

ТЕПЛООБМЕННИК С КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИМПУЛЬСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Макеев А.Н.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г.Саранск

Ключевые слова: система теплоснабжения, импульсная циркуляция теплоносителя, ударный узел, гидравлический удар, колебательное движение поверхности теплообмена, интенсификация теплопередачи.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения теплообменника с колеблющейся поверхностью теплообмена для систем теплоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя. Актуальность тематики обоснована возможностью интенсификации теплообменных процессов от использования потенциала колеблющихся потоков, что в конечном итоге может быть использовано для повышения общей энергетической эффективности систем теплоснабжения. Обозначены сложности применения стандартных теплообменников для систем теплоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя. Представлено оригинальное техническое решение водо-водяного теплообменника на основе двухпоточного самоподдерживающегося ударного узла. Новизна конструкции защищена патентом Российской Федерации.

Научная работа подготовлена в рамках выполнения Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-1408.2018.8. Соглашение о предоставлении субсидии № 075-15-2019-584.

HEAT EXCHANGER WITH OPTICAL HEAT EXCHANGE FOR HEAT SUPPLY SYSTEMS WITH PULSE CIRCULATION OF HEAT CARRIER

Makeev A.N.

National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk

Keywords: heat supply system, pulse circulation of coolant, impact unit, hydraulic shock, oscillatory movement of heat exchange surface, heat transfer intensification.

Abstract. The article discusses the use of a heat exchanger with an oscillating heat exchange surface for heat supply systems with pulsed circulation of coolant. The relevance of the topic is justified by the possibility of intensification of heat exchange processes from the use of the potential of oscillating flows, which ultimately can be used to improve the overall energy efficiency of heat supply systems. The difficulties of using standard technical solutions for heat exchangers for heating systems with pulsed circulation of coolant are indicated. An original technical solution of a water-to-water heat exchanger based on a double-flow self-sustaining impact unit is presented. The novelty of the design is protected by a patent of the Russian Federation.

The scientific work was prepared within the framework of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists - candidates of sciences МК-1408.2018.8. Grant Agreement No. 075-15-2019-584.

Использование импульсного и пульсирующего колебательного движения теплоносителя для интенсификации теплообменных процессов является вопросом достаточно актуальным в современной науке. Об этом свидетельствуют многочисленные работы отечественных [1,2] и зарубежных [3, 4] ученых, которые посвящены изучению тепловых и гидродинамических процессов в отдельных теплоэнергетических устройствах, а также в целых системах на их основе.

На фоне обозначенной тенденции отдельным направлением использования потенциала колеблющихся потоков стала система теплоснабжения [5-7]. Попутно с улучшением теплообменных процессов в них появилась возможность трансформации располагаемого напора [8], а также стала доступна реализация самоочищения теплопередающих поверхностей от накипи и шлама.

Исследования особенностей работы таких импульсных систем теплоснабжения показали, что обозначенные достоинства импульсного, а также пульсирующего режимов циркуляции теплоносителя, которые создаются в них специальными ударными узлами [9,10], накладывают ограничения относительно контроля распространения порождаемого при этом полного или неполного гидравлического удара.

Опыт применения для этой цели гидравлических аккумуляторов и всякого рода защитных устройств, показал, что гораздо целесообразнее использовать в импульсных системах теплоснабжения специальные конструкции теплоэнергетических устройств, которые будут обладать одновременно и демпфирующими свойствами, и использовать обозначенные выше достоинства колебательной циркуляции теплоносителя.

Эскиз одного из возможных технических решений такого теплообменника с подвижной поверхностью теплообмена представлен на рисунке 1 [11].

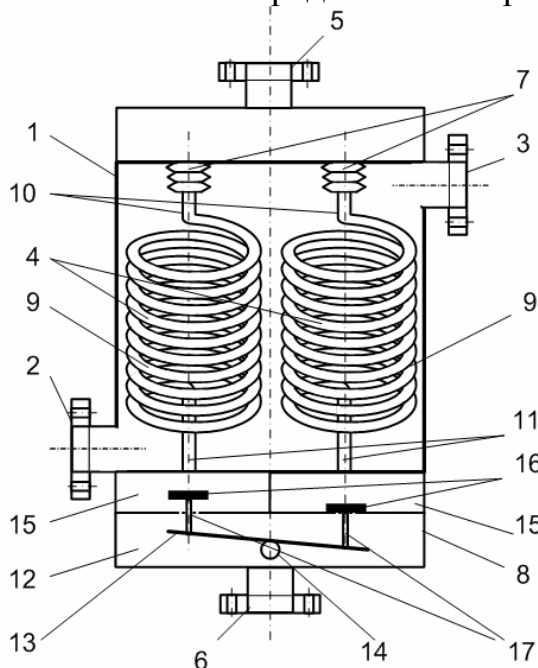


Рис. 1. Теплообменник с колеблющейся поверхностью теплообмена

Теплообменник работает следующим образом. Сначала осуществляют заполнение греющей и нагреваемой средой соответствующих пространств теплообменника, при этом одна из них подается непосредственно в сам кожух 1 через его подводящий 2 и отводящий 3 патрубки, а вторая через подводящий патрубок 5 трубчатой системы 4 распределяется по демпферно-упругим элементам 7 и по соответствующим начальным участкам 10 поступает в змеевиковые трубы 9 трубчатой системы 4. Двигаясь по конечным участкам 11 змеевиковых труб 9, теплоноситель поступает к соответствующим каналам входа 15 ударного узла 8 и через ударные клапаны 16, которые закреплены на штоках 17, достигает канала выхода 12 и отводящего патрубка 6 трубчатой системы 4.

Далее обеспечивают циркуляцию греющей и нагреваемой сред и запуск (если он к тому времени автоматически не состоялся) процесса попеременной генерации гидравлических ударов в змеевиковых трубах 9. Это может быть обеспечено поворотом коромысла 13 относительно её оси качения 14, например, путем однократного воздействия на её плечо рычагом или же другим способом перекрытия подачи среды через один из ударных клапанов 16.

При этом весь поток среды, движущейся в трубчатой системе 4, естественно поступает к открытому ударному клапану 16 и стремится увлечь его за собой воздействием собственной скорости истечения из открытого канала входа 15 в канал выхода 12 ударного узла 8. Когда это воздействие окажется достаточным, ударный клапан 16 закроется, а в закрытом канале входа 15 возникнет гидравлический удар. Положительная волна его распространения будет направлена к подводющему патрубку 5 трубчатой системы 4, которая, содрогаясь и изменяя свое межвитковое расстояние, в том числе и за счет податливости соответствующего демпферно-упругого элемента 7, во внутреннем пространстве кожуха 1, заполненного второй средой, обеспечит дополнительную турбулизацию движущихся и обменивающихся между собой теплом сред в теплообменнике, а, следовательно, интенсификацию теплопередачи между ними относительно общей поверхности теплопередачи.

При этом теперь уже полностью закрытый один из ударных клапанов 16 воздействием своего штока 17 на одно плечо коромысла 13 с осью качения 14 обеспечит противоположным плечом полное открытие другого ударного клапана 16 со штоком 17 в соответствующем канале входа 15 ударного узла 8 и циркуляцию среды в трубчатой системе 4 при её движении из этого открытого канала входа 15 в канал выхода 12 ударного узла 8. После того, как движущаяся из канала входа 15 в канал выхода 12 среда закроет ударный клапан 16, процесс интенсифицированного теплообмена повторится в описанной выше последовательности и будет попеременно осуществляться в змеевиковых трубах 9 с соответствующими начальными 10 и конечными 11 участками и демпферно-упругими элементами 7 до тех пор, пока будет присутствовать подача греющей и нагреваемой сред через теплообменник.

Представленная конструкция теплообменника позволяет обратимо использовать подводящий 2 и отводящий 6 патрубки кожуха 1 с подводящим 5 и отводящим 6 патрубками трубчатой системы 4 для греющей и нагреваемой сред, каждая из которых может быть использована в качестве рабочей среды ударного узла 8 и направлена в змеевиковые трубы 9 трубчатой системы 4 или во внутреннее пространство кожуха 1 в зависимости от назначения использования теплообменника.

Таким образом, полученное техническое решение позволяет интенсифицировать процесс теплообмена между греющей и нагреваемой средами за счет организации колебательного движения разграничивающей их поверхности теплообмена от использования потенциала импульсной циркуляции самого теплоносителя. Данное обстоятельство позволит не только снизить металлоемкость конструкции при обеспечении заданной тепловой нагрузки, но и увеличить межремонтный срок эксплуатации теплообменника от использования эффекта самоочищения внутренних пространств циркуляции греющей и нагреваемой сред.

Подробное исследование тепловых, гидравлических и эксплуатационных характеристик приведенного выше технического решения теплообменника будет представлено в последующих результатах работы учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва».

Список литературы

1. Галицейский Б.М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б.М. Галицейский, Ю.А. Рыжов, Е.В. Якуш. – М.: Машиностроение, 1977. – 256 с.
2. Valueva E.P. Hydrodynamics and heat transfer in pulsating turbulent pipe flow of a liquid of variable properties // High Temperature. – 2005. – Vol. 43. – № 6. P. 890-899.
3. Chaohong G. Effect of mechanical vibration on flow and heat transfer characteristics in rectangular microgrooves / Guo Chaohong, Hu Xuegong, Cao Wei, Yu Dong, Tang Dawei // Applied Thermal Engineering. – 2013. Vol. 52, Issue 2. – Pp. 385–393. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2012.12.010.
4. Ali S. Heat transfer and mixing enhancement by free elastic flaps oscillation / Samer Ali, Charbel Habchi, Sébastien Menanteau, Thierry Lemenand, Jean-Luc Harion // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2015. Vol. 85, P. 250-264. DOI: 10.1016/j.jheatmasstransfer.2015.01.122.
5. Makeev A.N. Импульсная система теплоснабжения общественного здания: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2010. – 20 с.
6. Makeev A.N. Theory of pulse circulation of the heater in the heat supply system with independent subscription of subscribers // Russian journal of building construction and architecture. – 2018. Issue № 4 (40) – P. 15-25. URL: <http://vestnikvgasu.wmsite.ru/Issues/issue-4-40-2018>. WOS : 000450361700002.
7. Makeev A.N. Implementation of pulse heat supply for dependent connection of customers // Magazine of Civil Engineering. – 2018. No. 07 (83) – P. 114-125. URL: http://engstroy.spbstu.ru/index_2018_07/11.html. DOI : 10.18720/MCE.83.11, WOS : 000466529700011.
8. Патент № 87501 РФ, МПК F24D 11/00. Автономная система отопления для здания автономного пользования / А.П. Левцев, А.Н. Макеев, А.А. Лазарев; заявитель и патентообладатель гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2009113871/22; заявл. 13.04.2009; опубл. 10.10.2009, Бюл. № 27.
9. Патент № 2558740 РФ, МПК F15B 21/12. Ударный узел / А.П. Левцев, А.Н. Макеев, С.Н. Макеев, С.И. Храмов, С.Ф. Кудашев, А.М. Зюзин, Я.А. Нарватов; заявитель и патентообладатель НОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – № 2014107201/06; заявл. 25.02.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.
10. Патент № 128263 РФ, МПК F15B 21/12. Ударный узел / А.П. Левцев, А.Н. Макеев, С.Н. Макеев, С.Ф. Кудашев; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2012153602/06; заявл. 11.12.2012; опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14.
11. Патент № 2476800 РФ, МПК F28D 7/02, F28F 9/24, F28G 7/00. Теплообменник / А.П. Левцев, А.Н. Макеев, А.А. Лазарев; заявители и патентообладатели А.П. Левцев, А.Н. Макеев, А.А. Лазарев. – № 2011138879/06; заявл. 22.09.2011; опубл. 27.02.2013, Бюл. № 6.

Сведения об авторе:

Макеев Андрей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетических систем, руководитель учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения», МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск.