литературы и практики, чаще всего применяют два базовых вида теплых полов: водяной и электрический.

1. Электрические полы

Различают несколько видов электрических теплых полов. Самая первая и поэтому самая распространенная система электроотопления пола представляет собой электрический провод с большим сопротивлением, благодаря которому он нагревается [1, 2, 7, 16]. Обычно характеристики кабеля зависят от производителя. Стоит подбирать его таким образом, чтобы его температура не плавila финишное покрытие, но вместе тем тепло проходило сквозь него и отапливало помещение. Основная сложность монтажа одножильного кабельного теплого пола в том, что второй конец токопроводящей жилы должен прийти в начальную точку подключения сети. Двухжильные кабели в этом плане гораздо удобнее, потому что представляют собой две токопроводящие жилы, соединенные на одном конце. Его монтировать легче. Схемы расположения одножильного и двухжильного кабеля представлены на рис. 1.

Существует также саморегулирующийся кабель, который самостоятельно изменяет силу сопротивления, а следовательно, и уровень нагрева, в зависимости от температуры помещения. Благодаря этому происходит экономия электроэнергии. Важно отметить, что на работу такого

кабеля не влияют ошибки укладки и монтажа, он будет функционировать. Но, к сожалению, он недолговечен.

Сейчас для облегчения и ускорения монтажа используют нагревательные маты (рис. 2, 3), которые представляют собой те же кабельные системы, но уже закрепленные с необходимым шагом на полимерной сетке.

Для матов обычно используют кабели малого диаметра, что позволяет монтировать их в клей, а не стяжку. Это большое преимущество перед обычным кабельным теплым полом, так как позволяет сохранить объем помещения, не «сдвигая» его высоты.

Модель технологии монтажа кабельного пола представлена на рис. 4. Такая схема подходит и для монтажа нагревательных матов, но для них можно делать стяжку меньше или использовать клей.

Выполним расчеты по суммарной стоимости материалов и монтажа, также годового отопления для каждого из вышеперечисленных типов электрического пола. Они представлены в табл. 1–4.

В табл. 1 представлен расчет стоимости экономварианта электрического пола из одножиль-

Рис. 1. Схема, изображающая особенности раскладки двухжильного и одножильного кабелей

Рис. 2. Пример монтажа кабелей теплого пола

Рис. 3. Пример монтажа матов теплого пола

ного кабеля. Два рабочих будут работать по 12 ч в день, укладывая 30 м²/день. Монтаж займет 8 дней, а общая стоимость 1 м² электрического пола с одножильным кабелем составит примерно 1500 руб.

В табл. 2 представлен более дорогой вариант монтажа электрического пола из одножильного кабеля, при условии что в день рабочие будут успевать монтировать 30 м² пола. Стоимость 1 м² электрического пола с одножильным кабелем в таком случае составит 1700 руб.

Стоимость отопления в год считается при условии, что девять месяцев пол работает по 18 ч в сутки с учетом остывания и нагрева (табл. 3).

Общая стоимость (с монтажом) пола из двухжильного кабеля составляет 383 тыс. руб. (экономвариант) и 550 тыс. руб. (бизнес-вариант). При этом годовые затраты тоже ощутимо отличаются (табл. 4).

Рис. 4. Модель укладки электрического теплого пола

Таблица 1

Результаты расчетов общей стоимости электрического теплого пола с одножильным кабелем

№ поз.	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Электрический пол (одножильный кабель) (эконом)				
1	Теплоотражающий материал CALEO «Изолон» ППЭ-Л-5	48	1173,00	56 304,00
2	Кабель одножильный «Теплолюкс» ТЛОЭ	95	1200,00	114 000,00
3	Ровнитель (стяжка пола) СТАРТОЛАЙН FC41 Н	408	241,00	98 328,00
4	Стоимость монтажных работ	239	300,00	71 700,00
Итого				340 332,00

Таблица 2

Результаты расчетов общей стоимости электрического теплого пола с одножильным кабелем

№ поз.	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Электрический пол (одножильный кабель)				
1	Теплоотражающий материал CALEO «Изолон» ППЭ-Л-5	48	1173,00	56 304,00
2	Кабель одножильный «Теплолюкс» ТЛОЭ	110	1200,00	132 000,00
3	Ровнитель (стяжка пола) первичный «Крепс» РВ 25 кг	408	300,00	122 400,00
4	Стоимость монтажных работ	239	300,00	71 700,00
Итого				382 404,00

Таблица 3

Результаты расчетов работы в течение года электрического теплого пола с одножильным кабелем

Потребляемая мощность, кВт · ч	Стоимость отопления в год, руб.
64 800	327 726

Таблица 4

Результаты расчетов работы в течение года электрического теплого пола с двухжильным кабелем

Потребляемая мощность, кВт · ч	Стоимость отопления в год, руб.
44 802	269 892

Расчет затрат на монтаж нагревательных матов представлен в табл. 5. Монтаж теплого пола нагревательными матами займет шесть дней, при условии что рабочие в день будут укладывать 40 м².

Получаем, что 1 м² теплого пола с нагревательными матами стоит 3000 руб. Стоимость отопления нагревательными матами за год составляет около 370 тыс. руб.

К электрическим системам обогрева относятся также инфракрасные пленочные системы и нагревательные инфракрасные стержни. Пример модели укладки инфракрасной пленочной системы представлен на рис. 5.

Инфракрасные пленочные полы представляют собой углеродные полосы, соединенные серебряными или медными жилами, проводящими к ним ток, защищенные с двух сторон плотным полимером, который предотвращает попадание влаги на них, возгорания и механические повреждения. Такая система обладает низкой инерционностью, из-за чего быстро нагревается и остывает. Ее можно не держать всегда включенной, а нагревать при необходимости, что позволяет экономить энергию на 25–30 %. Она проста в монтаже и при бережном демонтаже может использоваться повторно. Инфракрасная пленка совершенно не уменьшает объем помещения, так как очень тонкая и не требует стяжки.

Система инфракрасных нагревательных стержней — одна из новых и удобных систем. Она безопаснее пленочных систем, но не менее

Рис. 5. Пример модели теплого пола с инфракрасными панелями

эффективна. Основой такого пола является композитный нагревательный элемент на базе карбона. В стержне содержатся соединения пластичного полимера и углерода. Полимер расширяется при нагреве, разрывая контакт между углеродными элементами, проводящими ток, из-за чего падает мощность и растет сопротивление. Такая возможность саморегуляции очень полезна, она не дает перегреваться полам и нет необходимости заранее продумывать планировку (или всегда придерживаться только одной). Обычно греющие элементы идут с шагом 10–20 см и соединены параллельно. Это позволяет системе продолжать работу при выходе из строя одного или нескольких стержней в цепи, и напряжение всегда одинаковое, обычно 220 В. Основное отличие в монтаже такой системы от инфракрасных пленочных панелей заключается в том, что стержни заливают стяжкой. Они не деформируют ее, но при этом прогревают, равномерно распределяя

Таблица 5

Результаты расчетов общей стоимости электрического теплого пола с нагревательными матами

№ поз.	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Электрические маты				
1	Теплоотражающий материал CALEO «Изолон» ППЭ-Л-5	48	1173,00	56 304,00
2	Комплект теплого пола Thermomat TVK-260 2 м ² , 50 × 400 см, без регулятора, под плитку	27	6600,00	178 200,00
3	Комплект теплого пола Thermomat TVK-LP 1 м ² , 50 × 200 см, без регулятора, под паркет/ламинат	124	2300,00	285 200,00
4	Стяжка из гипсоволоконных плит	220	365,00	80 300,00
5	Вспененный полиэтилен 50 м × 1,05 м (5 мм)	5	1164,00	5820,00
6	Стоимость монтажных работ	240	500	120 000,00
Итого				725 824,00

тепло по всей массе, а впоследствии и по всему объему помещения.

2. Устройство водяного пола

Анализ литературы показал, что водяные теплые полы очень распространены в России, так как считаются самым эффективным и одновременно экономичным способом отопления дома [2, 7–16].

Общий принцип устройства водяного теплого пола изображен на рис. 6, 7.

Монтируя такой пол, вдоль стен и перегородок укладывают демпферную ленту для компенсации теплового расширения стяжки. Затем на очищенное от мусора перекрытие кладут гидроизоляцию. Для нее подойдет обычная полиэтиленовая или ПВХ-пленка, гидроизоляционная мембрана, жидкая силиконовая мембрана, цементно-полимерная обмазочная гидроизоляция или стеклоизол, который подходит при гидроизоляции по грунту. Гидроизоляцию заводят на стену на 15 см в высоту. Затем укладывают теплоизоляцию с минимальной толщиной 300 мм

и плотностью от 40 кг/м^3 . При отоплении первого этажа, под которым находится цокольный этаж, теплоизоляция должна быть 50–100 мм толщиной. Для второго этажа при отопляемом первом достаточно 20–50 мм. Так как трубы фиксируются непосредственно на теплоизоляции, то она может быть подготовлена и иметь специальные пазы и столбики. Использование стяжки зависит от вида теплоизоляции и способа фиксации труб, она не всегда нужна. Если ее делают, то обязательно добавляют пластификаторы, чтобы она не трескалась и не разбухала от перепадов температуры. Иногда стяжку усиливают армирующей сеткой, поверх кладут финишное покрытие.

Нам неизвестна расстановка мебели в принятом доме, примем, что лучше всего использовать схему раскладки улиткой (см. рис. 6). Так помещения будут обогреты равномерно.

Ниже приведены расчеты стоимости устройства теплого водяного пола. В табл. 6 представлен более бюджетный вариант.

Рис. 6. Варианты укладки труб теплого водяного пола

Рис. 7. «Пирог» устройства теплого водяного пола

Рис. 8. Укладка труб на профилированные листы пенополистирола

Монтаж таких полов занимает у двух рабочих 10 дней по 12 ч работы (рис. 8, 9), если в день рабочие будут в день монтировать 24 м². Общая стоимость 1 м² водяного теплого пола (эконом-вариант) составит 1600 руб. При отсутствии необходимости экономить на материале и монтаже стоимость будет 1770 руб./м².

Для нагрева воды в трубах отопления на каждом этаже установлен газовый котел стоимостью около 40 тыс. руб. За год при средней месячной температуре января –10 °С и средней месячной температуре июля +15 °С на отопление уходит в районе 200 тыс. руб. (табл. 7).

С учетом проведенного исследования нами предлагается усовершенствование: воду в трубах отопления предлагаем заменить на глицерин, так как он имеет большую теплоемкость, замерзает только при –25 °С и при замерзании не расширяется, то есть можно избежать разорванных труб и необходимости демонтировать полы. Также глицерин не проводит электричество.

Сводные расчеты стоимости отопления в год для основных вышеперечисленных 12 типов техно-

Рис. 9. Монтаж труб отопления на утеплитель

логий устройства теплого пола представлены в табл. 8 (расчет годовых затрат на электричество для отопления сделан при условии, что 1 кВт · ч стоит 3,5 руб.).

Выводы

1. Установлено, что оптимальный по критериям максимума комфорта, экономической выгоды

Таблица 6

Результаты расчетов общей стоимости теплого водяного пола

№ поз.	Наименование	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Водяные теплые полы (эконом)				
1	Труба металлополимерная VALTEC PEX-AL-PEX $d = 16 \times 2$	1500	55,00	82 500,00
2	Пленка полиэтиленовая 1-й сорт (3 × 100 м; 100 мкм)	4	6985,00	27 940,00
3	Экструдированный пенополистирол «Пеноплэкс Комфорт» 100 × 585 × 1185 мм	196	286,00	56 056,00
4	Экструдированный пенополистирол «Пеноплэкс Комфорт» 50 × 585 × 1185 мм	147	147,00	21 609,00
5	СТАРТОЛАЙН FC41 Н	408	241,00	98 328,00
6	Лента кромочная демпферная 6 × 100 мм 10 м самоклеящаяся	10	259,00	2590,00
7	Стоимость монтажных работ	240	400,00	96 000,00
Итого				385 023,00

Таблица 7

**Результаты расчетов работы в течение года
водяного теплого пола**

Потребляемая мощность, КВт · ч	Стоимость отопления в год, руб.
41 640	205 632

Таблица 8

**Затраты на отопление на 1 м² каждого типа
пола**

№	Тип пола	Стоимость 1 м ² (с монтажом)	Затраты на отопление 1 м ² /год
1	Электрический пол (одножильный кабель, эконом)	1500	1400
2	Электрический пол (одножильный кабель)	1700	
3	Электрический пол (двужильный кабель, эконом)	1600	1200
4	Электрический пол (двужильный кабель)	2300	
5	Электрический мат	3000	1600
6	Инфракрасная пленочная система (эконом)	1300	2900
7	Инфракрасная пленочная система	1900	
9	Нагревательные инфракрасные стержни (эконом)	2900	1700
10	Нагревательные инфракрасные стержни	3700	
11	Водяной пол (эконом)	1600	860
12	Водяной пол	1800	

и экологичности — это способ устройства теплых полов в виде водяных полов. Его установка в сравнении с установкой электрических полов проще, а содержание — в 1,5–2 раза дешевле.

2. Предложено при устройстве водяного теплого пола заменить воду на глицерин, что сократит затраты на нагревание жидкости, повысит безопасность системы, так как его теплоем-

кость выше, чем у воды на 40 %, и он не проводит электричество.

3. Выявлено, что водяной пол выгоден и возможен не всегда. Часто устройство такого пола в квартире проблематично, так как оно съедает пространство, и обычно нет места для установки котла для нагрева жидкости, а запитывание такой системы пола от центральной системы отопления невозможно. В таких случаях нами рекомендуется как оптимальный электрический теплый пол, он более выгодный и удобный.

4. Показано, что электрический пол рекомендуется выбирать, если люди минимизируют личное время и силы на обслуживание теплого пола. Для жидкостного теплого пола требуются: проверка труб; быстрое реагирование на протечки; если используется не вода, а другая жидкость, — ее своевременная замена и др. Также электропол более выгоден, если необходимо протопить маленькие площади, где нецелесообразно монтировать водяной пол.

Библиографический список

1. Бадьин Г. М., Сычев С. А., Макаридзе Г. Д. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 464 с.
2. Казаков Ю. Н., Захаров В. П., Морозов А. М. Технология возведения зданий. СПб.: Лань, 2018. 256 с.
3. Назарова В. И. Современный монтаж электропроводки и теплых полов. М.: Рипол Классик, 2011. 300 с.
4. Зарубина Л. П. Устройство полов. Материалы и технологии. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 320 с.
5. Ярков И. Д. Отопление водяным полом // Наука и инновации в современных условиях. Ч. 2. 2018. С. 137–139.
6. Ярков И. Д. Использование теплых полов при отоплении домов // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития. Ч. 1. 2018. С. 71–74.
7. Babiak J., Olesen Bjarne W., Petráš D. Low temperature heating and high temperature cooling: embedded water based surface heating and cooling systems. 2nd ed. Brussels: REHVA, 2013. 108 p.
8. Vasiliev V. F. Ecological influence of industrial buildings with aeraty on the quality of city air // Water and Ecology. 2017. Vol. 4. Pp. 70–75.
9. Гершкович В. Ф. Расчет диаметра труб для «теплого пола» // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2010. № 11 (107). С. 44–45.

10. Gladstone C., Woods A. On buoyancy-driven natural ventilation of a room with a heated floor // *Journal of Fluid Mechanics*. 2001. Vol. 441. Pp. 293–314.

11. Липов Ю. М., Третьяков Ю. М. Котельные установки и парогенераторы. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. 592 с.

12. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление. М.: АСВ, 2002. 576 с.

References

1. Bad'in G. M. *Tekhnologii stroitel'stva i rekonstruktsii energoeffektivnykh zdaniy* [Technologies of construction and reconstruction of energy-efficient buildings]. Pechatnoe delo Publ., BKhV-Peterburg Publ., 2017, 464 p.

2. Kazakov Yu. N., Morozov A. M., Zakharov V. P. *Tekhnologiya vozvedeniya zdaniy* [Technology of building construction]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2018, 256 p.

3. Nazarova V. I. *Sovremenniy montazh elektroprovodki teplykh polov* [Modern installation of electrical wiring of underfloor heating]. Ripol Klassik Publ., 2011, pp. 127–139.

4. Zubina L. P. *Ustroystvo polov. Materialy i tekhnologii* [Design of floors. Materials and technologies]. BKhV-Peterburg Publ., 2011, pp. 320 p.

5. Yarkov I. D. *Otoplenie vodyanym polom* [Water floor heating] // *Sb. trudov* «Nauka i innovatsii v sovremennykh usloviyakh» [In: coll. works "Science and innovation in modern conditions"]. Pt. 2, 2018, pp. 137–139.

6. Yarkov I. D. *Ispol'zovanie teplykh polov pri otoplenii domov* [Use of under floor heating for houses]. *Sb. trudov* «Nauka v sovremennom obshchestve: zakonomernosti i tendentsii razvitiya» [In: coll. works "Science in modern society: patterns and trends of development"]. Pt. 1. 2018, pp. 71–74.

7. Babiak J. *Low temperature heating and high temperature cooling: embedded water based surface heating and cooling systems*. 2-nd. ed. Brussels, REHVA Publ., 2013, 108 p.

8. Vasiliev V. F. Ecological influence of industrial buildings with aeraty on the quality of city air. *Water and Ecology*, 2017, vol. 4, pp. 70–75.

9. Greshkovich V. F. *Raschet diametra trub dlya «teplogo pola»* [Boiler installations and steam generators]. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie – 2010 – Plumbing, heating, air conditioning – 2010*, no. 11 (107), pp. 44–45.

10. Charlotte Gladstone, Andrew W. Woods. *On buoyancy-driven natural ventilation of a room with a heated floor*. Cambridge University Pres Publ., 2001, pp. 293–314.

11. Lipov Yu. M., Tret'yakov Yu. M. *Kotel'nye ustanovki i parogeneratory* [Boiler installations and steam generators]. Moscow, Izhevsk, NITs Regul'yarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ., 2003, 592 p.

12. Skanavi A. N., Makhov L. M. *Otoplenie* [Heating]. Moscow, ASV Publ., 2002, 576 p.