

## Система отопления пола жилых и производственных помещений

*А.А. Кузнецов, К.А. Миндров*

*ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,  
Саранск*

**Аннотация:** В данной статье предложена схема решения системы отопления пола с использованием теплообменника нагнетателя и приведены сравнительные результаты исследования коэффициента теплопередачи поверхности теплообмена предлагаемой системы отопления пола с традиционной. В результате исследования определены параметры, характеризующие работу системы отопления пола. При устоявшемся режиме работы предлагаемой системы отопления пола коэффициент теплопередачи поверхности теплообмена увеличился на 15 % по сравнению с традиционной.

**Ключевые слова:** теплый пол, отопление, теплоноситель, ударный узел, температура, гидравлический удар, трубопровод, воздух, теплообменник-нагнетатель, насос, утечка.

В последнее время все популярнее становится обогрев жилых и производственных помещений с помощью системы отопления пола. Напольное отопление обеспечивает оптимальное распределение температуры окружающей среды, обеспечивает экономию энергии до 25–30% для обычных жилых помещений и 50–55% для больших производственных помещений с высокими потолками [1-3]. Система отопления пола разогревает воздух, используя принцип излучения, не вызывая движения воздуха, и не изменяет показатели относительной влажности.

Сдерживающим фактором глобального использования напольного отопления является его малая надежность, в случае разгерметизации контура могут произойти большие утечки теплоносителя, которые мы не сразу можем увидеть из-за напольного покрытия. Предлагаются различные варианты снижения объема теплоносителя во внутреннем контуре, чтобы в случае утечки он не мог оказать большого ущерба, например, подключение контура к разводящему трубопроводу через рекуперативный теплообменный аппарат. Данное мероприятие позволяет повысить надежность системы, уменьшить объем теплоносителя в контуре, но при этом возникает необходимость

---

установки циркуляционного насоса для обеспечения циркуляции теплоносителя.

Кардинальным решением в сложившейся ситуации возможно использование системы отопления пола с применением теплообменника нагнетателя. Данная система отопления пола была разработана на кафедре теплоэнергетических систем ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» [4].

Предложенный вариант системы отопления пола представлен на рис.1б.

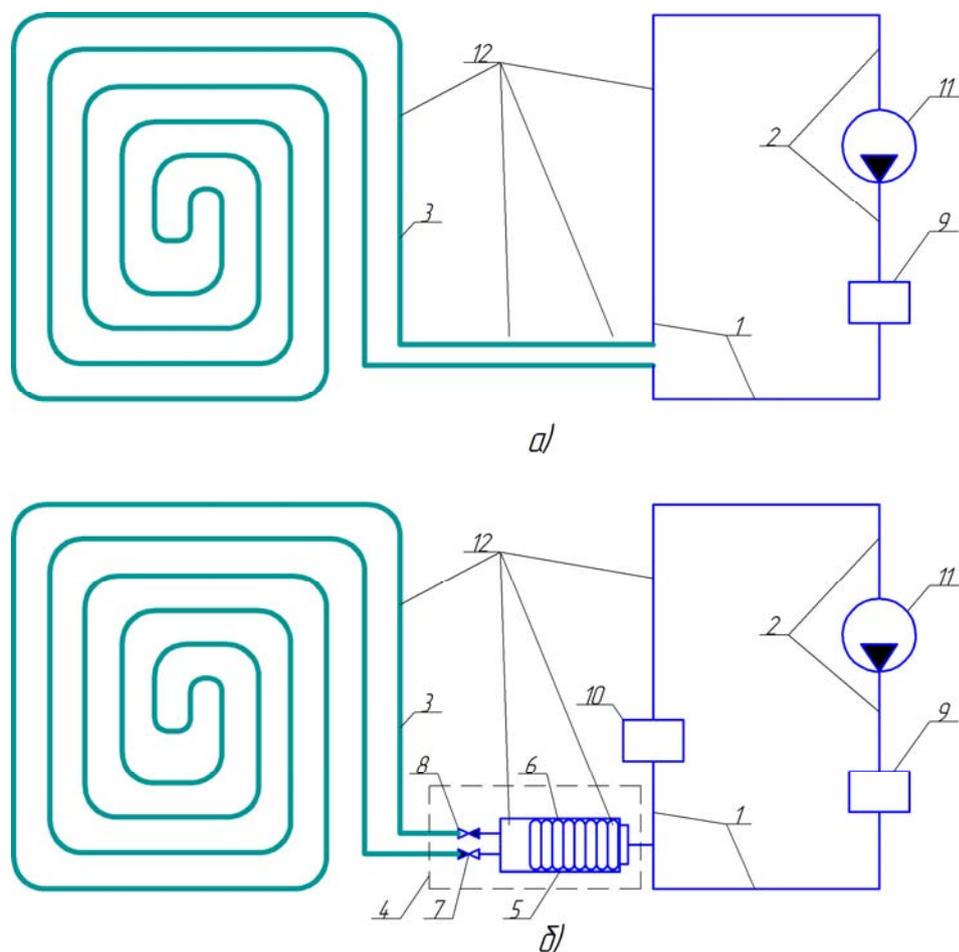


Рис. 1 Система отопления полом (а – традиционная; б – предлагаемая)

Работа системы с теплообменником нагнетателем происходит следующим образом. Циркуляционным насосом (11) теплоноситель «горячая вода» (12) из обратного трубопровода (2) поступает в источник тепла (9), где

он подогревается до заданной температуры и подается в подающий трубопровод (1). По подающему трубопроводу (1) теплоноситель «горячая вода» направляется в ударный узел (10) [5, 8, 9]. При достижении нужной скорости теплоносителя (12) в трубопроводе он резко тормозится, вследствие этого образуется гидравлический удар и резко повышается давление в подающем трубопроводе (1). Из-за скачка давления теплоноситель (12) направляется в сильфонную трубку (6) [6] теплообменника нагнетателя (4), растягивая ее. Тем самым теплоноситель «горячая вода» (12), расположенный в корпусе (5) теплообменника нагнетателя (4), поступает в трубы (3) проходя обратный клапан (7). После обратная волна давления, отражаясь от ударного узла (10), открывает его, и теплоноситель «горячая вода» (12) из него подается по обратному трубопроводу (2) в циркуляционный насос (11), вследствие чего происходит падение давления в подающем трубопроводе (1), и сильфонная трубка (6) за счет собственной упругости возвращается в исходное положение. Одновременно с этим теплоноситель «горячая вода» (12) из труб (3) через обратный клапан (8) всасывается в корпус (5) теплообменника нагнетателя (4). Тем самым осуществляется возвратно-поступательное движение сильфонной трубки (6), которое обеспечивает циркуляцию теплоносителя в средствах передачи тепловой энергии в виде набора труб (3). При этом параллельно осуществляется теплообмен между теплоносителем «горячей водой» (12) в средствах передачи тепловой энергии в виде набора труб (3) и в сильфонной трубке (6). Ударный узел (10) благодаря своей постоянной работе обеспечивает генерацию гидравлического удара с частотой от 0,2 Гц до 2 Гц, которая зависит от скорости циркуляции теплоносителя (12). В результате этого процесса сильфонная трубка (6) постоянно движется, чем существенно повышает коэффициент теплопередачи и мощность устройства.

---

Для сравнения предлагаемой системы отопления пола с традиционной был проведен эксперимент по сравнению двух систем. Во время эксперимента были определены временные, температурные, объемные показатели, характеризующие работу двух систем. Экспериментальная установка представляла собой комнату габаритами 2×2×2 метра, в которой была установлена система отопления пола, позволяющая работать традиционно (рис. 1а) и по предлагаемому варианту (рис. 1б).

В начале эксперимента для обеих систем в помещении установили первоначальную температуру теплоносителя 50 °С. Затем в течение 30 минут с интервалом в 1 минуту в выбранных точках производили замеры температуры. Далее произвели обработку полученных данных, рассчитали средние показатели в 1 минуту. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

температура воздуха в помещении, °С	температура теплой воды, °С		средняя температура воды, °С	Объем циркуляции, л/ч
	вход	выход		
традиционная система				
18,4	52,50	49,09	50,79	172,1
предлагаемая система				
18,5	52,43	48,37	50,40	172,2

Для того чтобы сравнить насколько эффективно или, наоборот, неэффективно, организован процесс теплообмена в двух системах рассчитали коэффициент теплопередачи  $K$  по формуле [10]:

$$K = \frac{Q}{\Delta t_{cp} \cdot F},$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка на теплый пол, Вт/м<sup>2</sup>·К;

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

$\Delta t_{cp}$  – разность температур между потоками, °С.

Тепловую нагрузку  $Q$  на теплый пол можно найти по разности энтальпий теплоносителей на входе и выходе из контура:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_n - t_k),$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя, кг/с;

$c$  – удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/кг·К;

$t_n$  – начальная температура теплоносителя, °С;

$t_k$  – конечная температура теплоносителя, °С.

Результаты обработки экспериментальных данных представлены в таблице 2

Таблица 2 – Результаты расчета

Наименование	$F$ , м	$\Delta t_{cp}$ , °С	$K$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	$Q$ , Вт
традиционная система	0,77	31,53	27,67	671,69
предлагаемая система	0,77	31,85	32,61	799,73

Таким образом, по сравнению с традиционной системой предлагаемая позволяет повысить коэффициент теплопередачи поверхностей теплообмена в среднем на 15 % и, соответственно, повысить мощность системы отопления, а также обеспечить надежную циркуляцию теплоносителя в контуре труб.

### Литература

1. John H. Lienhard V. A heat transfer textbook. - 3rd. ed. - Cambridge, MA: Phlogiston Press, 2003. p.760.
2. Panov A.V. Phase-frequency characteristics of capacitive heat exchanger with an active pipe part // Components of scientific and technological progress. № 3(18) 2013. pp. 24-31.
3. Миссенар Ф.А. Лучистое отопление и охлаждение. - М: Гостройиздат, 1961, - 320 с.

4. Левцев А.П., Лысяков А.И., Кузнецов А.А. Система отопления пола жилых и производственных помещений // Патент 2581556 Российская Федерация, МПК F24D 3/14 (2006.01)

5. Левцев А.П., Макеев А.Н. Ударный узел // Патент 2558740 Российская Федерация, МПК F15B 21/12 (2006.01)

6. Басыров В.С. Сварной сильфон // Патент 2362931 Российская Федерация, МПК F16J 3/04 (2006.01)

7. Фурсова И.Н., Терезников Ю. А. Исследование влияние температуры внутреннего воздуха на распределение температуры поверхности тёплого пола // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1700.

8. Панов А.В., Кузнецов А.А., Черняк Н.Н. Исследование конвективных процессов в емкостных теплообменниках // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134.

9. Миндров К.А., Левцев А.П., Кузнецов А.А. Оценка потенциала малых колебаний в гидроприводах // Международная научно-практическая конференция «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» Институт механики и энергетики, 2016. С. 511-516.

10. Левцев А.П., Кузнецов А.А., Миндров К.А., Панкратьев Р.В. Оценка коэффициента теплопередачи пластинчатого теплообменника в схеме ЦТП // Международная научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы» Институт механики и энергетики, 2016. С. 516-522.

### References

1. John H. Lienhard V. A heat transfer textbook. 3rd. ed. Cambridge, MA: Phlogiston Press, 2003. p.760.

2. Panov A.V. Components of scientific and technological progress. № 3(18) 2013. pp. 24-31.

---



3. Missenar F.A. Radiant heating and cooling. Gosstroizdat, 1961. 320 p.
4. Levitsev A.P., Lysiakov A I., Kuznetsov A.A. Floor heating system for residential and industrial premises. Patent 2581556.
5. Levitsev A.P., Makeev A.N. Shock knot. Patent 2558740.
6. Basyrov V.S. Welded bellows. Patent 2362931.
7. Fursova I.N., Teleznikov Y.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1700/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1700/).
8. Panov A.V., Kuznetsov A.A., Chernyak N.N Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3134/).
9. Mindrov K.A., Levitsev A.P., Kuznetsov A.A. Assessment of the potential of small oscillations in hydraulic drives. International scientific and practical conference «Energy-efficient and resource-saving technologies and systems». Institute of mechanics and energy, 2016. pp. 511-516.
10. Levitsev A.P., Kuznetsov A.A., Mindrov K.A., Pankratev R.V. Evaluation of the heat transfer coefficient of the plate heat exchanger in the CTP scheme International scientific and practical conference «Energy-efficient and resource-saving technologies and systems». Institute of mechanics and energy, 2016. pp. 516-522.