

УДК 697.353.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НАПОЛЬНОГО ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Черкасов Владислав Сергеевич, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: vlad.cherkasov.1998@mail.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.** Система автономного теплоснабжения широко используется в гражданских зданиях и сооружениях. В настоящее время для строительного комплекса России проблема энергосбережения является одной из важнейших. Набирает популярность система водяного панельно-лучистого отопления, а именно «теплый пол». В данной статье рассматривается проблема сохранения условий комфорта на том же уровне при понижении температуры в помещении. Актуальность исследования заключается в получении и экспериментальных данных для дальнейшего использования их в данной системе. Оптимальные параметры микроклимата, воздействуя на человека, способны обеспечить нормальное тепловое состояние организма без задействования механизмов терморегуляции, обеспечивая ощущение теплового комфорта. На основании проведенного анализа литературы были найдены наиболее эффективные решения данной проблемы. Определение и решение дифференциальных уравнений помогает изучить ее и описать поведение системы. Дальнейшие исследования включают в себя установку взаимосвязи факторов исследуемого процесса и выделение наиболее значимых параметров при установлении требований к условиям эксперимента.*

***Ключевые слова:** панельно-лучистое отопление, низкотемпературный режим, условия комфорта, теплоснабжение, коэффициент гидравлического сопротивления, микроклимат, теплый пол.*

***Для цитирования:** Черкасов В. С. Исследование процессов гидравлического сопротивления отопительных систем напольного водяного отопления // Шаг в науку. – 2022. – № 1. – С. 35–39.*

RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE PROCESSES IN UNDERFLOOR WATER HEATING SYSTEMS

Cherkasov Vladislav Sergeevich, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: vika.asf.osu@gmail.com

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.** The autonomous heating system is widely used in civil buildings and structures. At present, for the construction complex of Russia, the problem of energy saving is one of the most important. The system of water-based radiant panel heating, namely “warm floor”, is gaining popularity. This article discusses the topic of maintaining comfort conditions at the same level when the room temperature drops. The relevance of the study lies in obtaining experimental data for their further use in this system. The optimal parameters of the microclimate, acting on a person, are able to provide a normal thermal state of the body without involving the mechanisms of thermoregulation, providing a feeling of thermal comfort. Based on the analysis of the literature, the most effective solutions to this problem were found. Defining and solving differential equations helps you to study it and to describe the behavior of the system. Further research includes the establishment of the relationship between the factors of the process under study and the selection of the most significant parameters when establishing the requirements for the experimental conditions.*

***Key words:** radiant panel heating, low-temperature mode, comfort conditions, heat supply, hydraulic resistance coefficient, microclimate, underfloor heating.*

Cite as: Cherkasov, V. S. (2022) [Research of hydraulic resistance processes in underfloor water heating systems]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 35–39.

Система автономного теплоснабжения широко используется в гражданских зданиях и сооружениях. В настоящее время для строительного комплекса России проблема энергосбережения для данных систем является одной из важнейших. С учетом роста цен на энергоносители используются более дешевые в эксплуатации современные отопительные системы и устройства, производимые и функционирующие в соответствии с требованиями охраны окружающей среды. Автономные системы отопления имеют две составляющие – источники тепла и потребители.

К первым относят множество вариантов, которые позволяют получать тепло в результате переработки твердого и жидкого топлива, газа, электричества и альтернативных источников. Примером источника являются крышные, встроенные или пристроенные котельные, индивидуальные котлы.

Потребителями являются такие теплоиспользующие санитарно-технические системы зданий, как системы отопления, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения и вентиляции, а также технологические установки. Сезонные (потребность

в теплоснабжении является актуальной только в холодное время года) и круглогодичные (потребность в теплоснабжении круглый год). Таким образом, выделяют три характерные группы теплопотребления – жилые, общественные и промышленные здания и сооружения.

В связи с желанием уменьшить энергозатраты набирают популярность системы водяного панельно-лучистого отопления, а именно система «теплый пол» [3], основанная на низкотемпературном режиме работы теплоносителя. Ранее теплый пол использовался как дополнительная система отопления для создания комфортных условий в помещениях [5; 7]. Принцип действия заключается в распределении теплоты по помещению через пол и стены. Благодаря равномерному распределению температуры в помещении стало возможным понизить температуру воздуха с сохранением условий комфорта на том же уровне [1]. Примеры показаны на рисунках 1 и 2.

Это создает в помещении более благоприятный микроклимат. В свою очередь, данная возможность способствует снижению затрат на тепловую энергию.

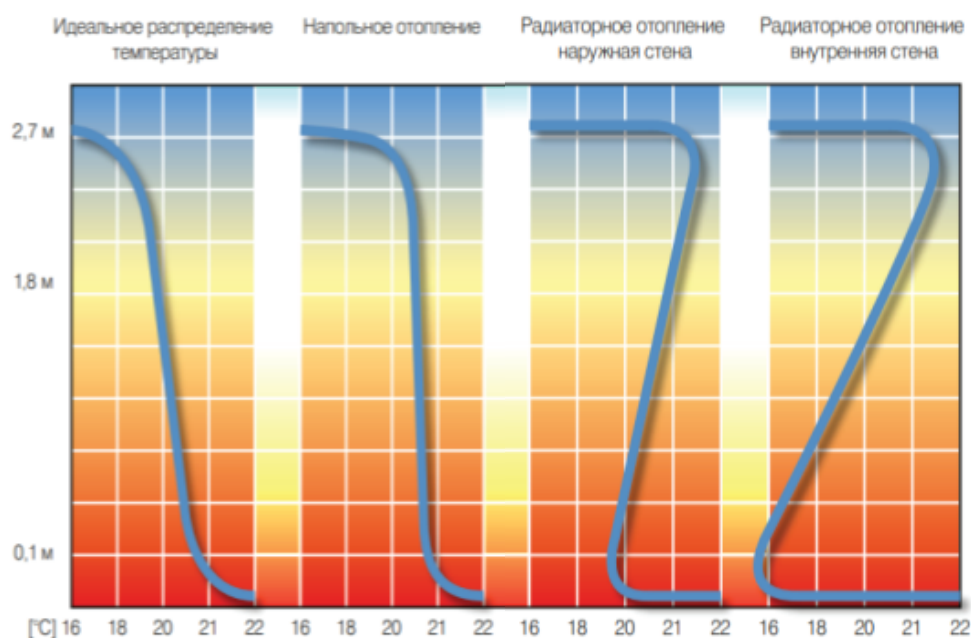


Рисунок 1. Распределение температур по высоте помещения при напольном отоплении и радиаторном¹

¹ Zen.yandex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5bd2e8c4fc8dfa0afd43e58/sistemy-otopleniia-pomescenii-teplye-poly-steny-potolki-5bd3130668be0c00aa8b2206> (дата обращения: 15.05.2021).

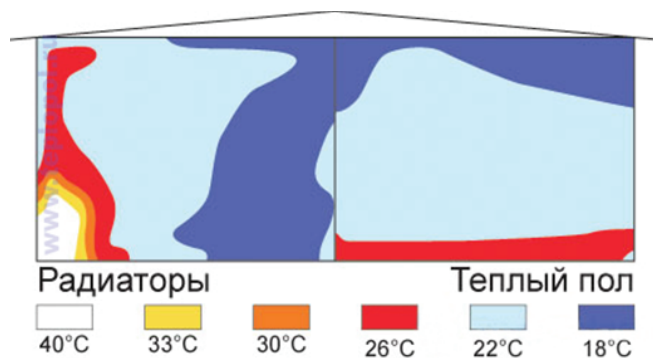


Рисунок 2. Распределение тепла в помещении²

Напольная система отопления хорошо вписывается в интерьер и дает большую свободу действий при планировании офисных помещений и жилых домов и т. д., благодаря этому и получила широкое распространение.

Микроклимат помещения – это состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха³. Оптимальные параметры микроклимата – это комбинация следующих показателей: температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения.

Данные параметры, воздействуя на человека, способны обеспечить нормальное тепловое состояние организма без задействования механизмов терморегуляции, создавая чувство теплового комфорта не менее чем у 80% людей. Допустимые параметры микроклимата – показатели, которые при длительном воздействии вызывают ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья. Гидравлическая характеристика, а именно линейная потеря давления по длине контуров системы «тёплый пол», влияет на правильную и адекватную работу системы и ее оборудования.

Рассмотрим подробнее, решение задач в строительстве и других сферах человеческой деятельности, связанных с водой и другими жидкостями, дает возможность заниматься решением разнообразных прикладных задач [2].

Гидравлическим сопротивлением можно на-

звать силы вязкостного трения, возникающие при движении теплоносителя [6]. Существуют два вида сопротивлений.

Применяемые методики гидравлических расчетов основаны на использовании осредненных значений расчетных величин. Реальные процессы переноса являются нестационарными и переменными в пространстве. Определение и решение дифференциальных уравнений помогает изучить данную проблему и описать поведение системы. Прийти к наилучшему результату помогает использование численного моделирования.

Для изучения гидравлических параметров и процессов предлагается экспериментальная установка, созданная в ОГУ. Элементы представлены на рис. 3–5.

Расположен отопительный прибор марки «Rifarg» десятисекционный (1). Вверху на одном уровне расположились манометры «РОСМА» (2) и воздухоотводчик (3). Данная система закреплена к стене помещения неподвижными опорами (4). Установлены расходомер для измерения массового расхода теплоносителя (5) и расходомеры-счетчики марки «Взлет ЭР» тип ЭРСВ-570л диаметром 20 мм. (6). За движение теплоносителя отвечает циркуляционный насос (7). Распределительный щит П-8 (8). Питание электроэнергией приборов осуществляется через электрический соединитель (9). Термопара марки «Seitron» (10). Преобразователь типа «КМИ 22560» (11). Запорная арматура, а именно вентиль диаметра 20 мм. (12). Для подогрева теплоносителя установлен водогрейный котел N = 6кВт (13). Кран шаровый диаметром 20 мм. (14). Клапан, предназначенный для спуска теплоносителя (15). Предохранительный клапан фирмы «Valtec» (16). Расширительный бак (17).

² Тпроект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tproekt.com/montaz-vodanogo-teplogo-pola-po-gruntu/> (дата обращения: 15.05.2021).

³ Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. ГОСТ 30494-96. Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999.

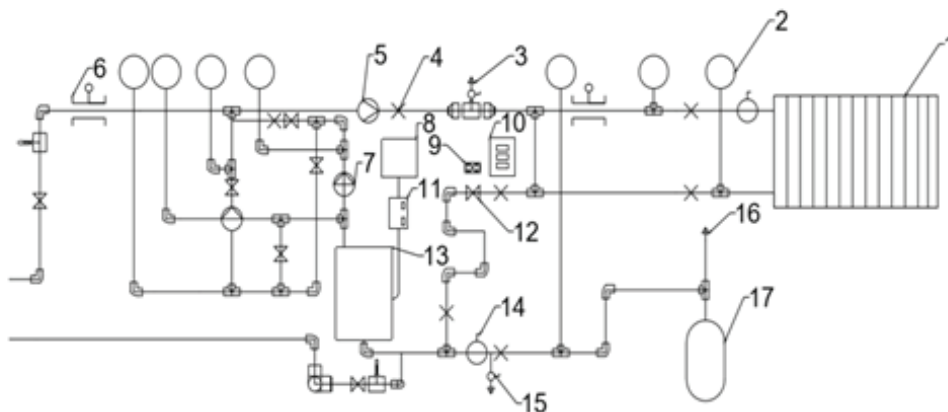


Рисунок 3. Схема узла с основным оборудованием
 Источник: разработано автором

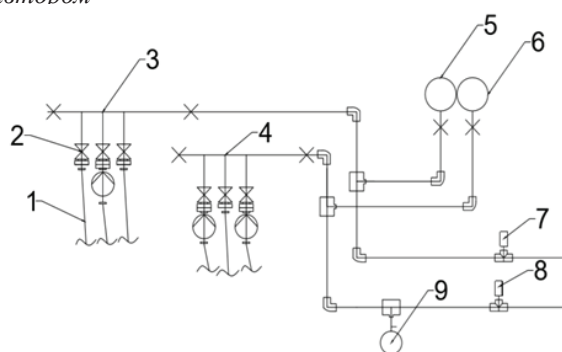


Рисунок 4. Узел трубопровода, устанавливаемый непосредственно перед контурами теплого пола
 Источник: разработано автором

Элементы, из которых состоит данный узел: манометры на подающем и обратном трубопроводе (5, 6), два вводных коллектора (3, 4), сшитый полиэтилен (1), запорная арматура (2), два термометра (7, 8), Клапан, предназначенный для спуска теплоносителя.

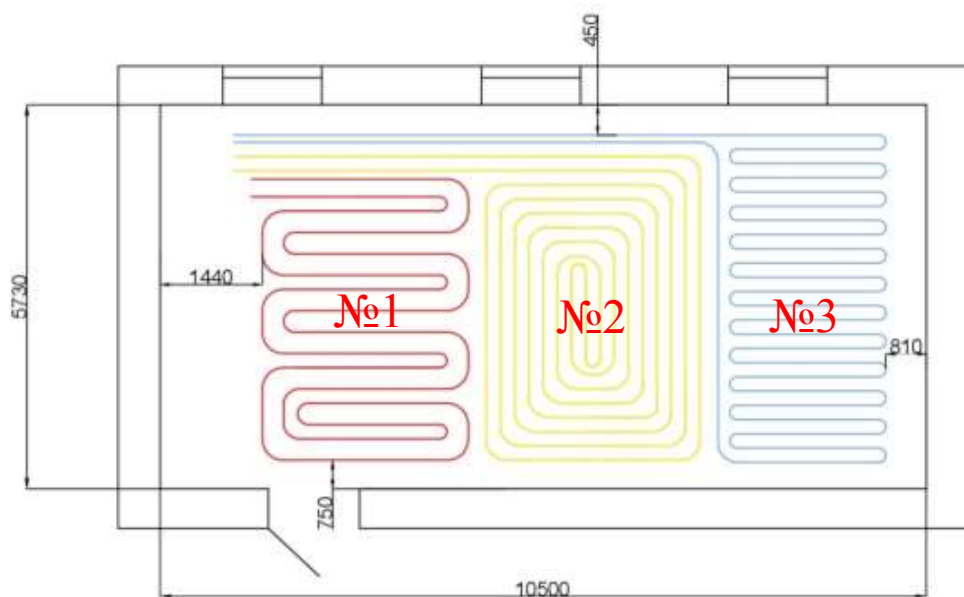


Рисунок 5. Схема расположения контуров теплого пола
 № 1 – «змейка», № 2 – «улитка», № 3 – «гребенка»
 Источник: разработано автором

Проведение экспериментов занимает много времени, поэтому применяется теория подобия. Она описывает учение о способах научного общения эксперимента. Предоставляет информацию о постановке и обработке результатов эксперимента. Благодаря этому при выполнении наименьшего количества экспериментов учит обобщать полученные результаты и получать единичные уравнения.

На данной экспериментальной установке нужно произвести большее количество опытов. Это вызывает трудность из-за нехватки времени. Благодаря разработанной теории подобия уменьшится число независимых переменных. Критерий подобия – безразмерный комплекс, характеризующий отношение между физическими эффектами. На физической модели экспериментально определяется коэффициент гидравлического трения. В ней реализован процесс одной физической природы, как и в объекте моделирования. В связи с этим допускается распространение результатов огра-

ниченного количества экспериментов на группу схожих явлений. Для расчета гидравлического сопротивления необходимо найти из эксперимента коэффициент сопротивления системы, для этого понадобятся безразмерные коэффициенты – критерий Эйлера (Eu) и критерий Рейнольдса (Re).

Применение теории подобия [4] сокращает время, затраченное на проведение экспериментальных исследований. Устанавливает взаимосвязь факторов, влияние отдельных факторов на изменение параметров и отсеивание второстепенных факторов и выделяет наиболее значимые параметры и их требования к условиям эксперимента.

В дальнейшей работе требуется произвести экспериментальные исследования в области гидравлических характеристик данной системы, получить значения гидравлического трения и критериальное уравнение в виде зависимости критерия Эйлера от критерия Рейнольдса. Проанализировать полученные данные и изучить влияние на микроклимат помещения.

Литература

1. Богородов М. Е. Отопительная система «теплый пол» на основе жидкого теплоносителя (вода, антифриз) – М.: Актион-Медиа, 2006 – 112 с.
2. Ламб Г. Гидродинамика. Т. I / ред. Н. А. Слезкин; пер.: А. В. Гермогенов, В. А. Кудрявцев; Г. Ламб. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2003. – 452 с.
3. Ищенко А. В., Шишкунова Д. В., Юн Т. М. Водные теплые полы, как альтернативная система отопления в многоквартирном доме // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 60–64.
4. Северцев Н. А. Статистическая теория подобия в задачах безопасности и надежности динамических систем. – М.: Радиотехника, 2016. – 399 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468781> (дата обращения: 11.04.2021).
5. 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.
6. Эккарт К. Гидродинамика океана и атмосферы = Hydrodynamics of Oceans and Atmospheres [монография] / ред. А. М. Обухов; пер.: Л. А. Дикий, П. Н. Успенский, К. Эккарт. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2004. – 328 с.
7. Olesen B. W. Теория и практика напольного лучистого отопления // АВОК. – 2003. – №1. – С. 44–52.

Статья поступила в редакцию: 04.06.2021; принята в печать: 02.02.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.