

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ НАПОЛЬНОГО ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

**Никитин Глеб Денисович**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: nikitin-bleb.nikitin@yandex.ru

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Системы напольного водяного отопления обеспечивают повышенный тепловой комфорт в помещении, вследствие рационального распределения температур по высоте помещений и низкой температуре поверхности. На основании этого системы «теплый пол» получили широкое распространение в строительстве для различных типов зданий и сооружений, включая здания жилых комплексов в частном строительстве и социальных объектов. Цель данной статьи заключается в исследовании процессов теплоотдачи напольного водяного отопления. В ходе детального исследования теоретических данных, научных разработок систем напольного отопления было выяснено, что существует ряд проблем, таких как перегрев и недостаточное количество методик, по которым можно было бы произвести инженерный расчет систем «теплый пол». Для изучения работы и теплотехнических параметров в системах напольного отопления была разработана экспериментальная установка, включающая в себя все основные элементы напольного водяного отопления. В заключении работы сделан и обоснован вывод о том, что в дальнейшей работе необходимо провести экспериментальные исследования, в ходе которых будут получены данные коэффициента теплоотдачи, по которым возможно изучить влияние коэффициента теплоотдачи на микроклимат помещений.

**Ключевые слова:** напольное водяное отопление, коэффициент теплоотдачи, микроклимат помещений, условия комфортности, теория подобия.

**Для цитирования:** Никитин Г. Д. Исследование процессов теплоотдачи напольного водяного отопления // Шаг в науку. – 2021. – № 4. – С. 64–67.

## RESEARCH OF HEAT TRANSFER PROCESSES OF FLOOR WATER PANEL-RADIATED HEATING

**Nikitin Gleb Denisovich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: nikitin-bleb.nikitin@yandex.ru

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** Underfloor water heating systems are widely used in buildings of types of buildings and structures, including the use of residential premises in a private room construction and social facilities. The purpose of this article is to study the heat transfer processes of underfloor water heating. In the course of a detailed study of theoretical data, scientific development of underfloor heating systems, there are a number of problems, such as overheating and an insufficient number of methods by which it would be possible to make an engineering calculation of «warm floor» systems. To study the work and heat engineering devices in underfloor heating systems, an experimental installation was installed, which includes all the main elements of underfloor heating. In the conclusion of the work, the conclusion is made and substantiated that further work is necessary to carry out experimental studies, during which data on the heat transfer coefficient will be obtained, if possible, to study the effect of the heat transfer coefficient on the microclimate of the premises.

**Key words:** underfloor water heating, heat transfer coefficient, indoor microclimate, comfort conditions, similarity theory.

**Cite as:** Nikitin, G. D. (2021) [Research of heat transfer processes of floor water panel-radiated heating]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 64–67.

«Теплым полом» называют отопительный прибор, который размещен в конструкции пола [4]. Напольное отопление обеспечивает максимальный комфорт в помещении, благодаря вертикальному распределению температур, близкому к идеальному, а также позволяет уменьшить размеры такой системы отопления и поддержать в оптимальном состоянии параметры микроклимата в помещении. Исходя из этого, «теплый пол» наиболее эффективен для применения в помещениях [7].

На распространение параметров микроклимата в отапливаемых помещениях оказывают влияние следующие факторы:

- температура в помещении и снаружи здания;
- теплотехнические свойства ограждающих конструкций;
- препятствия для перемещения воздуха;
- мощность и месторасположения системы отопления;
- характеристики системы вентиляции;
- влияние прочих источников теплоты и т. д.

Большое количество определяемых параметров, влияющих на внутреннюю среду помещения, определяет многогранность и системность проблемы, а также разнообразие путей ее решения [2].

Метод Фангера П. О., получивший значительное распространение во многих странах Европы, с точки зрения науки, является более обоснованным методом оценки теплового излучения на человека [6]. На основании теории Фангера П. О. тепловой комфорт в помещении основан на тепловом балансе человека. После множества экспериментов, которые проводились в закрытом помещении, были получены диаграммы условий комфорта. По данным диаграммам возможно определить значительное количество физических параметров замкнутого помещения, которые обеспечивают тепловой комфорт в помещении, присущий различной человеческой деятельности и свойствам одежды [8].

Наиболее практичный метод оценки микроклимата в помещении был разработан В. Н. Богословским. Им было допущено, что температурный комфорт зависит от температурного распределения в помещении. В итоге были сформулированы два условия комфортности, при которых человек испытывает тепловой комфорт, находясь в пределах рабочей зоны помещения [3].

Многолетний опыт использования помещений, в которых установлены системы напольного отопления, показывает, что в таких помещениях ощущается дискомфорт для людей, другими словами перегрев, что приводит к перерасходу тепловой энергии. Данный факт влечет за собой исследование теоретических данных, проведение пробных

экспериментов по изучению теплоотдачи [5].

На сегодняшний день используемые методы расчета систем «теплый пол» не учитывают реальные процессы теплообмена. Они основаны на использовании средних значений расчетных величин. В результате численное значение локальных и мгновенных параметров микроклимата остаются за рамками анализа [2].

Более подробное изучение данной проблемы возможно на основе поэтапных экспериментов, основанных на решении дифференциальных уравнений, описывающих параметры систем напольного отопления. В ходе математического моделирования процессов можно учесть все стороны конкретной проблемы и найти ее решения.

Для изучения работы и теплотехнических параметров в системах напольного отопления была разработана экспериментальная установка, включающая в себя все основные элементы напольного водяного отопления (рисунки 1, 2, 3).

Для изучения тепловых параметров систем напольного отопления лабораторный стенд имеет достаточно серьезное поле исследований:

- Определение теплотехнических характеристик, при стационарных условиях испытания;
- Определение теплотехнических характеристик, при нестационарных условиях испытания. Согласно закону Ньютона – Рихмана, имеется возможность рассчитать теплопередачу возможных поверхностей нагрева [1].

$$Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau, \quad (1)$$

где

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ,

$\Delta t$  – температурный напор, К,

$F$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>,

$\tau$  – единица времени при единичном температурном напоре, с.

Коэффициент теплоотдачи определяется экспериментальным путем, который зависит от следующих критериев:

- геометрические характеристики;
- режим течения теплоносителя;
- теплогидравлические свойства.

Исследование теплотехнических характеристик требует большого количества проведения опытов экспериментального исследования, в результате появляется необходимость применения теории подобия. Как следует из теории подобия, экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи выполняют на физических моделях, в которых происходит процесс той же физической природы, что и в объекте моделирования.

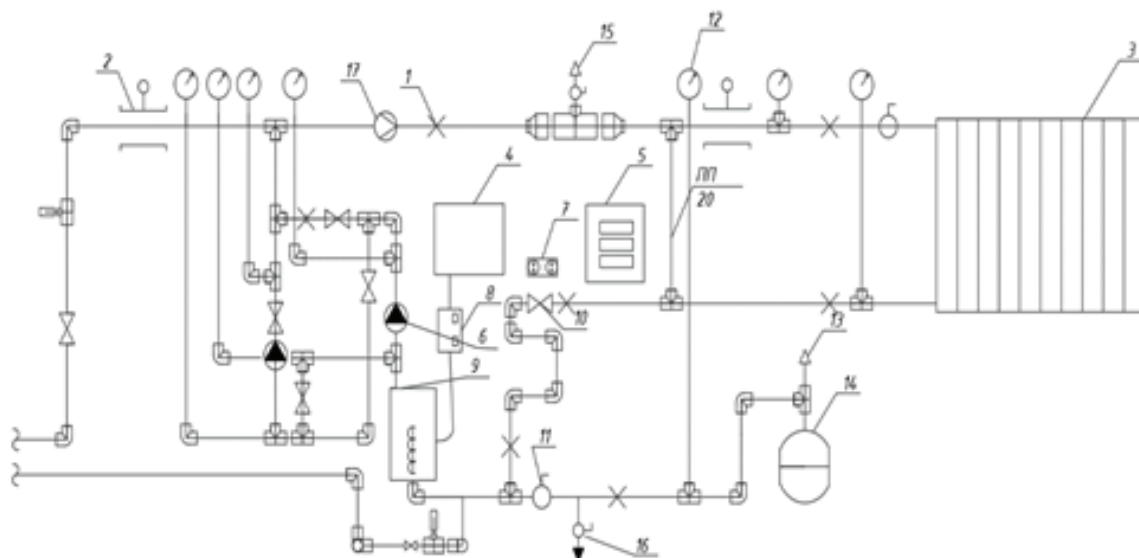


Рисунок 1. Устройство лабораторной установки – «Теплый пол»:

1 – НО; 2 – Счетчик «Взлет ЭР»; 3 – Радиатор на 10 секций; 4 – Щит распределительный навесной ЩРН-П-8; 5 – Температурный зонд термopара типа «Seitron»; 6 – Насос циркуляционный бытовой; 7 – Электрический соединитель (разъём); 8 – Контактор ИЕК КМИ-22560 25А 220В/АС3 IP54; 9 – Электрический котел 6 кВт «Stainless-Делсот»; 10 – Вентиль; 11 – Кран шаровой; 12 – Манометр; 13 – Предохранительный клапан «Valtec»; 14 – Расширительный бак; 15 – Воздухоотводчик; 16 – Спускной клапан; 17 – Расходомер «Бетар»

Источник: разработано автором

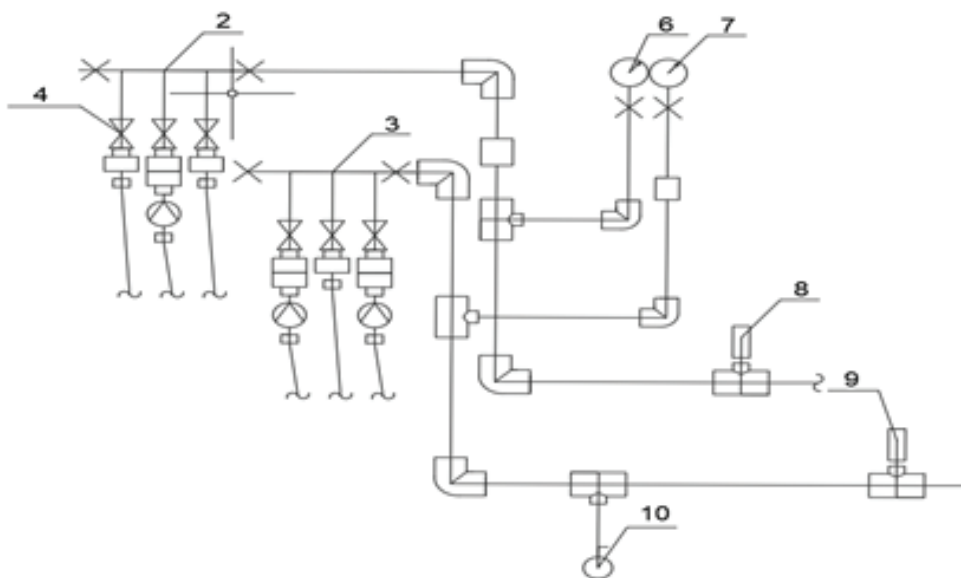


Рисунок 2. Устройство вводного узла установки: 1 – Гибкая подводка; 2 – Распределительная гребенка на подаче; 3 – Распределительная гребенка на обратке; 4 – Кран шаровой; 5 – Счетчик воды; 6 – Манометр на подаче; 7 – Манометр на обратке; 8 – Термометр на подаче; 9 – Термометр на обратке; 10 – Клапан

Источник: разработано автором

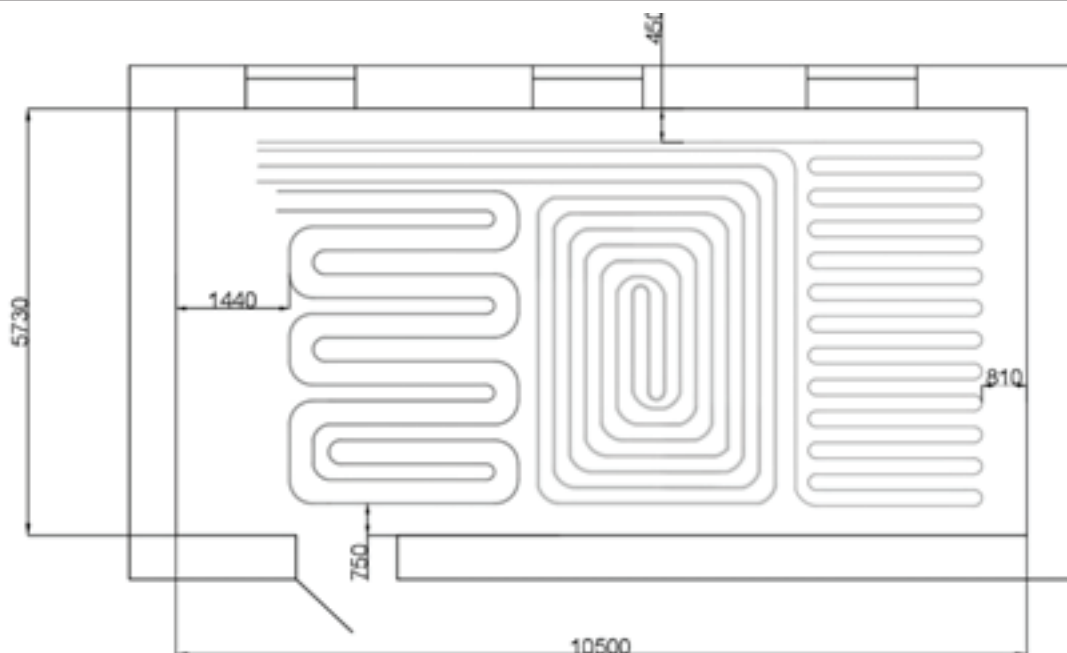


Рисунок 3. Схема расположения контуров: № 1 – «двойная змейка», № 2 – «спираль», № 3 – «простая змейка»

Источник: разработано автором

Для отображения процессов теплопередачи применяются безразмерные критерии, полученные методами анализа размерностей, поэтому к рассчитываемым критериям подобия относят безразмерные коэффициенты теплоотдачи – критерий Нуссельта и критерий Стантона [5].

Для проведения экспериментальных исследований по определению теплоотдачи напольного отопления применение методов теории подобия позволит сократить объем экспериментальных исследований, а также:

1. Проанализировать факторы исследуемого процесса и определить влияние отдельных факторов на изменение параметров;

2. Изучить параметры при установлении требований к условиям опыта и определить наиболее важные параметры для исследуемого процесса.

В дальнейшей работе необходимо провести экспериментальные исследования, в ходе которых будут получены данные коэффициента теплоотдачи, по которым возможно изучить влияние коэффициента теплоотдачи на микроклимат помещений.

### Литература

1. Верховинский И. Л., Яблонский Е. Ю., Бундигов А. В. Современные энергосберегающие отопительные системы с использованием теплого пола // Известия высших учебных заведений – 2013 – С. 42–45.
2. Дячек П. И., Захаревич А. Э. Моделирование микроклимата отапливаемых помещений // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – 2009 – № 2 – С. 34–47.
3. Куриленко Н. И. Научно-технические основы формирования микроклимата промышленных объектов с лучистыми системами отопления: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 – Тюмень, 2015. – 237 с.
4. Руденко Н. Н., Фурсова И. Н., Дьяченко А. С. Исследование распределения температур в системе напольного отопления // Инженерный вестник Дона – 2018 – № 1 – С. 38–41.
5. Тарабаров М. Б. Особенности напольного водяного панельно-лучистого отопления: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.03 – С.-Петербург., 2004. – 128 с.
6. Удовиченко З. В., Михайская О. В., Удовиченко Н. Р. Нормирование параметров микроклимата // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. № 5 (127). С. 72–77.
7. Фурсова И. Н., Терезников Ю. А., Исследование влияние температуры внутреннего воздуха на распределение температуры поверхности тёплого пола // Инженерный вестник Дона – 2012 – № 1. – С. 56–58.
8. Fanger P. O. (1973) Thermal comfort [Text] –New York: Mc Grow Hill Book Co. New York, 244, p.

Статья поступила в редакцию: 03.06.2021; принята в печать: 08.11.2021.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.